

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO COPPEAD DE ADMINISTRAÇÃO

LEONARDO DE ASSIS SANTOS

DISSERTAÇÃO

**SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO EM  
NANOTECNOLOGIA:  
UMA ANÁLISE PRELIMINAR**

Rio de Janeiro

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LEONARDO DE ASSIS SANTOS

**SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA:  
UMA ANÁLISE PRELIMINAR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Cesar Gonçalves, Ph. D.

Rio de Janeiro

2008

LEONARDO DE ASSIS SANTOS

**SISTEMA BRASILEIRO DE INOVAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA:  
UMA ANÁLISE PRELIMINAR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração, Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Administração.

Aprovada por:

---

Prof. Cesar Gonçalves Neto, Ph.D. (COPPEAD-UFRJ)

---

Prof. José Manoel Carvalho de Mello, Ph.D. (UFF)

---

Prof. Cristiane Quental, D.Sc. (FIOCRUZ)

Santos, Leonardo de Assis

Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia: uma análise preliminar / Leonardo de Assis Santos – Rio de Janeiro, 2008.

x, 179 f.:il

Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Instituto COPPEAD de Administração, 2008.

Orientador: Cesar Gonçalves Neto

1. Nanotecnologia. 2. Sistema Brasileiro de Inovação. 3. Sistemas Nacionais de Inovação. 4. Administração – Teses. I. Gonçalves Neto, Cesar (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto COPPEAD de Administração. III. Título.

A meus pais e irmãs  
À turma de Mestrado 2006 do COPPEAD

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de registrar os meus sinceros agradecimentos a algumas pessoas cujo convívio e apoio foram essenciais para a concretização deste objetivo.

Primeiramente, gostaria de agradecer a meus pais, por todo apoio, carinho, paciência e motivação que sempre estavam prontos a oferecer.

Agradeço às minhas irmãs, que sempre são fontes de alegria em minha vida.

Ao professor orientador Cesar Gonçalves, pela assistência, orientação e amizade durante o processo de desenvolvimento deste trabalho.

Ao pesquisador Álvaro Saavedra, por todo apoio prestado com artigos e contatos relevantes para execução deste trabalho.

A todos os professores, secretários, serventes, entre outros profissionais do Instituto COPPEAD de Administração, que, durante esses anos, com certeza, me tornaram um profissional melhor.

Aos meus queridos companheiros de classe, que, além de participarem do processo de construção do meu conhecimento nesses últimos dois anos, tornaram-se amigos e me fizeram uma pessoa melhor.

## RESUMO

A nanotecnologia é apontada como a quarta revolução industrial, com perspectivas de modificar drasticamente o mundo da forma que o conhecemos. Em todo mundo, os países têm se estruturado no sentido de estabelecer um sistema nacional de inovação que permita otimizar os recursos e gerar maior velocidade no desenvolvimento de novos materiais, produtos e processos produtivos.

Através de um *framework* de análise desenvolvido pelo autor, é realizada uma avaliação do Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia, procurando pontos de destaque e gargalos do sistema.

Através de entrevistas presenciais e de questionários publicados na internet, foi estabelecido um panorama geral da situação do país, de acordo com a percepção de diversos atores envolvidos no sistema.

Como resultado, pode-se observar que o Brasil ainda tem muito a evoluir, para estabelecer uma boa organização de seu sistema de inovação. Em especial nos aspectos relacionados à educação, regulamentação e políticas de inovação.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia, Sistema Brasileiro de Inovação, Sistemas Nacionais de Inovação.



## ABSTRACT

The nanotechnology is considered the fourth industrial revolution, with perspectives of modifies drastically the world that we know. All over the world, countries are working in order to establish a national system of innovation that allows optimization of resources, as well as development of new materials, products and techniques of production.

Based on a framework of analysis created by author, the study presents an evaluation of Brazilian System of Innovation in Nanotechnology, searching for strengths and weakness of system.

Through personal interviews and questionnaires published in internet, it be established a big picture of Brazil situation, according to the perception of agents involved in system.

As a result, it is possible to observe that Brazil has too much to improve yet to establish the best organization for your system of innovation, in special way in aspects like education, regulation and innovation policies.

**Key Words:** Nanotechnology, Brazilian System of Innovation, National Systems of Innovation.

## **Sumário**

|   |    |
|---|----|
| 1. Introdução   | 1  |
| 1.1. Tema da Pesquisa   | 1  |
| 1.2. Pergunta da Pesquisa   | 2  |
| 1.3. Objetivo   | 2  |
| 1.4. Relevância do Estudo   | 3  |
| 1.5. Justificativa  | 4  |
| 1.6. Delimitação do Estudo  | 4  |
| 1.7. Estrutura do Trabalho  | 5  |
| <br>  |    |
| 2. Nanociência e Nanotecnologia   | 7  |
| 2.1. O que é nanociência e nanotecnologia?                                  | 7  |
| 2.2. Principais perspectivas e aplicações                                   | 11 |
| 2.3. O Brasil e a nanotecnologia  | 21 |
| 2.4. Riscos associados à nanotecnologia                                     | 23 |
| <br>  |    |
| 3. Sistemas Nacionais de Inovação   | 27 |
| <br>  |    |
| 4. Sistema Brasileiro de Inovação   | 37 |
| 4.1. Formação do SBI: anos entre 1950 e 1980                                | 37 |
| 4.2. Formação do SBI: anos entre 1980 e 1990                                | 41 |
| 4.3. Formação do SBI: anos 1990   | 42 |
| 4.4. Formação do SBI: anos 2000   | 45 |
| 4.5. Panorama atual do SBI  | 47 |
| 4.5.1. Subsistema de educação, ciência e tecnologia                         | 47 |
| 4.5.2. Subsistema produtivo/inovativo                                       | 49 |
| 4.5.3. Subsistema político, normativo e regulatório                         | 50 |
| 4.6. Formação do Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia           | 51 |
| <br>  |    |
| 5. Análise de Sistemas de Inovação  | 58 |
| <br>  |    |
| 6. Método de Análise Proposto   | 65 |
| 6.1. Sistema Educacional  | 67 |
| 6.2. Sistema Regulatório  | 69 |
| 6.3. Sistema Financeiro   | 70 |
| 6.4. Política de Inovação   | 71 |
| 6.5. Sistema Científico   | 73 |
| 6.6. Sistema Produtivo  | 76 |
| 6.7. Fluxo de Conhecimento entre o Sistema Científico e o Sistema Produtivo | 78 |
| 6.8. Relacionamento com fontes de conhecimento estrangeiras                 | 80 |
| <br>  |    |
| 7. Metodologia de Pesquisa  | 87 |
| 7.1. Delineamento da Pesquisa   | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| 7.2. Tipo da Pesquisa   | 89  |
| 7.3. Seleção dos Entrevistados  | 90  |
| 7.4. Coleta de Dados  | 90  |
| 7.5. Análise dos Dados  | 91  |
| 7.6. Caracterização da Amostra  | 92  |
| <br>  |     |
| 8. Análise dos Resultados   | 96  |
| 8.1. Análise Geral  | 96  |
| 8.2. Sistema Educacional  | 98  |
| 8.3. Sistema Regulatório  | 102 |
| 8.4. Sistema Financeiro   | 105 |
| 8.5. Política de Inovação   | 109 |
| 8.6. Sistema Científico   | 111 |
| 8.7. Sistema Produtivo  | 116 |
| 8.8. Fluxo de Conhecimento entre o Sistema Científico e o Sistema Produtivo | 120 |
| 8.9. Relacionamento com fontes de conhecimento estrangeiras                 | 124 |
| 8.10. Principais Problemas  | 127 |
| 8.11. Aspectos mais importantes a evoluir                                   | 130 |
| 8.12. Comparação com Pesquisas Anteriores                                   | 134 |
| <br>  |     |
| 9. Conclusões   | 145 |
| 9.1. Principais aspectos limitadores nos sistemas analisados                | 146 |
| 9.2. Aspectos mais desenvolvidos nos sistemas analisados                    | 149 |
| 9.3. Limitações da pesquisa   | 152 |
| 9.4. Sugestões para novos trabalhos   | 153 |
| <br>  |     |
| 10. Bibliografia  | 155 |
| <br>  |     |
| ANEXO I: Aplicações da nanotecnologia a setores selecionados                | 165 |
| ANEXO II: Produtos de nanotecnologia desenvolvidos no Brasil                | 167 |
| ANEXO III: Questionário da Pesquisa   | 171 |

## ÍNDICE DE TABELAS, GRÁFICOS E FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <b>Gráfico 2.1:</b> Investimentos em nanotecnologia em 2007 (milhões de euros)  | 11  |
| <b>Tabela 2.1:</b> As dez maiores aplicações da nanotecnologia para países em desenvolvimento                                   | 13  |
| <b>Tabela 2.2:</b> As dez principais aplicações da nanotecnologia   | 17  |
| <b>Gráfico 4.1:</b> Investimento do MCT em pesquisa em NN   | 56  |
| <b>Figura 6.1:</b> Ferramenta de Análise  | 67  |
| <b>Tabela 6.1:</b> Revisão bibliográfica dos aspectos analisados nos SNI  | 81  |
| <b>Gráfico 7.1:</b> Distribuição dos respondentes por instituição   | 92  |
| <b>Gráfico 7.2:</b> Distribuição dos respondentes por área de atuação/formação  | 93  |
| <b>Gráfico 7.3:</b> Distribuição dos respondentes por área de atuação/formação relacionando os as instituições em que trabalham | 94  |
| <b>Gráfico 7.4:</b> Distribuição dos respondentes por localização das instituições em que trabalham                             | 95  |
| <b>Gráfico 7.5:</b> Distribuição dos entrevistados na pesquisa qualitativa por tipo de instituição                              | 95  |
| <b>Gráfico 8.1:</b> Avaliação geral do SBI em nanotecnologia  | 97  |
| <b>Gráfico 8.2:</b> Avaliação do Sistema Educacional  | 98  |
| <b>Gráfico 8.3:</b> Avaliação do Sistema Regulatório  | 102 |
| <b>Gráfico 8.4:</b> Avaliação Sistema Financeiro  | 105 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Gráfico 8.5:</b> Avaliação Políticas de Inovação                                     | 109 |
| <b>Gráfico 8.6:</b> Avaliação Sistema Científico  | 111 |
| <b>Gráfico 8.7:</b> Avaliação Sistema Produtivo   | 116 |
| <b>Gráfico 8.8:</b> Avaliação Fluxo de Conhecimento                                     | 120 |
| <b>Gráfico 8.9:</b> Avaliação relacionamento com as fontes de conhecimento estrangeiras | 124 |
| <b>Tabela 8.1:</b> Principais problemas do SBI – Universidades                          | 128 |
| <b>Tabela 8.2:</b> Principais problemas do SBI – Empresas                               | 129 |
| <b>Tabela 8.3:</b> Aspectos mais importantes do SBI – Universidades                     | 131 |
| <b>Tabela 8.4:</b> Aspectos mais importantes do SBI – Empresas                          | 132 |

## ÍNDICE DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANPROTEC – Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos

Inovadores

BNDE – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAPES – Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBAN – Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia

CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica

CENAP – Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisa de Petróleo

CEPEL – Centro de Pesquisa em Energia Elétrica

CETENE – Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CGNT – Coordenação Geral de Políticas e Programas Nanotecnologia

CMDMC – Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA – Estados Unidos da América

FGV – Fundação Getúlio Vargas

FINEP – Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas

FNDCT – Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUNTEC – Fundo de Desenvolvimento Técnico Científico

FUNTEL – Fundo de Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações

IBAS – Fórum de Diálogo entre Índia, Brasil e África do Sul

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICON – *International Council on Nanotechnology*

INT – Instituto Nacional de Nanotecnologia

ICT – Instituição Científica e Tecnológica

IRT – Índice de Realização Tecnológica

LIEC – Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica

MCT – Ministério de Ciência e Tecnologia

MEC – Ministério da Educação

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio

NN – Nanociência e Nanotecnologia

NSF – National Science Foundation

ONG – Organizações Não Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

PACE – Programa de Apoio ao Comércio Exterior

PACTI – Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica da Indústria

PADCT – Programas para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PBDCT – Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PBQP – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade

PINTEC – Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

RBT – Rede Brasil de Tecnologia

Redesit – Rede de Pesquisa em Arranjos Produtivos Locais

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SBI – Sistema Brasileiro de Inovação

SENAC – Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SNI – Sistemas Nacionais de Inovação

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNESP – Universidade Estadual Paulista

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo



# 1. Introdução

## 1.1. Tema da Pesquisa

O aumento da competição, a necessidade crescente de introduzir processos produtivos mais eficientes e os avanços tecnológicos observados nas tecnologias da informação e comunicação têm levado as empresas a centrar seus esforços no desenvolvimento de competências relacionadas à inovação.

Há uma conscientização de que o processo inovativo constitui-se de uma busca constante por aprendizado, que depende fortemente de interações entre os diversos participantes do mercado e é influenciado diretamente pelas características sociais e culturais das nações, regiões, estados, empresas e indivíduos (Cassiolato e Lastres, 2000).

O estado atual de desenvolvimento de cada nação é derivado da acumulação de todas as descobertas, invenções, incrementos e melhorias realizadas por todas as gerações anteriores, sendo que nenhum progresso, nenhum desenvolvimento e nenhum ambiente são alterados se não houver um processo de disseminação do conhecimento (List, 1941 *apud* Freeman, 1995).

Entender essas relações políticas, sociais e econômicas entre instituições, pessoas e governos, de forma a criar uma dinâmica que possibilite o desenvolvimento de um processo contínuo de criação, produção e disseminação de conhecimento, é determinante para uma nação que pretende se estabelecer entre as potências mundiais no campo tecnológico.

O Brasil nunca criou condições estruturais adequadas para que pudesse se posicionar como um “criador” de conhecimento em nível mundial, possuindo um papel marginal na produção de tecnologia.

Contudo, com o advento da nanociência e da nanotecnologia, uma nova janela de oportunidade se abre para o país, que, com o direcionamento correto em suas políticas de inovação, pode se tornar competitivo em alguns segmentos.

No presente trabalho, será apresentada uma análise das condições geradas pelo Brasil para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia, de acordo com a perspectiva traçada pela teoria de Sistemas Nacionais de Inovação. Buscando identificar gargalos e aspectos bem desenvolvidos, auxiliando no processo de direcionamento das políticas nacionais destinadas ao desenvolvimento tecnológico do país.

## **1.2. Pergunta da Pesquisa**

A pesquisa terá como objetivo responder a seguinte pergunta:

**Avaliar qual é o atual estágio de desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Inovação de suporte as atividades em nanociência e nanotecnologia?**

## **1.3. Objetivo**

O objetivo da pesquisa é de identificar, através da teoria de Sistemas Nacionais de Inovação:

- Quais são os principais problemas verificados no Sistema Brasileiro de Inovação de suporte as atividades de nanociência e nanotecnologia.
- Quais são os aspectos melhor desenvolvidos com relação ao Sistema Brasileiro de Inovação destinados ao suporte da nanociência e da nanotecnologia no país.

- Quais são as ações que podem ser empregadas para melhorar a condição atual do país no suporte à criação, produção e disseminação de conhecimento em nanociência e nanotecnologia.

## **1.4. Relevância do Estudo**

A nanotecnologia é encarada por grande parte dos estudiosos do tema como a quarta revolução industrial. Seu objetivo principal é possibilitar ao homem um conhecimento tal da natureza que lhe permita a manipulação dos materiais na escala atômica.

Nesse sentido, pode-se vislumbrar a criação de novas substâncias, materiais e produtos que atendam às necessidades específicas de cada setor produtivo, como: mecanismos eficientes de liberação de medicamentos diretamente nas células doentes; produção de produtos mais resistentes e flexíveis; alimentos adaptados às necessidades nutricionais dos consumidores; bem como armas de destruição em massa nunca antes vistas.

O pleno domínio da nanotecnologia pode gerar uma acumulação de poder nunca antes imaginada em nossa sociedade. Por esse motivo, todos os principais países do mundo têm investido pesadamente nessa nova tecnologia.

Alguns produtos de base nanotecnológica já foram lançados no mercado e são comercializados com relativo sucesso, principalmente na indústria farmacêutica e de cosméticos, duas das indústrias mais evoluídas no domínio da nanotecnologia. Todavia, estima-se que as principais potencialidades da nanotecnologia só devam ser estabelecidas em um prazo médio de 25 a 50 anos (Joseph e Morrison, 2006).

Essa perspectiva de longo prazo para o estabelecimento da nanotecnologia permite que países em desenvolvimento possam se estruturar para se tornarem mais competitivos mundialmente. Exemplo disso é que China e Coréia do Sul, com políticas tecnológicas bem

fundamentadas, são dois dos maiores solicitadores de patentes em nanotecnologia (Alves, 2005b).

O Brasil ainda possui um histórico recente de investimentos e políticas destinadas ao desenvolvimento desta nova tecnologia. No entanto, o interesse demonstrado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia nos últimos anos, com a criação das redes, fundos específicos para investimento industrial e a inclusão do tema como critérios de seleção em alguns dos fundos setoriais, demonstra que o país não pretende deixar que esta oportunidade lhe escape.

Nesse sentido, pode-se concluir que o estudo, por analisar as condições estruturais para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, possui total sinergia com as necessidades apresentadas pelo país, estando integrado aos interesses do mercado e, principalmente, aos do governo brasileiro.

## **1.5. Justificativa**

Abordada a relevância do estudo, é importante justificar o “por quê” de seu foco no Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia.

A justificativa para escolha deste tema vem do fato de poucos estudos sobre nanotecnologia em todo mundo terem sido realizados com um enfoque mais direcionado a políticas públicas e fatores econômicos/ estruturais.

A maioria dos estudos tem sido destinada ao entendimento aos campos da ciência mais promissores para investimentos em pesquisa e aos riscos sociais e ambientais que envolvem o tema. Contudo, há um espaço, sobretudo no Brasil, para análises mais direcionadas a políticas de inovação, com foco nessa nova tecnologia.

## **1.6. Delimitação do Estudo**

O estudo tem como foco específico o entendimento do nível de desenvolvimento do Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia, com base nas informações disponibilizadas por universidades, institutos de pesquisa e empresas atuantes no mercado.

Como se tem conhecimento, através da literatura, sobre Sistemas Nacionais de Inovação, delimitar o escopo de análise em termos nacionais é bastante complexo, devido às diferentes abordagens que são apresentadas sobre o tema.

Nesse sentido, buscou-se estabelecer o escopo de análise abrangente, com base nos fatores mais importantes, segundo a literatura do tema. Dessa forma, chegamos ao seguinte escopo de análise: o sistema educacional, o sistema regulatório, o sistema financeiro, o sistema científico, o sistema produtivo, o relacionamento com fontes de conhecimento no exterior e as políticas de inovação, bem como o fluxo de conhecimento entre os sistemas científico e empresarial.

Esta análise foi direcionada pelas opiniões emitidas por pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa e gerentes, técnicos e pesquisadores de empresas que trabalham diretamente nesse mercado. Suas percepções foram comparadas e as conclusões emitidas neste trabalho.

## **1.7. Estrutura do Trabalho**

Este estudo está estruturado em sete capítulos, além desta introdução e da conclusão do trabalho.

O primeiro capítulo apresenta o que é a nanotecnologia, seu histórico de desenvolvimento, sua abordagem de trabalho, principais perspectivas, principais riscos associados à sua produção, bem como um panorama do que já foi desenvolvido no país.

No segundo capítulo, realiza-se uma revisão da teoria existente sobre Sistemas Nacionais de Inovação, seu desenvolvimento, principais funções e uma discussão sobre sua aplicabilidade à análise de países em desenvolvimento.

O terceiro capítulo oferece uma visão histórica da evolução do Sistema Brasileiro de Inovação e traça um panorama da situação atual. Verifica-se, também, o processo de formação do Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia e as ações que vêm sendo tomadas para seu fortalecimento.

O quarto capítulo tem por objetivo apresentar algumas metodologias de análise de sistemas de inovação, mostrando as diferentes visões e premissas utilizadas pelos autores.

O quinto capítulo apresenta a ferramenta de análise utilizada no estudo e sua fundamentação teórica.

O sexto capítulo descreve a metodologia utilizada na realização do estudo e a caracterização da amostra.

O sétimo capítulo apresenta as análises e os resultados da pesquisa, estabelecendo uma comparação entre as opiniões e percepções emitidas pelos grupos avaliadores e demais entrevistados.

## 2. Nanociência e Nanotecnologia

### 2.1. O que é Nanociência e Nanotecnologia?

“Poucas palavras geraram tanta ansiedade e controvérsia nos últimos anos quanto nanotecnologia. Por um lado há grandes entusiastas que estabeleceram um nível de crença tal, como uma quase religião, que pensam que será capaz de gerar riqueza e vida infinita para toda a população. Por outro lado, há uma série de pessoas que acreditam que a nanotecnologia destruirá com a vida do modo que a conhecemos e que milhões de robôs auto-replicantes irão conquistar a Terra”<sup>1</sup> (Galembeck e Rippel, 2004).

O termo nanotecnologia foi cunhado pelo professor japonês Norio Taniguchi, em 1974, e, segundo sua visão, consistiria no processo de separação, consolidação e deformação de materiais, a partir de um átomo ou de uma molécula (UNESCO, 2006), dentro do nível de tolerância para estudos científicos de 1 micrão (1000 nanômetros (nm)) (Alves, 2004). Desde então, diversas definições para nanotecnologia foram estabelecidas com maior ou menor grau de complexidade e abrangência. Comumente, os autores conferem à nanotecnologia uma escala de manipulação, ou seja, definem uma escala atômica pela qual se desenvolve a nanotecnologia, que é determinada pelo prefixo nano (que em grego significa “anão”), que na linguagem científica quer dizer um bilionésimo de um metro.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) (2006), muito já foi falado sobre nanotecnologia, porém, com o entusiasmo criado em volta do tema, acabou-se por confundir a nanociência e a nanotecnologia, entrelaçando, também, a visão de tempo e de aplicabilidade de determinadas descobertas. Visto isso, cabe aqui estabelecermos uma diferenciação entre os dois termos. Nanociência é a

---

<sup>1</sup> Testemunho de R. Stanley Williams, representando a Hewlett-Packard Co. perante *U.S. Senate Subcommittee on Science, Technology and Space*, em 17 de setembro de 2002.

“área de conhecimento que estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, nas quais pelo menos uma das dimensões está compreendida entre 1 e 100 nm”(Alves, 2004). Nanotecnologia é a aplicação deste conhecimento, ou seja, “a manipulação dos átomos, moléculas ou grupos de moléculas de forma individual, com o intuito de estruturar, desenvolver, materiais e dispositivos novos ou com vastas e diferentes propriedades” (Joseph e Morrison, 2006).

Engana-se quem considera que nanotecnologia e nanociência (NN) são coisas absolutamente novas. Na verdade, a natureza, há bilhões de anos, vem estabelecendo diversas relações e reações que acontecem na escala nanométrica (Melo e Pimenta, 2004), bem como o homem, já há milhares de anos, de certa forma, manipula nanopartículas. Alguns exemplos desse fato podem ser dados nos casos do nanquim, que foi desenvolvido na China há mais de dois mil anos e fruto da manipulação de nanopartículas de carvão, suspensas em uma solução aquosa (Melo e Pimenta, 2004), e dos vitrais das igrejas medievais, cujas cores mudam a partir da reflexão da luz em nanopartículas coloidais de ouro, de diversos tamanhos, nas soluções utilizadas (Melo e Pimenta, 2004; Alves, 2004), efeito que foi descoberto e estudado, no século XIX, por Faraday (Alves, 2004).

Na ciência, já se trabalha na escala nanométrica há mais de 100 anos, principalmente na física, química e biologia (UNESCO, 2006). Entretanto, os cientistas só podiam desenvolvê-la com a intenção de promover as reações, mas sem a liberdade de manipulá-la livremente, de acordo com a sua vontade. Essa nova perspectiva só foi levantada por Richard Feynman, em 1959, na palestra para a *American Physical Society*, intitulada *There's Plenty of Room at the Bottom* (algo como “Há mais espaço lá embaixo”), em que, pela primeira vez, chamou a atenção do mundo para a possibilidade de manipulação da matéria na escala atômica. Por esse motivo, Richard Feynman é considerado o marco zero para os estudos em NN da forma como é pensada na atualidade.



Contudo, as proposições levantadas por Feynman só começaram a se tornar realidade a partir da construção do microscópio eletrônico de varredura por tunelamento (*scanning tunneling microscope*), por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, da IBM, em 1981. Esse novo equipamento permitiu a primeira visualização da matéria em escala nanométrica.

A grande popularização e o início das especulações sobre as potencialidades da nanotecnologia iniciaram-se com o livro escrito por Eric Drexler (UNESCO, 2006), em 1986. Em *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology (Motores da Criação: a chegada da era nanotecnológica)*, o autor apresenta a possibilidade de se desenvolverem robôs nanotecnológicos para solução de diversos problemas, bem como insinua que um dia eles poderiam se auto-replicar sem interferência humana.

Em 1989, o cientista Donald Eigler escreve o nome IBM através da manipulação de átomos de xenônio, mostrando, pela primeira vez, que a manipulação da matéria é possível. Em 1991, o japonês Sumio Iijima descobre os nanotubos de carbono, material considerado revolucionário por suas características e que poderia ser aplicado a diversos setores industriais. Deste momento em diante, inicia-se um processo de pesquisa comandado por empresas privadas e governos de todo o mundo, a fim de provar quais são os limites da capacidade humana e seu domínio sobre a natureza.

Muitas promessas foram realizadas ao longo dessa última década com relação às aplicações da nanotecnologia. No entanto, há de se levar em consideração que muito do que é propagado não leva em consideração alguns aspectos relevantes para o mundo quântico.

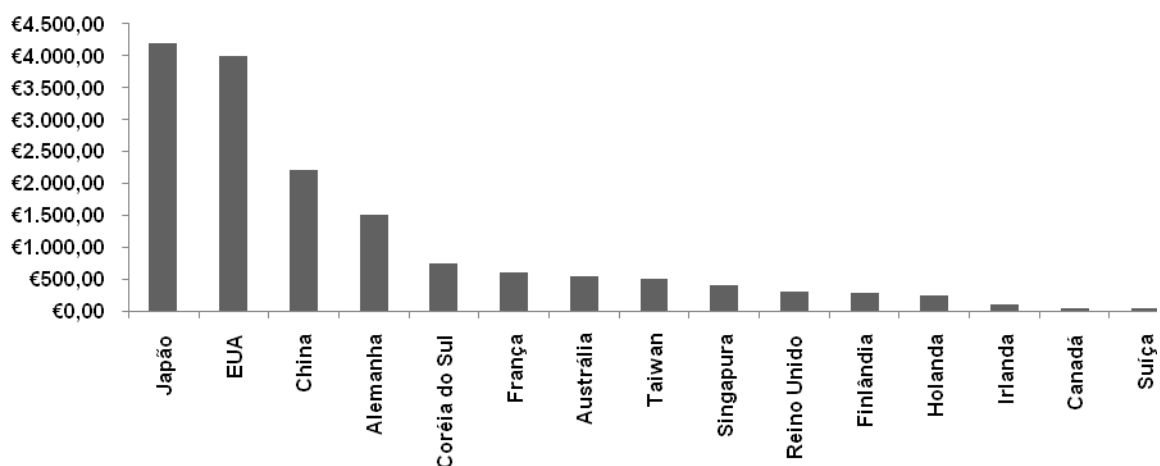
Uma questão importante diz respeito às propriedades dos materiais. Está comprovado que grande parte das substâncias comporta-se de maneira diferenciada quando passa da escala macroscópica e microscópica para a escala nanométrica (Otilia Saxl, 2005; Alves, 2004; Melo e Pimenta, 2004; Joseph e Morrison, 2006). Estas diferenças podem incluir condutividade elétrica, radioatividade química, magnetismo e efeitos ópticos (Joseph e Morrison, 2006) e

influenciam diretamente na forma de se trabalhar com a matéria e o que pode ser desenvolvido a partir dela.

Esse aspecto tem relação direta com outras questões, como a perspectiva de tempo de desenvolvimento dos produtos. A maioria das aplicações da nanotecnologia levará mais de vinte anos para ser completa (UBA, 2006) e muitas delas serão inviáveis em escala industrial (Otilia Saxl, 2005). Logo, beneficiarão um número muito limitado de pessoas.

Mesmo com o entendimento dessas questões, mais de 30 países no mundo têm projetos nacionais relacionados às pesquisas em NN e os recursos destinados se elevam a cada ano. Japão, Estados Unidos da América (EUA) e União Européia são os principais investidores (Walsh, 2007), mas países emergentes como China e Coreia do Sul criaram programas interessantes e são grandes mercados para os produtos nanotecnológicos (Alves, 2005b), que, em 2015, podem movimentar cerca de um trilhão de dólares.<sup>2</sup> Abaixo segue um gráfico com os principais países que investem em nanotecnologia.

**Gráfico 2.1: Investimentos em nanotecnologia em 2007 (milhões de euros)**



Fonte: Technology Transfer Centre 2007.

<sup>2</sup> Roco, M.C. "Overview of the National Nanotechnology Initiative." Presentation to the National Research Council on March 23, 2005.

No intuito de não ficarem de fora desse mercado, as maiores empresas do mundo são as que mais financiam pesquisas em nanotecnologia (Walsh, 2007). BASF, Bayer, Honeywell, GE, IBM, Kraft, Nestlé, L'oreal, Syngenta, Dow Chemical, Cargill, Bunge são somente alguns exemplos de grandes corporações que já possuem desenvolvimentos na área de nanotecnologia.

## **2.2. Principais Perspectivas e Aplicações**

Podemos dizer que a NN tem em sua essência uma natureza interdisciplinar (Ivernizzi e Foladori, 2006), isso porque grande parte de seus desenvolvimentos só terão a capacidade de se tornar realidade a partir do avanço do homem no entendimento da dinâmica de funcionamento da natureza (Otilia Saxl, 2005).

A natureza não trabalha de forma segmentada. Nela, não existe biologia, física ou química. Há somente um emaranhado de reações, relações e organizações, que evoluem continuamente. Um exemplo da natureza interdisciplinar da nanotecnologia pode ser dado pelas tecnologias de captação e armazenamento de energia, como as células solares, que, para melhorar sua eficiência, deve-se estabelecer uma forma de trabalhar semelhante à das plantas quando realizam fotossíntese (Otilia Saxl, 2005). Nesse sentido, para que esta pesquisa dê resultados, exige-se o conhecimento do mundo bioquímico, do processo biológico de fotossíntese e o entendimento da física e da engenharia que viabilizam a construção de células solares.

Sendo assim, a pesquisa na escala nanométrica vem cada vez mais trabalhando no sentido de desenvolver trabalhos com áreas de pesquisas complementares, um movimento que se observa continuamente dentro das universidades e entre empresas. Um exemplo disso é a parceria entre a Nestlé e a L'oreal, no desenvolvimento de cosméticos que possam levar ao

corpo nutrientes, como a recente criação de um protetor solar que leva ao corpo vitamina E, através da pele (Joseph e Morrison, 2006).

Dado esse cenário e o nível de desenvolvimento da tecnologia, que está mais próxima do mundo das promessas do que da realidade, considera-se mais interessante discutir sobre as perspectivas futuras da NN, de acordo com o domínio que o mundo já possui sobre esta tecnologia.

Toda tecnologia nova e promissora gera uma série de listas de “principais aplicações” e, no caso da nanotecnologia, não poderia ser diferente. Muitas delas já foram desenvolvidas ao longo desses últimos cinco anos, mas comumente os autores gostam de salientar duas em especial: a *Top ten applications of nanotechnology for developing nations* (As dez maiores aplicações da nanotecnologia para países em desenvolvimento), do artigo *Nanotechnology and the development world* (Nanotecnologias e o mundo em desenvolvimento), de Salamanca-Buentello *et al.* (2005), em uma linha mais socialmente responsável; e a lista elaborada pela revista *NanoBillboard*, das “dez mais” para a nanotecnologia, com um ponto de vista um pouco mais industrial. Abaixo, seguem as duas listas das inovações e seus principais benefícios.

**Tabela 2.1: As dez maiores aplicações da nanotecnologia para países em desenvolvimento**

|   |  |   |
|---|--|---|
| 1 | Armazenamento, produção e conversão de energia | <p>Novos sistemas de armazenamento de hidrogênio com base em nanotubos e outros nanomateriais;</p> <p>Células fotovoltaicas e dispositivos emissores de luz orgânica baseados em pontos quânticos;</p> <p>Nanocatalisadores para geração de hidrogênio;</p> <p>Nanotubos de carbono aplicados a filmes de células</p> |
|---|--|---|

|   |  |  |
|---|--|--|
|   |  | solares de armazenamento de energia.   |
| 2 | Aumento da atividade agropecuária                                  | Nanocápsulas para entrega de herbicidas, nanosensores para monitoramento de qualidade de solo e saúde de plantas, nanomagnetos para remoção de contaminantes no solo.  |
| 3 | Remediação e tratamento de água                                    | Nanomembranas para purificação da água, dessalinização e desintoxicação;<br>Nanosensores para detecção de agentes contaminantes e patogenias;<br>Nanopartículas magnéticas para tratamento de água e remediação;<br>Nanopartículas para degradação catalítica de águas poluídas. |
| 4 | Diagnóstico e teste ( <i>screening</i> ) de doenças                | Nanosistemas computadorizados ( <i>lab-on-a-chip</i> );<br>Nanosensores para monitoração das condições de saúde;<br>Utilização de semicondutores moleculares para diagnóstico de doenças;<br>Seres vivos adaptados a realizar funções específicas no corpo.                      |
| 5 | Sistemas de administração de medicamentos ( <i>drug delivery</i> ) | Nanocápsulas com base em lipossomas ou polímeros para entrega e administração de medicamentos.   |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 6  | Armazenamento e processamento de comida         | <p>Nanocompósitos para embalagens de alimentos, permitindo que estes não realizem reações ao serem expostos a condições adversas;</p> <p>Nanoemulsão antimicrobial para aplicação de descontaminação de equipamentos, alimentos e embalagens;</p> <p>Biosensores para identificação de contaminação.</p> |
| 7  | Tratamento e remediação de poluição atmosférica | <p>Nanocatalisadores mais eficientes, baratos e mais fáceis de controlar;</p> <p>Nanosensores para identificação de toxinas materiais no ar;</p> <p>Nanodispositivos de separação de gases.</p>  |
| 8  | Construção                                      | <p>Estruturas nanomoleculares para tornarem asfalto e concreto mais resistentes;</p> <p>Nanomateriais resistentes ao calor e que bloqueiem os raios ultravioleta;</p> <p>Nanomateriais mais baratos e resistentes para construção de casas e superfícies.</p>  |
| 9  | Monitoramento da Saúde                          | <p>Nanotubos e nanopartículas para monitoramento de glicose, colesterol, etc.</p>  |
| 10 | Detecção e controle de pragas                   | <p>Nanosensores para detecção de pestes;</p> <p>Nanopartículas para novos pesticidas, inseticidas e repelentes de insetos.</p>   |

Como podemos observar, a lista elaborada por Salamanca-Buentello *et al.* está diretamente ligada à melhoria das condições de vida nos países mais pobres, gerando alternativas de mudança de perspectiva de vida, através da aplicação de inovações. Todavia, deve-se ter cuidado com o otimismo exagerado, pois há muitas implicações econômicas e sociais que envolvem o desenvolvimento da NN.

Ivernizzi e Foladori (2006) observam, em seu artigo “As nanotecnologias como solução da pobreza?”, que, normalmente, tecnologias dominantes<sup>3</sup> tendem a gerar um crescimento ainda maior das desigualdades. Segundo os autores, isto acontece por três motivos principais: a ação das grandes empresas no mercado, o contexto nacional para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e a falta de qualificação da população para atuar nesses novos segmentos.

O desenvolvimento dos organismos geneticamente modificados, os transgênicos, e a ação das grandes farmacêuticas na produção de novos medicamentos são considerados dois exemplos do poder que as grandes empresas possuem sobre tecnologias dominantes. Nestes casos, as inovações poderiam beneficiar uma grande quantidade de pessoas, mas são apropriadas por grandes empresas, que, por conta da propriedade intelectual, cobram um preço mais elevado, limitando o acesso. Desta forma, as inovações não beneficiam a quem realmente necessita, só a um número pequeno de pessoas que têm recursos. Como já citado neste trabalho, os maiores investimentos em nanotecnologia estão sendo realizados pelas grandes empresas internacionais, gerando dúvidas se os benefícios poderão ser usufruídos pela maior parte da população.

O segundo ponto diz respeito às condições sociais para a criação de um mercado para os produtos de nanotecnologia. Quando falamos de mercado, queremos dizer uma estrutura

---

<sup>3</sup> Entende-se por tecnologias dominantes aquelas que possuem grandes impactos em termos de competitividade, nos setores econômicos em que atuam.

social, educacional, política e industrial que favoreça as inovações. Poucos são os países subdesenvolvidos possuem estas condições, provavelmente os BRIC<sup>4</sup> e alguns dos Tigres Asiáticos<sup>5</sup>.

O último ponto diz respeito às qualificações dos profissionais para o desenvolvimento deste tipo de tecnologia. Como citado pelos autores, o México tem somente 11 grupos de pesquisa, mesmo sendo a 13ª economia do mundo. O Brasil vem lutando para criar boas condições para o desenvolvimento desta tecnologia, mas, na pesquisa desenvolvida pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2005, sobre as tendências para nanotecnologia no país, o número de pesquisadores era pouco superior a 1300, que é bem menor do que o número apresentado pelas grandes potências mundiais. Para se ter uma idéia, só no ano de 2003, a *National Science Foundation* (NSF), dos EUA, capacitou 7000 professores universitários americanos para trabalhar com NN.<sup>6</sup>

Neste sentido, cabe a nós observarmos melhor e entendermos que a NN será utilizada para geração de competitividade industrial, da mesma forma como aconteceu com todas as demais grandes tecnologias ao longo da história da humanidade.

---

<sup>4</sup> Grupo de países em desenvolvimento formado por Brasil, Rússia, Índia e China.

<sup>5</sup> Grupo de países do sudeste asiático que obteve grande crescimento econômico durante as décadas de 70 e 80 do século XX.

<sup>6</sup> Roco, Mihail. "Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training.". In: *Nature Biotechnology*. Vol. 21. N. 10. Outubro de 2003.



Tabela 2.2: As dez principais aplicações da nanotecnologia

|   |  |  |
|---|--|--|
| 1 | Transistores à base de diodos orgânicos (eletroluminescentes) emissores de luz | Permitem a fabricação de monitores ultrafinos, produzidos através de sobreposição de camadas extremamente finas de polímeros orgânicos emissores de luz, situados entre eletrodos. Uma das características destes monitores é dar origem a imagens muito luminosas e que podem ser visualizadas de diferentes ângulos, sendo ideais para serem aplicadas a displays de equipamentos eletrônicos como celulares, <i>lap-tops</i> e <i>palm-tops</i> . |
| 2 | Produtos de limpeza baseados em nanoemulsões antibacterianas                   | São produtos que tiram partido das tecnologias de nanoemulsões, para matar organismos patogênicos. São capazes de combater bacilos como o da tuberculose e outras bactérias, sendo não-inflamáveis, não-corrosivos e não-tóxicos.  |
| 3 | Nanocápsulas   | Recipientes artificiais comumente feitos de lipossomas ou polímeros, as nanocápsulas podem proteger, armazenar e carregar uma substância química ou um material (como drogas) por diferentes sistemas, tais como água, corrente sanguínea, determinados tipos de tecidos, meio ambiente, etc, e depositá-lo exatamente no local determinado, de maneira controlada.  |
| 4 | Ferramentas de Nanofluídica  | Criar ferramentas capazes de alterar os fluídos em aplicações como misturas, bombeamento, dispersão e  |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | interceptação de fluídos e no <i>lab-on-a-chip</i> , dispositivo minúsculo para diagnóstico, baseado em circuito fluídico.   |
| 5 | Nanodispositivos operando em 1GHz                     | A promessa da construção de máquinas na escala nanométrica, capazes de viajar até os "confinos" das paredes celulares com a finalidade de realizar procedimentos cirúrgicos é uma das metas mais desejadas dos pesquisadores. Este sonho é mais próximo de ser realizado após o desenvolvimento de um nanodispositivo que funciona a 1 GHz e pode ser utilizado na comunicação ou no controle dessas máquinas. |
| 6 | Conversores catalíticos automotivos nanoincrementados | Os conversores catalíticos podem tornar a catálise dos subprodutos da combustão mais eficiente, através do "seqüestro" do excesso de carbono e enxofre, antes do processo, e de sua liberação, já catalisado. Podem, também, ser aplicados de forma a aumentar a superfície, para iniciar a reação catalítica.   |
| 7 | Nanotubos de carbono como fontes de elétrons          | Baseadas em nanotubos de carbono, as fontes de elétrons emitem alta corrente e alta densidade de elétrons, sendo mais rápidas do que os dispositivos em escala normal. Tal condição faz com que sejam ideais para o uso em instrumentos baseados em feixes de elétrons de alta resolução, tais como pequenos   |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |  | equipamentos de Raio-X. Suas aplicações tendem a se expandir drasticamente nos próximos anos.   |
| 8 | Nanocristais                                     | Os cristais têm seus atributos modificados na escala nanométrica, sendo mais resistentes mecanicamente e ao uso, na ordem de 300%, com relação a seus equivalentes na escala macro. Este fato permite sua aplicação em nanomateriais, semicondutores e nanocompósitos, todos de elevada resistência.  |
| 9 | NEMS<br>( <i>nanoelectromechanical systems</i> ) | Identificação de movimentos robóticos ou de locomoção na escala nanométrica. Isto possibilita a construção de nanosensores que poderiam sensoriar atividades biológicas, eletrônicas, químicas e físicas e traduzir seus efeitos para o mundo macro, possibilitando ações de correção ou, até mesmo, um nível de entendimento tal da natureza que nos permita "copiá-la". |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 10 | Produtos do cotidiano nanoincrementados | <p>Nanoceras, fabricadas com agentes de polimento em escala nanométrica, provêm um melhor brilho, devido à habilidade de preencher minúsculas inconsistências (ranhuras, riscos, etc.), no acabamento de pinturas automotivas.</p> <p>Nanobolas de tênis, recobertas internamente com uma membrana nanoporosa, drenam lentamente a pressão, sem aumento de peso.</p> <p>Nanoprotetores solares, que utilizam óxidos de metais de transição, recobertos com nanosílica, altamente solúveis, resultando em formulações mais estáveis, mais transparentes e proporcionando uma proteção de largo espectro, com uma cobertura densa e uniforme.</p> |
|----|---|---|

Fonte: Alves (2005a).

A revista *NanoBillboard* não teve o objetivo de elencar as tecnologias como um ranking, mas o de apresentar o potencial transformador da nanotecnologia para a sociedade, tanto que na sua lista estão presentes tecnologias ainda em desenvolvimento e produtos já presentes no mercado (Alves, 2005a). Cabe ressaltar, aqui, que todos os produtos têm previsão de estar no mercado até o ano de 2010.

As listas apresentadas certamente já cobrem grande parte dos setores que podem ser influenciados pelo desenvolvimento da nanotecnologia. Contudo, no Anexo I é apresentada uma tabela com aplicações da nanotecnologia em setores selecionados, de acordo com diversos autores independentes.

## 2.3. O Brasil e a Nanotecnologia

O Brasil possui, provavelmente, a maior estrutura para o desenvolvimento da nanotecnologia da América Latina. Devido ao grande número de instituições envolvidas neste processo, é o país com maior número de especialistas nas diversas áreas que compõem este novo ramo de estudo, bem como é o país com maior envergadura e diversidade econômica.

Contudo, as iniciativas têm dado mais enfoque ao desenvolvimento da nanociência do que à nanotecnologia propriamente dita, pois muito é produzido academicamente, mas ainda é pouco o volume de projetos empregados diretamente na indústria, apesar da evolução dos esforços realizados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT).

Existe, atualmente, no país, uma produção significativa nos temas de nano-objetos, nanoeletrônica, nanomagnetismo, nanoquímica e nanobiotecnologia – que inclui os nanofármacos, a nanocatálise e as estruturas nanopoliméricas (Galembeck, 2003).

Segundo MCT (2004b):

*Já foram criados diversos produtos como a “língua eletrônica”, o nanodosímetro de radiação UV, o foto detector de radiação ionizante, nanoestruturas de memória flash, vacinas por transferência gênica, mecanismos de liberação controlada de fármacos e diversos tipos de circuitos integrados à base de silício.*

*Na área de nanocompósitos, há projetos de grandes empresas, como Rhodia-Ster e Braskem. Na área de petróleo, já há projetos em execução, abordando a utilização de nanocompósitos magnéticos na remoção de óleo derramado em água (UnB, UFG e UFRJ) e o desenvolvimento de nanocatalisadores que diminuem a produção de compostos aromáticos no processamento do petróleo (UFRGS).*

*Alguns produtos nanotecnológicos estão se destacando, como novos materiais na construção de resistências às paredes de tubos metálicos, os nanotubos de carbono que estão sendo ensaiados em nanocompósitos de baixa densidade e alta resistência, em um grande número de aplicações: materiais*

*estruturais a componentes de turbinas. Ferrofluidos estão sendo usados em selos hidráulicos e também como fluidos em atuadores magneto-hidráulicos.*

*Um dos principais grupos de produtos nanotecnológicos são os sensores de vários tipos, que permitem o monitoramento de substâncias na atmosfera, em meios líquidos e em seres vivos, em tempo real e, eventualmente, à distância. Suas aplicações vão desde o monitoramento de vazamentos de óleo até o controle de gases de escapamento de automóveis. .(pág. 1)*

A existência de uma gama tão variada de produtos já desenvolvidos e de linhas de pesquisa tão diversas faz com que o país tenha um potencial elevado para o desenvolvimento da nanotecnologia, o que desperta interesse de diversas nações que desejam investir recursos no país para fortalecimento da NN.

Contudo, faz-se necessário que o Brasil tome decisões sobre quais setores são prioritários, visto que os grandes países desenvolvidos já investem nesse tipo de conhecimento e tecnologia há, pelo menos, 15 anos e o Brasil tem um histórico de apoio muito recente. Países como EUA e Japão já dominam quase todos os tipos de nanotecnologia e são muito mais desenvolvidos, o que nos obriga a sermos mais precisos em nossa priorização, para que não percamos o bonde da história mais uma vez.

Segundo Nazareno (2004), especialistas apontam que o país pode ser competitivo e adquirir grande domínio tecnológico nas áreas de pesticidas, coberturas de carros e superfícies, catalisadores e materiais para refinis. Para ter uma posição mais clara sobre este aspecto, o MCT encomendou, em 2005, uma pesquisa para traçar quais seriam as linhas em que a nanotecnologia teria maior relevância, dada a estrutura da indústria nacional. Além disso, questionou onde deveriam ser empregados os recursos, dado o nível de desenvolvimento atual de nossas pesquisas e as possibilidades de competirmos em nível mundial.

A pesquisa (MCT, 2005a) mostrou que o país tem grande potencial de desenvolvimento na indústria farmacêutica, médica e cosmética, com a criação de materiais nanoestruturados, encapsulamento e até mesmo de mecanismos de liberação no corpo humano. Em aspectos ambientais gerais, com monitoramento, recuperação e tratamento de água, esgoto e afluentes. Em energia, com as células combustíveis e produção, armazenamento e conversão de hidrogênio. E, no agronegócio e na indústria de alimentos, com mecanismos de controle de pragas e controle de qualidade de alimentos.

No Anexo II, é apresentada uma lista elaborada pelo MCT (2007), com alguns produtos já desenvolvidos no país e suas principais aplicações.

## **2.4. Riscos Associados à Nanotecnologia**

A preocupação com aspectos éticos, legais, de segurança e de saúde é inerente à qualquer tecnologia nova (UNESCO, 2006). Contudo, com a nanotecnologia, a preocupação tem sido muito maior, devido aos impactos que pode causar na vida das pessoas, tanto que muitas pesquisas sobre a questão foram realizadas nos últimos anos.

Há uma grande preocupação no meio empresarial sobre a recepção do consumidor aos produtos nanotecnológicos (Kuzma e VerHage, 2006; UNESCO, 2006). Este pensamento é extremamente justificável, pois há uma resistência do público em geral aos alimentos e organismos geneticamente modificados (Kuzma e VerHage, 2006; UNESCO, 2006; Gerritzen *et al*, 2006), mais conhecidos como transgênicos, e às experiências que são realizadas nos projetos de biotecnologia (Gerritzen *et al*, 2006).

Na realidade, há um grande número de pessoas que têm total repúdio por qualquer forma de modificação nos alimentos, seja ela bio, nano ou de qualquer nova tecnologia (Michelson e Rejeski, 2006).

Porém, o panorama alimentar mundial é preocupante, devido ao crescimento constante da demanda por alimentos. A elevação sistemática dos preços dos alimentos orgânicos, que subiram cerca de 15% ao ano, desde o início da década de 90 do século passado (Greene e Dimitri, 2003; *apud* Kuzma e VerHage, 2006), mostra-nos que há uma necessidade por soluções que aumentem a produtividade de toda a indústria de alimentos.

Uma pesquisa conduzida por Jane Macoubrie (2005) sobre a percepção da população sobre nanotecnologia e as ações do governo norte-americano no intuito de monitorar sua evolução mostrou que não há confiança no controle dos desenvolvimentos nanotecnológicos. Há mais medo com relação aos seus impactos sobre a saúde das pessoas e às conseqüências para o meio ambiente do que conhecimento sobre suas verdadeiras potencialidades. Essa mesma constatação foi identificada na pesquisa do *International Council on Nanotechnology*<sup>7</sup> (ICON), em 2006, que analisou laboratórios e centros de pesquisa dos EUA, UE, Ásia e Austrália. Nessa pesquisa, considerou-se que o desconhecimento é o maior problema para a recepção positiva dos resultados da nanotecnologia. Nesse sentido, deve-se pensar em adotar estratégias diferentes da geralmente utilizada pelas grandes corporações, onde se comercializa primeiro para depois responder aos questionamentos dos consumidores (Kuzma e VerHage, 2006).

Contudo, não podemos esquecer que os riscos existem e ainda não são totalmente conhecidos, mesmo que algumas pesquisas sobre o impacto ambiental das nanotecnologias já tenham sido realizadas (UBA, 2006). Os principais riscos estão relacionados às nanopartículas livres, derivadas do processo de produção, ou seja, à exposição das pessoas no desenvolvimento das atividades de nanotecnologia (Walsh, 2007).

---

<sup>7</sup> Centro de pesquisa que tem por objetivo promover o debate sobre a nanotecnologia e suas implicações para a sociedade e o meio ambiente.



Os riscos associados às nanopartículas podem ser divididos em dois grupos: bioquímicos, com relação ao contato com nanopartículas e seus efeitos reais sobre a saúde das pessoas e o meio ambiente; e a questão da acumulação das nanopartículas e seus efeitos gerais (UNESCO, 2006). Este risco justifica-se pelo fato das nanopartículas serem derivadas de processos completamente novos de desenvolvimento industrial e pelos novos materiais que podem ser criados e que ainda não existem na natureza (Ottília Saxl, 2005), ou seja, como o corpo vai reagir a estruturas que ele simplesmente não reconhece.

Há relatos de peixes contaminados por nanopartículas que tiveram danos sérios no cérebro e no fígado. Pesquisas mais apuradas devem ser realizadas, para medir os efeitos no corpo humano (Toma, 2004), pois as nanopartículas tendem a ter efeitos diversos, dependendo do tipo de pesquisa para qual está sendo destinada e de seu tamanho (Gerritzen *et al*, 2006).

Há uma preocupação da sociedade quanto ao controle de segurança nos ambientes de trabalho, locais onde as pessoas estão mais expostas às nanopartículas (Walsh, 2007). Segundo a pesquisa realizada pelo ICON (2006), tem-se tomado medidas de segurança tradicionais nas pesquisas de química sintética – de onde vem toda a base de segurança utilizada em nanotecnologia inicialmente (Walsh, 2007) –, sendo poucos os casos em que há o desenvolvimento de medidas de segurança específicas, que são mais regularmente encontradas nos EUA, provavelmente devido à quantidade de organizações não governamentais (ONG's) e agências que monitoram os desenvolvimentos na área.

É provável que com o desenvolvimento da nanotecnologia e o surgimento de padrões de produção industrial mundial os riscos associados diminuam gradualmente (Walsh, 2007), porém a realidade exige que procedimentos próprios de segurança, monitoramento, gerenciamento industrial e ambiental sejam criados para esta nova tecnologia (UNESCO, 2006).

A principal questão ética relacionada à NN é a dos investimentos no âmbito militar e seus objetivos de melhoria da performance humana, produzindo, assim, “supersoldados”. O governo americano não esconde que este é um dos seus principais objetivos com a aplicação da nanotecnologia na área militar, tanto que é apresentado inclusive no site da *National Nanotechnology Initiative*<sup>8</sup>.

O governo norte-americano investe mais de 25% do seu orçamento destinado à NN em pesquisa na área militar (Otilia Saxl, 2005) e outros países, como Reino Unido e Suécia (UBA, 2006), estão seguindo o mesmo caminho. A questão é que o que pode ser utilizado com um fim militar também pode ser aplicado ao terrorismo, que é um problema mundial sério e sem data de validade para ter fim.

Como coloca o professor Henrique Toma (2004):

*“Os avanços no conhecimento exigem que o homem se adapte continuamente a novos preceitos e valores, embora isso não pareça óbvio. O homem já tem o poder bélico para destruir o mundo. Ironicamente, até mesmo sem tocar em armas, já pode levar nações à desgraça pelo exercício dos jogos econômicos. O que acontecerá quando tanto poder for exacerbado? A realidade está mostrando que ao lado do desenvolvimento da ciência e da tecnologia, o homem terá que evoluir como ser humano, para se manter em harmonia com o mundo em que vive. Tal evolução implica em reeducação continuada, maior consciência e humanismo. Nesse ponto, reside o maior desafio que a humanidade terá que enfrentar. Se o homem não for capaz de dar esse passo, assimilando e incorporando os novos conhecimentos para melhor compreender e melhorar o mundo em que vive, então ele se voltará para o incompreensível e irracional. Procurará abrigo em crenças estranhas, abraçará qualquer foco de esperança em que consiga acreditar. Será que isso já não está acontecendo?”(pág.89)*

---

<sup>8</sup> Instituição criada pelo governo norte-americano em 1996, para desenvolver a nanotecnologia nos EUA.

### **3. Sistemas Nacionais de Inovação**

As capacitações das empresas na produção e uso do conhecimento têm um papel cada vez mais central nas estratégias competitivas de mercado. O aumento da competição, a necessidade crescente de introduzir processos produtivos mais eficientes e os avanços tecnológicos observados nas tecnologias da informação e comunicação têm levado empresas a centrar seus esforços no desenvolvimento de competências relacionadas à inovação.

Há uma conscientização de que o processo inovativo constitui-se de uma busca constante por aprendizado, que depende fortemente de interações entre os diversos participantes do mercado, influenciado diretamente pelas características sociais e culturais das nações, regiões, estados, empresas e indivíduos (Cassiolato e Lastres, 2000).

Não há empresa que tenha domínio completo sobre todos os elementos necessários ao desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços. Reunir estes elementos é cada vez mais um esforço coletivo, que é refletido em cooperações entre os diversos agentes no mercado (Lundvall, 2001). A flexibilidade, interdisciplinaridade e fertilização de idéias nos diversos níveis empresariais e operacionais são fatores determinantes para o sucesso das empresas em suas estratégias (Cassiolato e Lastres, 2000) e para que a complementaridade entre os agentes se torne uma consequência natural da busca pelo acúmulo do conhecimento e uma resposta racional aos anseios do mercado e dos investidores (Niosi e Banik, 2005).

Neste sentido, a formação de redes nos mais diversos âmbitos torna-se primordial para que as empresas se mantenham na vanguarda da tecnologia, da inovação e, por consequência, da competitividade.

Conforme apresentado por Porter (1990), a competitividade é criada e sustentada em um processo altamente localizado. Diferenças nas estruturas econômicas, valores, culturas, instituições e questões históricas alteram de forma profunda as formas como esses processos

acontecem e suas probabilidades de sucesso. Logo, os ambientes econômico, social e cultural das nações, juntamente com uma visão sistêmica de suas estruturas industrial, política, econômica e social, podem nos auxiliar a analisar, compreender e propor ações relacionadas às políticas de tecnologia e inovação.

Adam Smith (1776) foi o primeiro a considerar a importância da ciência e tecnologia no processo de competição e de divisão do trabalho. Entretanto, foi List (1841) o primeiro autor a trabalhar a inovação de forma sistêmica (Freeman, 1995 e 2002; Lundvall et. al, 2002 e La Mothe e Paquet, 1998). List analisou, de forma muito abrangente, diversos dos aspectos relacionados ao estudo dos sistemas de inovação que são realizados até hoje, como o treinamento, a pesquisa, a interação produtor consumidor, bem como deu grande relevância à coordenação deste processo, tendo em vista políticas industriais e econômicas de longo prazo (Freeman, 2002). List sugere, ainda, que o estado atual de cada nação é derivado da acumulação de todas as descobertas, invenções, incrementos e melhorias realizadas por todas as gerações anteriores e que nenhum progresso, nenhum desenvolvimento e nenhum ambiente é alterado se não houver um processo de disseminação do conhecimento (Freeman, 1995).

Apesar disto, o modelo tecnológico e inovativo que predominou para explicar o desenvolvimento dos países mais avançados e o processo de geração de tecnologia até a década de 70 foi o modelo linear de desenvolvimento (Padmore et al., 1998). Neste modelo, o processo de geração de conhecimento científico impulsionava a geração de tecnologia, que, por consequência, promovia o surgimento de mercados e, portanto, de demanda. Assim, sempre que houvesse o desenvolvimento de tecnologias, os produtos e serviços resultantes seriam demandados (Gibson et al., 1994). Este fato implica uma visão unidimensional, onde não se promove um *feedback* e, portanto, não se criam espaços para a aprendizagem no desenvolvimento do processo inovativo (Edquist e Hommen, 1999).

Somente com a queda de produção nos países desenvolvidos, o advento da economia japonesa e o crescimento de muitos dos países do Leste Asiático e de alguns países da América Latina é que a busca por explicações mais interessantes para o fenômeno do desenvolvimento das nações centrado no processo de geração de inovações foi proposta. Uma das perspectivas mais interessantes foi a de sistemas de inovação (Nelson, 2006).

O termo “sistemas de inovação” foi cunhado por Lundvall, em 1985, visando capturar as relações e interações entre os institutos de pesquisa, laboratórios de empresas e universidades, na produção de conhecimento. Entretanto, o primeiro autor a visualizar essas interações do ponto de vista da nação e suas nuances foi Freeman, em 1987, com sua análise do desenvolvimento da economia japonesa (Lundvall, 1999).

As bases que nos permitem conceituar Sistemas Nacionais de Inovação (SNI) apóiam-se nas inter-relações entre os conceitos de cada um dos termos envolvidos em sua definição, sendo eles: aprendizado, inovação, sistema e nação (Lundvall, 1992).

A inovação pode ser caracterizada como um fenômeno ubíquo, em que todos os atores da economia se encontram em um processo contínuo de pesquisa, aprendizagem e exploração, resultando em novos produtos, técnicas, formas de organização e mercados (Lundvall, 2000). A inovação é o resultado final de um processo onde conhecimento economicamente útil é acumulado (Lundvall, 1992).

O aprendizado pode ser definido como um processo complexo, que envolve aquisição, combinação e absorção de novos conhecimentos (Viotti, 2002). Como se baseia em uma série de fontes de conhecimento, é interativo e cumulativo e tende a ocorrer de três formas principais (Lundvall, 1992): no próprio sentido da aprendizagem, onde se pode aprender fazendo (*learn by doing*, Arrows, 1962); usando determinado produto, ferramenta ou processo (*learn by using*, Rosenberg, 1992); ou interagindo com os outros (*learn by interacting*,

Lundvall, 1988), no sentido de busca de conhecimento e no sentido de exploração que se desenvolve através da pesquisa e desenvolvimento.

Os sistemas são definidos como um conjunto de componentes inter-relacionados que trabalham por um objetivo comum. Os sistemas são compostos por componentes, relações e atributos. Os componentes são as partes operacionais do sistema e são representados pelos mais variados tipos de instituição: empresas, universidades, institutos de pesquisa, agências públicas, governos, etc. As relações são os *links* formados entre os componentes. Visam enfatizar as propriedades e os comportamentos dos componentes, objetivando o desenvolvimento do sistema como um todo. São as relações que geram os fluxos que fazem com que o processo inovativo aconteça. Os atributos são as características próprias que se estabelecem através dessas relações e que garantem a singularidade do sistema (Carlsson et al., 2002).

Segundo Nelson (2006), mesmo com a valorização exacerbada do processo de globalização, a competição em nível global e a transnacionalização de empresas, que nos leva a crer que as relações entre as economias domésticas e internacionais são mais efetivas e importantes, ainda há um sentimento de nacionalidade e de zelo pela soberania entre os países. O mundo ainda não se envolveu em um processo de singularização de culturas, hábitos e costumes. Os ambientes políticos, sociais e institucionais de cada país são diversos. Dessa forma, manteremos, para este estudo, o sentido de nação, nos referindo ao espaço geográfico sobre a tutela de determinado país.

Segundo Edquist (1997), os sistemas de inovação têm nove características principais:

1. Têm na localidade o centro focal da inovação e do processo de aprendizagem, isto é, se baseiam no entendimento de que a inovação tecnológica é derivada da

combinação de diversos elementos do ambiente para a produção de conhecimento;

2. Adotam uma perspectiva holística e interdisciplinar para o processo de análise, visto que englobam os mais variados determinantes do processo de inovação e não incluem somente aspectos econômicos para a realização da análise, mas conceitos derivados do comportamento das organizações, ciências políticas e outras ciências sociais;
3. Abrangem uma perspectiva histórica, visto que consideram a inovação um processo de constante *feedback*, influenciado por diversos fatores e contextos que englobam as instituições que compõem o sistema;
4. Há um enfoque maior em desvendar as diferenças entre os sistemas de inovação do que na descoberta de um sistema ótimo, já que a visão está fixada na singularidade de cada localidade;
5. Ênfase na interdependência e não-linearidade, já que o foco é em um processo não isolado e interacionista;
6. Visão de que o processo deve transpassar a inovação e produzir desenvolvimento econômico, gerando a necessidade de compreensão das complexas relações que tangem o crescimento e o desenvolvimento das nações;
7. Ênfase principal no conjunto de instituições, pois são estas que produzem os fluxos que geram o processo inovativo;
8. A associação a conceitos ainda difusos, plurais e muitas vezes ambíguos; e
9. Analisam muito mais com base em *frameworks* conceituais do que em teorias formais, fato principalmente derivado de sua raiz evolucionária.

Uma questão importante quando visamos conceituar os sistemas de inovação está na definição de suas funções. Segundo Johnson e Jacobson (2000), as funções dos sistemas de inovação são: criar novos conhecimentos; ser um guia, um direcionador dos processos de pesquisa; suprir o mercado com competências, capital e recursos; facilitar a criação de externalidades econômicas positivas quanto à informação, conhecimento e visões estratégicas para o futuro; e facilitar a formação e desenvolvimento de mercados.

Carlsson et al. (2002) dá um enfoque diferenciado à questão e simplifica as funções do sistema de inovação em geração, difusão e utilização de tecnologia. Contudo, coloca que isto só é possível através do desenvolvimento de quatro capacitações essenciais. A primeira seria a capacidade de seleção estratégica das capacitações tecnológicas, para escolha de caminhos mais promissores em termos tecnológicos, de acordo com as características da localidade. A segunda seria a habilidade de organização, ou seja, a capacidade de integrar e gerenciar as diferentes instituições e seus atributos, para um melhor resultado geral. A terceira seria a eficiência técnica na execução das funções de mercado do sistema, para implementação e utilização efetiva das tecnologias para fins de mercado. A quarta e última seria a habilidade de aprendizado e adaptação. Um sistema teria que ter a mesma capacidade de aprender com o sucesso e com os erros, para que pudesse ler e interpretar o mercado da maneira apropriada, a fim de gerar ações efetivas e eficazes.

Muitos conceitos foram desenvolvidos para definir o que são os SNI. Estes conceitos diversos emergem, principalmente, das diferentes perspectivas que foram criadas com relação ao processo de desenvolvimento das nações a partir do conhecimento (Chang e Chen, 2004). Os mais interessantes foram estudados por Niosi (2002) e são apresentados a seguir.

- “... A relação entre instituições nos setores públicos e privados através de atividades e interações para iniciar, importar, modificar e difundir novas tecnologias” (Freeman, 1987);



- “Os elementos e relacionamentos que interagem na produção, difusão de conhecimentos novos e economicamente úteis... e que são encontrados e enraizados dentro das fronteiras nacionais do Estado” (Lundvall, 1992);
- “O conjunto de instituições cujas interações determinam a performance inovativa das firmas nacionais” (Nelson e Rosenberg, 1993);
- “... O sistema nacional de inovação é constituído por instituições e estruturas econômicas que afetam diretamente as taxas e o direcionamento das mudanças tecnológicas” (Edquist e Lundvall, 1993);
- “Um sistema nacional de inovação é um sistema de interação entre empresas públicas e privadas, universidades e agências governamentais aliadas na produção de ciência e tecnologia dentro das barreiras nacionais. A interação entre estas unidades pode ser comercial, legal, social e financeira, e o maior objetivo dessa interação é o desenvolvimento, proteção, financiamento ou regulamentação de novas ciências e tecnologias” (Niosi et al., 1993);
- “... As instituições nacionais, suas estruturas de incentivo e suas competências que determinam a taxa e a direção do aprendizado tecnológico (ou o volume e composição das atividades geradoras de mudança) em um país” (Patel e Pavitt, 1994);
- “... esse jogo de instituições distintas que contribui conjuntamente e individualmente ao desenvolvimento e à difusão de tecnologias novas e que fornece a estrutura dentro da qual os governos dão forma e executam políticas para influenciar o processo de inovação. Porque ele é um sistema das instituições interconectadas a criar, para armazenar e transferir o conhecimento, as habilidades e os artefatos que definem tecnologias novas” (Metcalfe, 1995).

Nesse sentido, podemos considerar que a abordagem dos SNI visa trabalhar a dinâmica das relações entre as políticas, as instituições e as pessoas que mediam os fluxos de conhecimento nas diferentes indústrias dentro das fronteiras nacionais dos países. Esta abordagem, portanto, oferece uma noção mais realística do processo de desenvolvimento dos países, pois não considera somente aspectos econômicos, mas os variados fatores que interferem no processo inovativo.

Acreditando nisso, muitos autores desenvolveram diversas metodologias e *frameworks* conceituais para analisar os desempenhos dos SNI, procurando padrões de comportamento nacionais que possam ser adaptados a outras nações.

Muitos aspectos são considerados e diferentes perspectivas são colocadas por esses autores. Todavia, a medida e a avaliação dos SNI centram-se, basicamente, em quatro fluxos principais de conhecimento e informação (OECD, 1997):

- Interações entre empresas, primeiramente atividades comuns de pesquisa e outras colaborações técnicas;
- Interações entre empresas, universidades e institutos de pesquisa públicos, incluindo a pesquisa comum, o co-patenteamento, as co-publicações e os enlaces informais;
- Difusão do conhecimento e da tecnologia nas empresas, incluindo taxas de adoção da indústria para tecnologias novas e difusão através da maquinaria e do equipamento; e
- Fluxo de trabalhadores entre os setores público e privado, dentro do sistema de inovação.

Contudo, os *frameworks* conceituais criados com base nos SNI são, em sua maioria, inspirados em casos de sucesso dos países mais desenvolvidos (Lundvall et al., 2002), criando dúvidas sobre sua relevância para os países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

Segundo Viotti (2002), este questionamento acontece, principalmente, porque a visão recorrente sobre a inovação, na abordagem de SNI, é de ruptura tecnológica, o que não condiz com o processo inovativo nos países subdesenvolvidos, baseado, principalmente, em um processo de absorção de tecnologia estrangeira e em processos internos de melhorias incrementais.

Edquist (2001), compartilhando dessa visão, propôs um modelo alternativo para SNI para países em desenvolvimento, denominado sistemas de inovação para o desenvolvimento. A abordagem apresentada por Edquist diverge da tradicionalmente apresentada nos seguintes aspectos: a inovação de produto tem mais importância do que o processo de inovação, pois tem maior relevância em termos econômicos; as inovações incrementais tendem a ser mais recorrentes e importantes do que as radicais, dado o nível tecnológico inicial de desenvolvimento dos países; a absorção e difusão do conhecimento que já foi gerado é mais importante do que o processo de desenvolvimento de inovações que será novo para o mundo, pois este tem maior poder de penetração e de movimentação da economia; e as inovações em setores de baixa e média tecnologia são mais recorrentes do que em setores de alta tecnologia.

Viotti (2002) também propôs uma abordagem diferenciada aos SNI, criando o que chamou de sistemas nacionais de aprendizado. Nesta abordagem, a estratégia tecnológica dos países em desenvolvimento tenderia a estar relacionada à absorção de tecnologias condizentes com suas capacitações no setor de produção. Ele diferenciou os sistemas nacionais de aprendizado em passivos e ativos. No primeiro tipo, o comportamento tecnológico do país estaria focalizado no processo de absorção e difusão de diversas tecnologias, fazendo com que o país não ficasse extremamente defasado tecnologicamente em relação aos países desenvolvidos, mas gerando uma grande dependência destes. No segundo modelo, o comportamento tecnológico estaria focado na absorção de tecnologias chaves, que seriam desenvolvidas e incrementadas continuamente, para que o país obtivesse uma maior competitividade em nível global.

Freeman (2001) e Lundvall et al. (2002) têm uma visão diferente, sendo a deles a utilizada neste trabalho. Segundo os autores, a abordagem de SNI tem grande aplicabilidade para o caso dos países em desenvolvimento, principalmente por seu caráter evolucionário. Contudo, algumas questões devem ser acrescentadas ao modelo, pois o ambiente em que as

instituições estão envoltas já está plenamente evoluído nos países desenvolvidos, o que não se aplica aos países em desenvolvimento.

A principal distinção na abordagem a ser realizada se refere aos participantes do SNI. Nos SNI dos países desenvolvidos, considera-se somente um contexto estreito (*narrow*) das instituições que formam o sistema. Estas instituições seriam: os governos, nos mais diversos níveis; as empresas privadas; as universidades e instituições relacionadas, as instituições ponte entre os governos, empresas privadas e institutos de pesquisa; e outras instituições que trabalhem diretamente no desenvolvimento de pesquisa e no processo formal de inovação. Ou seja, instituições que deliberadamente promovem e disseminam o conhecimento e os recursos centrais para a inovação (Freeman, 2001). Para se analisar os países em desenvolvimento, Lundvall et al. (2002) sugere a utilização do contexto expandido (*broad*) das instituições participantes do SNI. Nessa visão, acrescentar-se-ia às instituições do contexto estreito (*narrow*) todas as demais instituições participantes dos sistemas econômicos, sociais e políticos do país como, por exemplo, as ONG's, instituições pré-universitárias, associações de classe, dentre outras.

Ao utilizar esse contexto expandido (*broad*), relacionado às instituições participantes do sistema, estaríamos englobando todos os elementos econômicos, sociais, políticos e de infra-estrutura que interferem diretamente no desempenho do SNI e, portanto, estaríamos aptos a estabelecer o grau de eficiência do mesmo, seja qual fosse o seu grau de desenvolvimento tecnológico anterior, já que uma perspectiva histórica já estaria representada no nível de desenvolvimento das instituições (Lundvall et al., 2002).

Mediante a isso, utilizaremos a abordagem dos SNI para analisar o sistema de inovação brasileiro de nanotecnologia. Contudo, algumas considerações ainda devem ser realizadas sobre as diferentes metodologias de análise e sobre o caso especial da estrutura geral do sistema brasileiro de inovação, que serão apresentados nas seções seguintes.

## **4. Sistema Brasileiro de Inovação**

No capítulo anterior, foram apresentadas as principais questões referentes ao que já foi desenvolvido e pensado com relação aos SNI, seus objetivos, funções e principalmente seu caráter geral, que engloba não só a dimensão institucional e suas relações, mas os fluxos de conhecimento e os aspectos culturais e territoriais que moldam de forma contínua o desenvolvimento tecnológico das nações.

Dando prosseguimento ao estudo, será apresentado, agora, o Sistema Brasileiro de Inovação (SBI). O objetivo é verificar como este está estruturado e organizado, as principais instituições que o compõem e suas limitações.

Iniciaremos com uma visão histórica do desenvolvimento do SBI, dividida em quatro partes principais. A primeira parte compreende os anos entre 1950 e 1980; a segunda os anos 80; a terceira os anos 90; e a quarta os anos após 2000. Ao final, será apresentada uma visão geral sobre a situação atual e suas principais carências.

### **4.1. Formação do SBI: anos entre 1950 e 1980**

A criação de instituições que pudessem auxiliar no desenvolvimento tecnológico do Brasil começou a ser visualizada a partir da evolução do processo de substituição de importações e da urbanização e industrialização crescente do país.

Segundo Viotti (2007), os políticos e demais gestores de políticas públicas em nosso país compartilhavam do entendimento de que o processo de industrialização traria consigo um processo de mudança técnica e, por conseqüência, o desenvolvimento da capacidade de inovação.

Havia a necessidade de qualificar adequadamente as pessoas, para que um modelo nacional de desenvolvimento fosse implementado de maneira sustentável, bem como de fundar instituições que financiassem o desenvolvimento da indústria nacional (Castelo Branco, 2005).

Com este objetivo, foram criados, no início da década de 50, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ambos em 1951, e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE), em 1952.

O CNPq teria como objetivo formar e desenvolver mestres, doutores e especialistas, através do financiamento de projetos de pesquisa. A CAPES nascia com a intenção de assegurar a existência de pessoal qualificado para atender às demandas dos empreendimentos públicos e privados. O BNDE surge como organização que apoiaria os empreendimentos que promovessem o desenvolvimento do país tanto no âmbito governamental quanto no setor privado.

Através desse processo, passaram a ser investidos recursos no desenvolvimento de pesquisa tecnológica nas universidades brasileiras, principalmente como apoio às empresas estatais criadas pelo governo brasileiro. Inicia-se o processo de formação das grandes firmas de capital nacional, com amplo apoio do governo federal, através dos projetos de infraestrutura.

Outros dois marcos para o período foram: a criação do Centro de Aperfeiçoamento e Pesquisa de Petróleo (Cenap), em 1955, instituto pioneiro no desenvolvimento de tecnologia capaz de aproveitar o petróleo mais pesado presente no território nacional; e a mudança administrativa das escolas técnicas no Brasil, de 1959, que direcionou as instituições para execução de atividades para a formação e especialização técnica, formando profissionais para atuar nas indústrias do país.

Na década de 50, foram realizados muitos investimentos em infra-estrutura que abriram possibilidades para o fortalecimento da indústria nacional. Contudo, esse processo foi terminantemente estagnado pela crise econômica do início dos anos 60 no país (Furtado, 2007). Só quando o governo militar assume o poder é que medidas são tomadas para a criação de novos fundos para o desenvolvimento tecnológico.

Em 1964, é criado o Fundo de Desenvolvimento Técnico Científico (FUNTEC), do BNDE, destinado ao apoio à pesquisa científica e tecnológica e à formação de recursos humanos. Em 1965, surge o Fundo de Financiamento de Estudos de Projetos e Programas (FINEP), destinado a prover recursos financeiros para elaboração de projetos e programas de desenvolvimento econômico. Inicialmente, era um fundo do BNDE, mas que adquiriu personalidade jurídica própria, em 1967, com a finalidade de financiar projetos ou estudos considerados prioritários nos âmbitos federal, estadual e municipal ou privado (Castelo Branco, 2005).

Entre os anos de 1968 e 1980, foram criadas e/ou consolidadas as principais instituições que atuam no SBI, atualmente (Schwartzman, 1991). Os principais fatores que explicam este fato são: a percepção das autoridades militares da necessidade de capacitação tecnológica no país; o elevado nível de crescimento econômico que era experimentado pelo Brasil com taxas médias superiores a 10 % ao ano (Furtado, 2007); a abundância de recursos na esfera federal pela expansão da base de arrecadação; e o estabelecimento de agências menores e independentes do governo federal, que minimizaram a burocratização dos investimentos em alguns setores (Schwartzman, 1993).

O governo militar estabelece o Programa Estratégico de Desenvolvimento, com o objetivo de superar as limitações econômicas, energéticas e tecnológicas do país, através de investimentos nos mais variados setores, processo que foi consolidado com a implementação do Segundo Plano Nacional de Desenvolvimento, no ano de 1974.

Dentre as ações, podemos destacar, com base em Castelo Branco (2005) e Schwartzman (1993):

- A reforma universitária de 1968, que adotou o sistema norte-americano de pós-graduação;
- A criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), em 1969;
- Reformulação e ampliação da atuação da FINEP, incorporando funções do FUNTEC e do FNDCT;
- Criação dos Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT's);
- Estabelecimento de Centros de Pesquisa nas empresas estatais, como o Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL), na Eletrobrás, em 1974;
- Fortalecimento e Expansão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); e
- Instalações de grandes centros de pesquisa em universidades como a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Universidade de São Paulo (USP).

Todavia, esse processo de desenvolvimento promovido pelo setor público e financiado pelo capital internacional (Furtado, 2007) não foi acompanhado por investimentos efetivos dos setores produtivos nacionais. As empresas nacionais privadas e grande parte das estatais não davam tanta importância para a tecnologia que estava efetivamente sendo utilizada, mas sim ao seu custo e sua confiabilidade (Schwartzman, 1993), fatores que eram minimizados pelas características econômicas do país e pelo protecionismo proporcionado pelo governo militar (Castelo Branco, 1993). Esse aspecto fez com que o país até hoje tivesse uma taxa muito baixa de participação do setor privado nos investimentos em inovação,



questão que é fundamental para o desenvolvimento de qualquer país que queira ser considerado desenvolvido.

## **4.2. Formação do SBI: anos entre 1980 e 1990**

O início dos anos 80 é marcado por uma grande crise internacional e uma minimização da liquidez mundial, ou seja, há uma redução nos fluxos de capitais para investimentos nos países em desenvolvimento, o que prejudicou de maneira excessiva o país, com um aumento elevado da dívida externa. Com a escassez de recursos internacionais, a manutenção do ambiente econômico torna-se difícil e é quando há falta de recursos que os principais problemas aparecem.

A relação entre as empresas e o investimento em ciência e tecnologia agrava-se e torna-se ainda mais baixa. A falta de demanda por tecnologia no ambiente interno, garantida pelo protecionismo do governo, fez com que os investimentos realizados em pesquisa fossem praticamente extintos. O país só volta a refletir sobre investimentos em tecnologia no ano de 1985, com o fim do governo militar. Em 1985, é criado o MCT, com o objetivo de coordenar e planejar as ações de integração dos projetos de ciência e tecnologia e as demandas econômicas e sociais do país e do setor privado (Schwartzman, 1993).

A FINEP e o CNPq passam a ser subordinados ao MCT, para suportar os direcionamentos estratégicos que são definidos para apoio aos setores público e privado.

São implementados os Programas para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT I, em 1985 e PADCT II, em 1990), apoiados pelo Banco Mundial. O objetivo era fortalecer a pesquisa e desenvolvimento no país em setores estratégicos como biotecnologia e química, sendo um acréscimo aos recursos já existentes. Todavia, foi o único recurso disponível para muitos dos projetos realizados à época (Stemmer, 1993).

Os recursos enviados às universidades são reduzidos e, em grande parte, são efetivamente para arcar com as folhas de pagamento, ficando o investimento realizado em pesquisa científica a cargo quase que exclusivo do CNPq (Schwartzman, 1993).

Em 1987, é criada a Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (ANPROTEC), como entidade sem fins lucrativos, com o objetivo de congregar e criar mecanismos de apoio a incubadoras de empresas, parques tecnológicos, pólos tecnológicos, tecnópolis, entre outras instituições que estabelecessem relacionamentos entre instituições de pesquisa, geração de novas tecnologias e o setor produtivo. Contudo, o seu poder de atuação no mercado é pequeno para gerar as condições ideais para aumentar o investimento privado em inovação.

A Constituição de 1988 é um marco para o aumento da autonomia e do comprometimento de estados e municípios para investimentos em ciência e tecnologia. Todavia, esses investimentos, em sua maioria, eram insuficientes. Todas as vezes que havia a necessidade de se cortarem recursos as secretarias de ciência e tecnologia sempre foram as mais prejudicadas, já que os resultados do processo de inovação sempre se apresentam no longo prazo e não têm tanto apelo político junto ao público (Villashi, 2005).

### **4.3. Formação do SBI: anos 1990**

Os anos 90 são marcados por diversas modificações no contexto nacional e internacional. Neste período, inicia-se o processo de liberalização econômica do país, com a queda das tarifas de importação e a privatização de grande parte das empresas de capital estatal.

Foi um momento de grandes transformações econômicas, principalmente graças às modificações trazidas pelas tecnologias da informação e comunicação, que elevaram as

possibilidades de transmissão e troca de conhecimentos. O acesso à tecnologia torna-se rápido e mais fácil, há uma elevação drástica na competitividade, o que trouxe grandes conseqüências para as empresas nacionais (MCT, 2004a).

O impacto das políticas econômicas implementadas nos anos 90 gerou estabilidade nos preços e na moeda, promoveu reformas estruturais importantes, reduziu a desigualdade e promoveu ganhos importantes em termos de competitividade. Todavia, esta política não gerou benefícios em todos os setores e atividades de nossa economia (Villaschi, 2005).

Segundo Coutinho (2003), o Plano Real, para gerar estabilidade econômica, praticou taxas de juros muito elevadas, houve uma sobrevalorização da taxa de câmbio, o que aumentou significativamente as importações, aniquilando muitos setores da economia nacional pouco competitivos, que se mantinham no mercado através do protecionismo e das falhas do mercado brasileiro. Este processo gerou a vinda de muitas empresas estrangeiras para o país, que dominaram grande parte dos setores de maior valor agregado, deixando as empresas de capital nacional direcionadas a atividades de menor complexidade tecnológica e produtiva.

A forte dependência das subsidiárias de empresas multinacionais de suas matrizes no exterior acabou sendo um inibidor para o fluxo de conhecimento e informação em setores importantes e diminuiu as possibilidades de interação entre as instituições educacionais e de pesquisa locais com estas empresas (Szapiro, 2003).

A partir desse momento, os investimentos em ciência e tecnologia passam a estar vinculados diretamente com o aumento de competitividade industrial (Guimarães, E. 1992). São criados programas como o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica da Indústria (PACTI) e o Programa de Apoio ao Comércio Exterior (PACE), para elevação da qualidade e da produtividade das empresas nacionais (MCT, 2004).

Outras ações efetuadas neste período foram: a redução das atividades da FINEP, transformando-a numa agência quase que exclusiva para o financiamento de tecnologia industrial e a redução dos recursos do FNDCT; congelamento ou redução dos grandes projetos de pesquisa e desenvolvimento do governo federal, como dos programas nucleares e da aviação militar (Schwartzman, 1993); e a criação do Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, que, dentre suas missões, teria o objetivo de propor planos, metas e prioridades para adoção de estratégias governamentais de investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico (MCT, 2004).

No final da década de 90, medidas mais fortes com relação à ciência e tecnologia foram tomadas. Uma nova conjuntura econômica se apresentava e a necessidade de elevação das exportações por parte da economia nacional era imediata. Os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia são criados para fortalecer os setores mais estratégicos na visão do governo. O Fundo para Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL) também é criado no intuito de promover uma reestruturação em um setor quase que abandonado pelo governo federal (Castelo Branco, 2005).

Neste sentido, muito embora o Brasil tenha superado problemas econômicos e melhorado as condições de vida de sua população durante a década de 90, a liberação econômica e o fluxo de capitais não trouxeram investimentos externos produtivos para áreas em que novos conhecimentos eram essenciais.

No domínio tecnológico, o compromisso político com o déficit público aplicou cortes drásticos em áreas importantes para o aprendizado, a educação e, conseqüentemente, para a ciência e a tecnologia como impulsionadoras da inovação. Foi um período em que a política de desenvolvimento econômico gerou a adoção de diversas “não-políticas” industriais e tecnológicas. (Villashi, 2005).

#### **4.4. Formação do SBI: anos 2000**

Os anos 2000 marcam uma revisão das políticas nacionais de Ciência e Tecnologia. São anos em que há uma reformulação da forma como o governo enxerga o processo de inovação, sendo este o propulsor do desenvolvimento. Contudo, é um período de profundo experimentalismo, onde não temos uma visão clara das intenções nacionais quanto à ciência e tecnologia (Viotti, 2007).

Os estudos para a formação da Pesquisa Nacional de Inovação (PINTEC) são iniciados. O objetivo de tal pesquisa seria avaliar o envolvimento das empresas privadas com atividades de inovação. A primeira edição foi lançada em 2002, apresentando dados entre 1998 e 2000; a segunda em 2005, apresentando dados referentes ao triênio 2001-2003; e a última edição lançada em julho de 2007, com dados dos anos entre 2003 e 2005, cuja parte dos resultados será discutida ainda neste capítulo.

Em 2002, O MCT cria a Rede Brasil de Tecnologia (RBT) em resposta à inclusão do Índice de Realização Tecnológica (IRT) no Relatório de Desenvolvimento Humano da Organização das Nações Unidas (ONU) no ano de 2001. O objetivo principal da RBT é auxiliar na criação de um ambiente favorável à pesquisa aplicada, ao desenvolvimento e à capacitação tecnológica do país através da articulação dos agentes atuantes no mercado brasileiro.

Através da RBT, o MCT pretende motivar: a criação de redes setoriais; a formação de grupos de trabalho focados em desenvolvimentos de interesse nacional, dar visibilidade econômica ao desenvolvimento tecnológico do país, promover o alinhamento entre as iniciativas existentes, estimular as empresas nacionais a inovar, ampliar o mercado para os produtos nacionais de alto valor agregado de tecnologia e aumentar a competitividade da indústria brasileira.

Em 2004, o MCT aprova a Lei da Inovação, que estabelece medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo. A lei vem obtendo relativo sucesso motivando estados a criarem leis complementares para motivar o processo inovador. Até o momento, já foram criadas leis de inovação nos estados do Amazonas (2006), Mato Grosso (2008), Santa Catarina (2008), Minas Gerais (2008) e São Paulo (2008).<sup>9</sup>

Em novembro de 2005, é criada a Lei 11.1196, também conhecida como “Lei do Bem”, que consolida incentivos fiscais de empresas que realizem investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) tecnológico em nosso país. Os principais benefícios estão relacionados à isenção de parte dos impostos através de dispêndios realizados e comprovados em P&D.

Em 2006, é criado o formulário de Instituição Científica e Tecnológica (ICT) cujo objetivo é coletar juntos às instituições de pesquisa “informações anuais quanto à política de propriedade intelectual que é empregada, às criações que são desenvolvidas, às proteções requeridas e concedidas e aos contratos de licenciamento ou transferência de tecnologias firmados.”<sup>10</sup> Este formulário tem facilitado o acompanhamento, por parte do MCT, das políticas realizadas dentro das instituições quando à produção e proteção do conhecimento auxiliando na implementação de políticas.

No ano de 2007, o MCT concede às empresas um benefício adicional ao investimento em inovação através do Decreto 6.270. Através deste decreto, as empresas poderiam escolher entre utilizar os benefícios criados pela “Lei do Bem” e os introduzidos pela Lei 11.487 (2007) que concede maior isenção de impostos para empresas que investirem em projetos de ICT's que tenham sido aprovados pelo Comitê Permanente, formado pelo Ministério da Educação (MEC) , MCT e Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), em

---

<sup>9</sup> [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br)

<sup>10</sup> [www.mct.gov.br](http://www.mct.gov.br) – Portaria MCT 942, 08/12/2006.

chamada pública. Esta medida visa promover uma maior articulação entre empresas e as instituições de pesquisa no país em projetos monitorados pelo governo.

## **4.5. Panorama Atual do Sistema Brasileiro de Inovação**

O SBI encontra-se em um estado intermediário no cenário internacional. Possuindo características presentes em países desenvolvidos e alguns aspectos, principalmente sociais, presentes em países subdesenvolvidos (Albuquerque e Sicsú, 2000).

Partindo desta constatação, será apresentada uma visão geral dos principais problemas, apresentados pelos autores, no SBI, com base na divisão proposta pela Rede de Pesquisa em Arranjos Produtivos Locais (Redesist)<sup>11</sup> para análise de sistemas de inovação.

Neste sentido, organizamos o SBI em três subsistemas: o subsistema de educação, ciência e tecnologia, em que é apresentada uma visão geral da situação das instituições de ensino e pesquisa de nosso país nos mais diversos níveis; o subsistema produtivo-inovativo, que analisa a situação das firmas nacionais com relação ao desenvolvimento tecnológico; e o subsistema político, normativo e regulatório, que também levará em consideração aspectos sociais que possam interferir diretamente no processo de geração de inovações no país.

### **4.5.1. Subsistema de Educação, Ciência e Tecnologia.**

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2006), o Brasil é um país com cerca de 14,9 milhões de analfabetos, tendo 11% da população com pouquíssimas chances de proporcionar qualquer tipo de conhecimento à sociedade. A taxa de frequência bruta às instituições de ensino é de 31,2%, apesar das melhoras obtidas nos últimos anos. A

---

<sup>11</sup> Grupo que reúne diversos pesquisadores brasileiros para estudar sistemas de inovação nos mais diversos âmbitos territoriais e perspectivas tecnológicas.

média de anos de estudo da população é de sete anos, insuficiente para a conclusão do ensino fundamental, e somente 11,8% da população têm ensino médio completo. Há algumas disparidades regionais quando analisamos estes dados, mas é inexorável que a situação seja muito ruim para um país que tem grandes ambições como o Brasil.

Segundo Schwartzman (1993), o grande problema do Brasil no campo educacional foi o alto nível de investimento realizado nas instituições de ensino superior, tornando-as, em alguns casos, comparáveis a instituições renomadas internacionalmente, mas com um completo descaso com as instâncias mais básicas, como o ensino infantil, fundamental e de nível médio. Esse processo criou uma população que, em sua maioria, é despreparada para receber informações e trabalhá-las, ou seja, há um potencial que poderia ser desenvolvido por instituições de qualidade no ensino superior, mas que é perdido pela má formação básica de nossos estudantes.

Os investimentos realizados durante as décadas de 50 e 80 do século passado produziram um grande sistema científico e crescentemente qualificado (Lastres et al., 2007). No país, há diversos institutos de pesquisa com mentes de grande capacitação adquirida no país e no exterior, somos o país com o maior nível de publicações científicas da América Latina e muitos de nossos institutos têm renome internacional (Cassiolato et al., 2007). Contudo, os investimentos em equipamentos e instalações adequadas, cientistas internacionais, projetos de pesquisa em setores primordiais para indústrias, principalmente as mais dinâmicas, impedem que o país se estabeleça na fronteira do conhecimento em nível internacional.

A geração de patentes é razoável para um país com o nível de investimento em ciência e tecnologia em torno de 1% do PIB, porém, elas estão concentradas em indivíduos, não em grupos de pesquisa ou empresas privadas. Além disso, a continuidade dos estudos, após os primeiros resultados, é muito baixa (Albuquerque e Sicsú, 2000).



Existem relações parciais entre empresas privadas e universidades e centros de pesquisa construídas historicamente, mas, em sua maioria, a formação atual de aglomerações foi forçada por políticas estaduais de ciência e tecnologia e não por iniciativa própria dos envolvidos (Cassiolato et al., 2007).

O país necessita de mais investimentos e de uma maior integração entre os sistemas científico (universidades e centros de pesquisa) e o setor produtivo, para que oportunidades de geração de tecnologias e, por consequência, de inovação não sejam desperdiçadas e o país estabeleça uma rota crescente de desenvolvimento (Albuquerque e Sicsú, 2000).

#### **4.5.2. Subsistema Produtivo/Inovativo**

Segundo dados da PINTEC 2005 (IBGE, 2007)<sup>12</sup>, 33,4% das empresas no território nacional realizaram algum tipo de inovação no triênio 2003-2005. Percentual relevante, mas que não leva em consideração a qualidade destas inovações, pois mais de um terço das inovações foram somente em processo que possui evidentemente uma menor relevância do que a inovação de produto. Isso porque a inovação de processo só leva em consideração os aspectos eficiência e produtividade e, geralmente, denota uma posição defensiva de inserção no mercado, enquanto as inovações de produto apresentam um aspecto de competitividade relacionado à diferenciação, à abertura de novos mercados e a novas possibilidades (Tironi, 2005).

A qualidade dessas inovações fica ainda mais depreciada quando verificamos que dos 2,77% da receita investidos em inovação por parte das empresas 50% são destinados à compra de máquinas e equipamentos, ou seja, metade do que é investido é referente à aquisição de bens e tecnologias que não são desenvolvidas pelas empresas.

---

<sup>12</sup> Disponível em [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br).

O nível de cooperação industrial com os concorrentes é muito baixo (16,6%). As informações consideradas mais importantes como motivadores da inovação são dadas por fornecedores e clientes, agentes que têm dependência econômica direta das empresas.

No Brasil, as condições são muito desfavoráveis ao investimento privado. As instituições financeiras não são preparadas para conceder financiamentos de longo prazo (cerca de 81% dos gastos em inovação acontecem por autofinanciamento), o custo de capital é muito elevado, os riscos econômicos não estão totalmente sanados e há falta de pessoal qualificado para trabalhar nas indústrias.

Todos estes fatores contribuem para que as empresas tenham uma participação muito baixa no patenteamento de inovações, entre 10 e 20 %. Nos países mais desenvolvidos, esta relação está entre 60 e 70%, sendo sempre superior a 50% (Schwartzman, 1993).

Neste sentido, só criando condições ideais para o desenvolvimento industrial e o investimento nacional e com a globalização das grandes companhias nacionais e seu contato com ambientes mais competitivos e novas tecnologias que o setor produtivo terá condições de ser mais efetivo no SBI.

#### **4.5.3. Subsistema Político, Normativo e Regulatório**

O primeiro aspecto que deve ser verificado são as grandes disparidades existentes entre as regiões do país. Segundo dados do IBGE, cerca de 70% da população e mais de 80% do PIB nacional estão concentrados nas regiões sudeste e sul do Brasil, sendo também as regiões mais importantes quando levamos em consideração as inovações e os setores a que estão relacionadas. São as regiões com maior nível de desenvolvimento, com as taxas mais baixas de mortalidade, melhores condições de saneamento básico, entre outros.

Dado esse cenário, há diferenças claras entre as instituições políticas e sociais que atuam nas diferentes regiões, o que minimiza a possibilidade de execução de políticas generalistas para o país, gerando maior necessidade de avaliar os aspectos específicos que estão presentes em cada parte do Brasil e os setores econômicos relacionados.

Este fato está relacionado ao alto nível de burocratização da economia, como, por exemplo, as dificuldades para abertura e fechamento de empresas<sup>13</sup>, as dificuldades na resolução de processos judiciais, as dificuldades de se estabelecer leis eficientes de proteção à propriedade intelectual e, ainda, o número insuficiente de informações sobre padrões, normas e regulamentações (Castelo Branco, 2005). Além disso, as características políticas do nosso país, como a baixa fidelidade e identificação partidárias, o elevado número de partidos e uma crescente dificuldade de integração entre as instâncias governamentais para implementação de políticas eficazes de ciência, tecnologia e inovação.

Segundo Villashi (2005), a fundamentação básica, derivada da teoria dos SNI, é que as instituições no campo político, social e produtivo tenham um grau relevante de interação. Caso haja um fosso entre essas instituições constitutivas, o sistema terá baixa interconectividade e, portanto, menor eficiência. Levando em conta que esta baixa interação parte das instituições que determinam as políticas, é razoável supor que as dificuldades de evolução do SBI sejam resolvidas no curto prazo.

## **4.6. Formação do Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia**

A formação do sistema nacional de nanotecnologia tem como marco o ano de 2001. Foi nesse ano que o CNPq e o MCT passaram a prestar mais atenção na nanotecnologia. As

---

<sup>13</sup> <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/noticia.php?area=4&noticia=6455>.

primeiras medidas do ministério tinham como objetivo aumentar o contato entre os pesquisadores, melhorar a qualidade da produção científica nacional e promover uma maior interação entre o que já estava sendo desenvolvido em algumas universidades e institutos de pesquisa do país e o meio empresarial (Silva, 2004).

Assim, foram criadas quatro redes de pesquisa no setor de nanotecnologia: a Rede de Materiais Nanoestruturados, a Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces, a Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia e a Rede Cooperativa para Pesquisa em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados. Além dos investimentos nos Institutos do Milênio, criados junto ao PADCT.

O sucesso das redes motivou o MCT a realizar diversas pesquisas durante os anos de 2002 e 2003, para promover a melhoria das condições para o desenvolvimento da nanotecnologia no país. No ano de 2003, é criado o primeiro grupo de trabalho para o desenvolvimento do Programa Nacional de Nanotecnologia e da Coordenação Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia (CGNT), atual Coordenação de Micro e Nanotecnologias.

No mesmo ano, são divulgados os primeiros resultados das análises realizadas pelos grupos de trabalho do MCT sobre a nanotecnologia, identificando as principais necessidades para que o país evoluísse de forma concreta nesse mercado ainda em desenvolvimento. Foram consideradas prioridades para esse processo: treinar recursos humanos; conceber, desenvolver e implementar currículos inovadores e material didático; fomentar pesquisa, desenvolvimento e engenharia; transferir tecnologia; criar novas empresas; criar novos centros de pesquisa; e trazer ao mercado novos materiais, produtos e processos baseados em nanotecnologia (Silva, 2003).

Dessa forma, foi desenvolvido um plano trienal (2004-2007), com várias ações para promoção dos objetivos traçados. Essas metas compreendiam aspectos relacionados à

capacitação de recursos humanos, número de publicações, participações em patentes e outras (Galembeck, 2003). Além disso, foi estabelecido como objetivo de longo prazo que até o ano de 2010 o Brasil fosse responsável por pelo menos 1% do mercado mundial de produtos nanotecnológicos. Segundo alguns especialistas, para o Brasil atingir esta meta, serão necessários investimentos na ordem de 3 a 5 bilhões de dólares (Silva, 2003), o que está bem acima da realidade atual de nosso país.

O MCT prometeu investimentos em torno de 77 milhões de reais para estes três anos e, também, motivar a destinação de parte dos fundos setoriais de petróleo e energia para projetos de nanotecnologia (MCT, 2006b).

No final de 2004 e início de 2005, novas 10 redes de nanotecnologia são criadas nos mais diversos segmentos e regiões do Brasil (MCT, 2005).

O governo aproxima-se cada vez mais dos laboratórios e começa um processo de investimentos para modernização dos equipamentos. As instituições contempladas foram o Centro Brasileiro de Pesquisa em Física (CBPF), a Embrapa e o Centro Estratégico de Tecnologias do Nordeste (CETENE), que é ligado ao Instituto Nacional de Tecnologia (INT) (MCT, 2006).

As relações internacionais parecem ser o aspecto em que o país encontra-se mais desenvolvido. O MCT já realizou missões para países como Japão e África do Sul e algumas propostas de cooperação foram apresentadas, mas o ministério só firmou parcerias com a Argentina, para criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN); com a Índia e a África do Sul, através das relações exteriores estabelecidas pelo IBAS<sup>14</sup>; e com a França, que, através de várias instituições, desenvolve projetos no Brasil. Além dos diversos cientistas estrangeiros que estão no país para desenvolver pesquisa nos mais variados ramos e acabam interagindo com as redes de pesquisa já desenvolvidas.

---

<sup>14</sup> Fórum de Diálogo entre Índia, Brasil e África do Sul.

Em termos de pesquisa científica, o país encontra-se em processo de desenvolvimento. Nossas principais universidades já contam com cursos de pós-graduação em NN e os pesquisadores brasileiros têm participado constantemente de congressos internacionais com certo destaque. As universidades USP e Unicamp mostram-se um pouco a frente das demais em termos de pesquisa e organização.

A USP possui uma rede de nanotecnologia congregando os pesquisadores da instituição dos diversos campos do conhecimento e algumas empresas parceiras. Desta forma, a universidade promove a articulação entre os pesquisadores e incentiva a sua relação com empresas privadas nacionais que têm interesse em investir em NN.

A Unicamp no ano de 2006 divulgou um censo sobre os projetos de pesquisa em nanotecnologia na instituição. São diversas teses de mestrado e doutorado, além de trabalhos de grupos de pesquisa que foram apresentados em congressos nacionais e internacionais. A instituição, através de seus pesquisadores, já possui duas patentes industriais em NN e outras estão em processo de aprovação.<sup>15</sup>

A UFRJ - através de professores das áreas de engenharia, física, química e biologia - possui um projeto para implementação do primeiro curso brasileiro de graduação em NN, que deverá ser aberto para inscrições até o ano de 2010. A idéia do grupo é estabelecer na instituição um curso multidisciplinar que congregue conhecimentos de diversas áreas e motivar seus alunos a investirem nesta nova tecnologia através de seus projetos.

No campo industrial ainda são poucos os setores com investimentos pesados em NN. O setor químico/petroquímico é o mais ativo na produção tecnológica relacionada à NN, constituindo um grupo de mais de 10 empresas que investem na produção de novos compostos e materiais. A Quattor (antiga Suzano Petroquímica) já anunciou mais de cinco

---

<sup>15</sup> [www.inovacao.unicamp.br](http://www.inovacao.unicamp.br)

produtos do processo de pesquisa e desenvolvimento da empresa em NN<sup>16</sup>. A Braskem, através de parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), também tem apresentado avanços na área de nanocompósitos.<sup>17</sup>

O país realiza, desde 2005, a NANOTEC Expo, um evento internacional sobre NN que visa aproximar empresas e instituições de pesquisa no desenvolvimento do setor no país. O principal objetivo do evento é mostrar projetos de empresas e universidades nacionais em NN gerando a formação de parcerias e investimentos neste mercado.

O SBI em nanotecnologia encontra-se em estágio de maturação, mas as perspectivas são animadoras, tendo em vista os demais setores da economia. Contudo, há obstáculos claros para o país se estabelecer como um competidor em nível internacional (Galembeck, 2003).

Na opinião de Nazareno (2004), os principais problemas estão na escassez de recursos; no constante contingenciamento dos fundos setoriais de tecnologia, nas indefinições e problemas de sinergia entre as instâncias governamentais, na ainda baixa interação universidade-empresa e no baixo nível de investimento das empresas locais em pesquisa.

Segundo Galembeck (2003), há limitações relacionadas à capacitação dos recursos humanos do país, pois a pesquisa e a difusão do conhecimento ainda estão muito focadas nas instâncias mais elevadas do nosso ensino, não estando presentes na vida e nas discussões do público universitário em geral, e nas necessidades especiais de capital, pois para se desenvolver pesquisa de ponta em NN, faz-se necessário a utilização de equipamentos de vanguarda e o risco em tecnologias de ruptura são elevados.

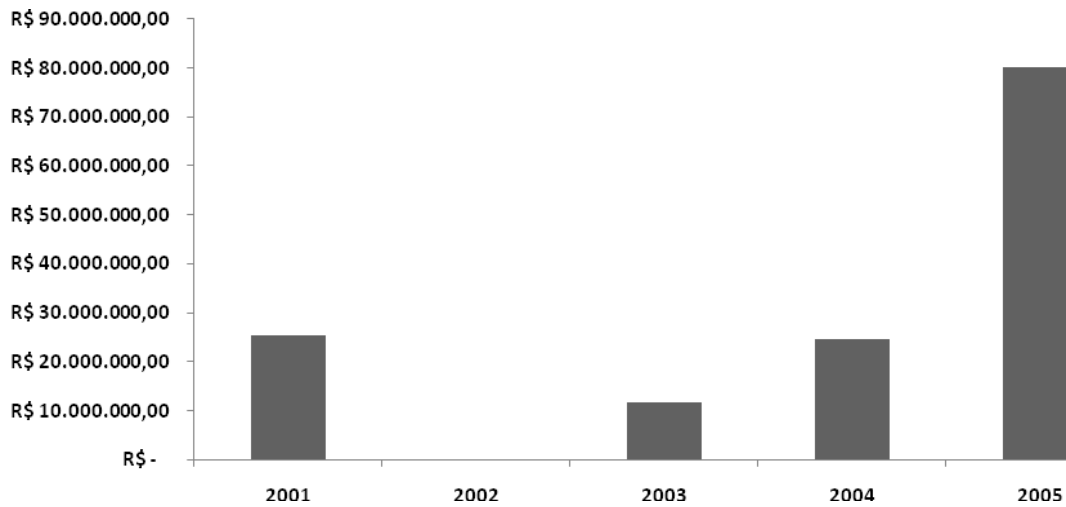
O Brasil vem aumentando progressivamente seus investimentos em nanotecnologia, como mostra o gráfico a seguir.

---

<sup>16</sup> <http://quattor.agenciaweb.com.br/versao/pt/produto/produtos.asp>

<sup>17</sup> [www.braskem.com.br](http://www.braskem.com.br)

**Gráfico 4.1 : Investimento do MCT em pesquisas em NN.**



Fonte: Site do MCT.

Todavia, os valores ainda são bem inferiores aos de países como Coréia do Sul e China, que investem cerca de 200 milhões de dólares por ano, e nem se comparam aos dos EUA e Japão, com somas superiores a um bilhão de dólares.

Os impactos sociais causados pela evolução da nanotecnologia também geram preocupação. Martins (2004) salienta que o país está bem evoluído com relação à nanotecnologia nos campos das ciências naturais, biológicas e tecnológicas, mas esse progresso precisa ser acompanhado por uma evolução no campo das ciências humanas. A introdução de produtos nanotecnológicos irá causar muitas modificações na economia, que certamente afetarão a sociedade como um todo, porém esta sociedade está em grande parte alheia a este processo de transformação e as conseqüências futuras tendem a ser graves.

Qual será o impacto da nanotecnologia sobre os setores econômicos nacionais? Qual o impacto que a nanotecnologia pode ter sobre o perfil da força de trabalho? Quais serão as conseqüências legais para as pessoas/instituições que utilizarem a nanotecnologia de forma



indevida? Estas e outras questões têm que estar no foco das discussões e até o momento são postas de lado no ambiente nacional.

## 5. Análise de Sistemas de Inovação

Um SNI é constituído de vários agentes que se relacionam de formas diferenciadas, em contextos diversos, beneficiando a economia dos países de forma distinta. Contudo, como podemos avaliar a efetividade deste benefício? Como podemos avaliar a eficácia dos sistemas de inovação dentro de determinados contextos nacionais? Visando responder a essas perguntas, discutiremos acerca de alguns modelos de análise de sistemas de inovação.

Paez (2001) realizou uma avaliação dos sistemas de inovação concentrando sua análise em sistemas de inovação setoriais. Para desenvolver seu modelo, ele procurou congrega conhecimentos da teoria existente sobre sistemas de inovação, aspectos relacionados à teoria neoclássica da economia da firma e conhecimentos desenvolvidos no campo de estratégia sobre o crescimento das organizações. Neste sentido, criou um modelo que visa enxergar como o sistema de inovação pode ser avaliado dentro de um contexto setorial, tendo em vista que o mercado é imperfeito e as firmas se desenvolvem juntamente com o processo de inovação e as demandas do mercado.

Em seu modelo, Paez sugere que o desenvolvimento do sistema segue um processo de intensificação da utilização dos canais, através do aumento da comunicação entre quem produz o conhecimento e quem o utiliza e através do fortalecimento da sinergia entre os parceiros do sistema de inovação dentro do ambiente de desenvolvimento da ciência e da tecnologia, que gera maior confiança e melhorias no processo de inovação. Neste sentido, aspectos relacionados ao contexto ambiental e fatores comportamentais interferem diretamente no desenvolvimento do sistema de inovação.

Paez sugere que o ambiente de ciência e tecnologia interfere diretamente nas estratégias científicas e tecnológicas do sistema de inovação. Em contraponto, o ambiente de desenvolvimento do setor influencia as estratégias empresariais das firmas e seu interesse no

desenvolvimento de tecnologias específicas. O encontro dessas duas perspectivas cria um ambiente de desenvolvimento de pesquisa que é verdadeiramente o mercado para que o processo de inovação, dentro do sistema nacional, efetivamente aconteça.

Segundo Nelson (1993), as diferenças entre os países e seus contextos nacionais em termos de cultura e organização industrial fazem com que os modelos de sistemas de inovação não sejam totalmente adaptáveis a todo mundo. Há limitações estruturais que em grande parte podem determinar o sucesso ou fracasso de sistemas de países específicos.

Sob esta perspectiva, Liu e White (2001) decidiram desenvolver um sistema de comparação entre sistemas de inovação que isolasse estes aspectos e permitisse a sua aplicação a diferentes contextos, principalmente tendo em vista o país foco de análise: a China. Uma nação com transformações culturais e econômicas contínuas após o processo de abertura econômica, no início da década de 80, no século XX.

Para delimitação do seu trabalho, Liu e White sugerem que o processo cíclico de inovação em um país segue cinco fases: a fase de educação, que visa à capacitação dos trabalhadores para o processo produtivo; o processo de pesquisa básica de desenvolvimento e de engenharia, que visa a geração de conhecimento inicial para o desenvolvimento de tecnologia; o processo de implementação, que seria o processo de produção efetivo da tecnologia, a partir do conhecimento gerado; o processo de consumo, seja ele através de pessoas ou de empresas, e geração de *feedback* por parte dos consumidores com relação à tecnologia, gerando melhorias e surgimento de novas necessidades por parte dos consumidores; e o processo de comunicação e formação sinérgica de sistemas entre os diversos agentes, gerando novas tecnologias e alimentando de forma sistemática o processo educacional.

Segundo Liu e White, esse processo pode se desenvolver de maneira mais rápida ou mais lenta de acordo com a organização industrial e política dos países, fatores que interferem

diretamente no contingente de participantes do sistema e na liberdade para seu desenvolvimento. Partindo deste ponto, concluíram que três elementos são determinantes no processo de estruturação dos sistemas de inovação, suas atividades fundamentais, organização estrutural e dinâmica: os atores primários, os atores secundários e as instituições.

Os atores primários seriam todos os participantes que atuam no desenvolvimento das cinco fases do processo cíclico de inovação. Os atores secundários seriam todas as demais organizações que interferem no processo de interação entre os atores primários para o desenvolvimento do processo de inovação e evolução do sistema. As instituições seriam todas as práticas, regulamentações, leis, tratados, entre outros mecanismos, que regulam e delimitam as ações e os comportamentos dos atores primários e secundários.

Neste sentido, as instituições interferem diretamente na atuação dos atores primários e secundários, os atores secundários influenciam as ações dos atores primários e os atores primários geram as atividades fundamentais, organizam e desenvolvem a maneira como o sistema de inovação desempenha seu processo.

A partir dessas informações levantadas e estruturadas, os autores definiram três fatores básicos para realizar a análise comparativa entre os sistemas de inovação: fator estrutura, que compreende a forma de organização da produção, divisão da força de trabalho, tipos diferenciados de organização, limitações do sistema e como este é coordenado; dinâmica do sistema, que compreende a relação entre os atores, como a estrutura limita a sinergia entre os atores, como ela ajuda no desenvolvimento da inovação, entre outros; e performance, que compreende aspectos relacionados ao que efetivamente é produzido, quão eficaz é esta produção e quais as vantagens e desvantagens de determinadas estruturas para o processo de inovação dentro do sistema.

A UE desenvolveu um modelo comparativo entre as nações que compõem o bloco econômico que foi apresentado por Arundel (2003). O modelo consiste em uma verificação

inicial do desempenho dos países em dois grupos distintos de fatores. O primeiro grupo seria constituído de fatores estruturais dos países, considerando-se, principalmente, aspectos relacionados ao desempenho econômico das nações. O segundo grupo levaria em consideração aspectos sócio-culturais e condições institucionais para o desenvolvimento tecnológico nos países.

Os fatores estruturais foram divididos em três subgrupos: o primeiro subgrupo seria o potencial de demanda nacional para as inovações que viessem a ser geradas; o segundo subgrupo está mais relacionado à estrutura e organização dos setores industriais nas nações; e o terceiro teria como objetivo averiguar o nível de abertura das economias para investimentos de outros países e grupos privados.

Os fatores sócio-culturais institucionais também foram divididos em quatro subgrupos: o primeiro subgrupo teria como objetivo analisar o sistema financeiro das nações; o segundo subgrupo teria como objetivo promover uma análise da abertura da cultura dos países analisados a novas idéias; o terceiro subgrupo teria como objetivo verificar o nível de equidade no ambiente social das nações; e o quarto subgrupo englobaria fatores que promovessem análises referentes ao mercado de trabalho nos países.

Para cada subgrupo de análise, foram definidos diferentes aspectos e um indicador de medição, para que se estabelecesse o nível de evolução dos SNI e de tecnologia em cada um dos países, definindo, assim, padrões e propostas de ação por parte da UE.

Bartholomew (1997) desenvolveu um dos modelos mais interessantes referentes à análise de um sistema de inovação. Sua proposta metodológica era analisar os SNI para a biotecnologia em quatro países (EUA, Japão, Reino Unido e Alemanha) e compará-los, traçando, assim, características específicas para cada um dos modelos nacionais de desenvolvimento tecnológico neste mercado.

Seu modelo baseou-se, inicialmente, em um fluxo contínuo de informações que caracterizariam um SNI. Segundo Bartholomew, os fatos históricos que interferem em um determinado espaço geográfico moldam o contexto institucional da nação (cultura, valores, organização de classes, entre outros) e esse contexto institucional nacional intervém diretamente no comportamento das instituições e da indústria como um todo, gerando padrões que constroem o processo de interação dentro do sistema.

Esse processo tem impacto no fluxo de conhecimento e, portanto, no caminho que será adotado pela nação para o desenvolvimento tecnológico em um determinado nicho de mercado ou em todos os mercados. Neste sentido, o fluxo de conhecimento seria determinado por fatores internos ao espaço geográfico.

Além disso, é acrescida a seu modelo a influência do conhecimento estrangeiro e da tecnologia gerada fora do país, que afeta diretamente o processo de geração e difusão de inovações e tecnologias. Segundo a autora, em mercados muito dinâmicos e emergentes, como o da biotecnologia, a necessidade de interação com o que é gerado externamente torna-se ainda maior, caracterizando-se como um aspecto fundamental para o incremento da capacidade tecnológica de uma nação.

Através dessa visão, Bartholomew criou dois ambientes de interação de conhecimento, um gerado entre as instituições de pesquisa e outro gerado a partir da indústria. Estes ambientes entrariam em contato, formando o fluxo de conhecimento da nação, que definiria a forma pelo qual o sistema de inovação trabalharia.

O estoque do conhecimento gerado pelas instituições de pesquisa seria influenciado diretamente pelo conhecimento estrangeiro que seria analisado através dos relacionamentos de pesquisa das instituições nacionais com as instituições estrangeiras. A esse conhecimento estrangeiro seriam acrescidos a tradição da nação em pesquisa científica e os recursos financeiros que são gerados para a promoção da pesquisa básica.

O estoque de conhecimento da indústria seria influenciado diretamente pela tecnologia já existente e disponível internacionalmente e avaliado pelo processo gerado nacionalmente de aquisição e utilização de tecnologias importadas. A esse aspecto seria adicionada a análise do acúmulo de tecnologias nos setores que sustentariam esse mercado; a análise do processo de colaboração industrial para pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos; e a colaboração das empresas com os institutos de pesquisa.

Esses dois estoques de conhecimento se encontrariam através da atuação das forças de mercado e seriam orientados pelas políticas governamentais de difusão do conhecimento. Neste sentido, para análise do fluxo do conhecimento, seriam avaliadas as orientações das instituições de pesquisa científica, tendo elas maior ou menor caráter industrial e comercial; a mobilidade da força de trabalho entre os setores científico e industrial; a capacidade de atuação do mercado de *venture capital*; e os programas governamentais para promoção e difusão de tecnologias.

Através disso, Bartholomew caracterizou todos os 11 aspectos levantados nesses quatro países e estabeleceu as diferenças fundamentais entre os sistemas que permitiram maior ou menor sucesso às nações analisadas.

Roos, Fernström e Gupta (2005) criaram um modelo muito similar para análise de SNI, tendo como foco principal a nanotecnologia. Na verdade, o modelo foi criado para comparação entre os sistemas nacionais australiano, finlandês e sueco, para promoção de políticas de inovação mais eficazes na Austrália. Os países foram escolhidos com base em suas características econômicas similares e no seu alto nível de competitividade.

Segundo o modelo proposto pelos autores, um SNI é constituído por 12 grupos principais de instituições que interagem entre si e constroem a dinâmica que molda o sistema como um todo.

A população e sua cultura seriam os grandes influenciadores das demais instituições e, dessa forma, teriam um impacto direto nos benefícios e subsistemas de suporte criados pelos governos, como os subsistemas de saúde, políticas ambientais, artes, entre outros. Esses subsistemas interagiriam com as instituições criadas unicamente para produção científica e as instituições de capacitação e educação da população. Estes dois grupos seriam os grandes promotores do processo de inovação tecnológica, juntamente com os *clusters* industriais que sustentariam os mercados.

As instituições de pesquisa, as instituições de educação e capacitação e as firmas interagiriam através de mecanismos criados pelo mercado ou pelo governo, para difusão de tecnologias como incubadoras, programas de difusão do conhecimento, pesquisa cooperativa, entre outras ligações tecnológicas possíveis entre os grupos. Esta interação teria como resultado produtos e processos que atenderiam às necessidades dos consumidores dentro do ambiente geográfico nacional e internacional, ou seja, a inovação seria gerada nacionalmente para atender à demanda existente em qualquer lugar do mundo.

Tendo em vista o ambiente criado, o sistema seria completado por mais cinco grupos institucionais: a capacidade nacional de proteção à propriedade intelectual; o sistema financeiro e sua capacidade de minimização de riscos no processo inovativo; os incentivos fiscais para as empresas que investem na produção de inovações e tecnologias; os programas governamentais para promoção e difusão do conhecimento, como fundos direcionados, regulamentações, leis de incentivo, fundos para bolsas de capacitação científica, dentre outros; e os relacionamentos estabelecidos com outros países em ciência e tecnologia, bem como relações comerciais e abertura econômica do mercado a ser analisado.

Tendo em vista estes 12 grupos institucionais foram definidas as linhas de atuação dos países e as comparações entre as estruturas e as políticas promovidas, para averiguação dos pontos deficientes na estrutura australiana e o estabelecimento de propostas de atuação.

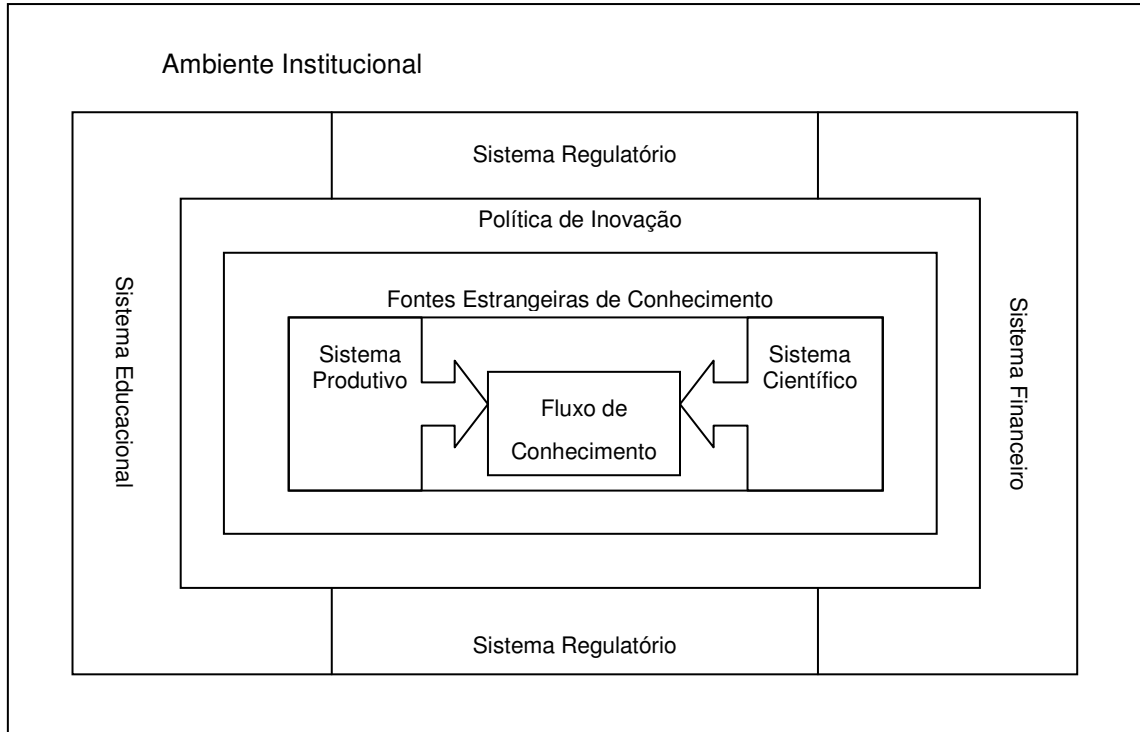


## 6. Método de Análise Proposto

Como pudemos verificar no capítulo anterior, existem diversas formas de se analisar os SNI dentro de alguns contextos e características determinados. Em grande parte, essas análises dão maior relevância aos fluxos de conhecimento entre os mais diversos atores do sistema, já que estes constituem a essência do que é o sistema de inovação: um fluxo contínuo de informações, conhecimentos e recursos que gera novas tecnologias e, por consequência, inovações.

Para este trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta de análise com base nos trabalhos apresentados, principalmente de Liu e White (2001) e Bartholomew (1997). Abaixo, segue o esquema gráfico que configura a análise que se pretende realizar do SBI em nanotecnologia.

**Figura 6.1: Ferramenta de Análise**



A proposta dessa ferramenta é analisar os fluxos de conhecimento dentro do SNI, através das interações entre os diferentes sistemas que o compõem. Neste sentido, utilizou-se a análise do fluxo de desenvolvimento tecnológico-inovativo, sugerida por Liu e White (2001), e a visão proposta por Bartholomew (1997), de transposição do conhecimento entre os meios científicos e produtivos, através da interação dos agentes com o meio que os cerca.

A ferramenta foi estruturada em cinco camadas de interação, de forma que as camadas mais externas tenham sempre um nível de influência mais abrangente do que as camadas internas. Na primeira camada, é representado o ambiente institucional que representa todos os aspectos intangíveis e imensuráveis – sociais, culturais e ambientais – que interferem diretamente no comportamento dos atores dentro do sistema de inovação.

Após esta camada, localizam-se os aspectos estruturais que interferem diretamente na definição de políticas e nos fluxos de conhecimento do sistema. Estes aspectos são externos à política de inovação, pois interferem diretamente na sua definição. A análise estrutural estará focada em três sistemas distintos: o sistema educacional, o sistema regulatório e o sistema financeiro.

A terceira camada de análise tem por objetivo avaliar as políticas de inovação adotadas e a maneira como elas auxiliam no atendimento das necessidades dos atores dentro do sistema. Estas políticas devem ter como objetivo sanar as falhas encontradas dentro dos sistemas e minimizar os impactos causados por possíveis falhas estruturais e de mercado que influenciam diretamente no funcionamento do sistema.

A quarta camada refere-se às relações estabelecidas entre os sistemas produtivo e científico com as fontes de conhecimento no exterior. Esta camada foi posicionada dessa forma para dar o entendimento de que o relacionamento com instituições e tecnologias estrangeiras está diretamente relacionado ao ambiente desenvolvido pelos fatores analisados anteriormente.

Na camada central, estão os sistemas produtivo e científico, bem como o fluxo de conhecimento que é estabelecido entre eles. Esta construção foi desenvolvida para dar a idéia exata de que o desenvolvimento dos sistemas acontece no processo de geração de conhecimento científico e sua transposição para o ambiente tecnológico-industrial. Dessa forma, a interação entre os atores deve permitir ao sistema de inovação ser produtivo e eficiente em termos nacionais, através da geração de inovações.

A seguir, apresenta-se o embasamento teórico dos tópicos a serem analisados em cada um dos aspectos definidos na ferramenta de análise.

## **6.1. Sistema Educacional**

O sistema de educação e treinamento é formado, geralmente, por instituições de ensino de primeiro, segundo e terceiros graus; institutos politécnicos, escolas tecnológicas e profissionais, centros de formação, entre outros tipos de instituição (Marques e Abrunhosa, 2005). Sua função primordial é formar e treinar pessoas em habilidades cruciais ao desenvolvimento, absorção e uso de tecnologias, logo, devem se adaptar às necessidades de aprendizagem dos discentes, no intuito de melhor desempenhar suas atividades (Lundvall, 2001).

Neste sentido, as políticas de educação devem ser sempre flexíveis e ter uma perspectiva de longo prazo. Devem estar sempre atentas para absorver as novas necessidades econômicas das nações e se adaptar aos novos ambientes competitivos (Lundvall, 2007).

Segundo Lundvall (2007), o comportamento das firmas com relação a aspectos de inovação, tecnologia e difusão do conhecimento está diretamente ligado ao nível de desenvolvimento do sistema educacional. Mowery e Sampat (2006) complementam tal visão,

sugerindo que os SNI com alto nível de desenvolvimento do sistema educacional possuem um ativo valioso, pois o processo de disseminação do conhecimento torna-se mais acelerado.

Segundo OCDE (1997, 1999), os investimentos no desenvolvimento de um sistema de educação e treinamento industrial eficientes são essenciais para a manutenção de altos níveis de crescimento econômico, logo, interferem diretamente no desempenho dos atores do SNI.

Porter (1990) sugere que nações com um grande número de pessoas altamente especializadas em determinadas habilidades, através de investimentos pesados realizados pelo estado, podem transferir, em grande parte, o seu nível de desenvolvimento e conhecimento para as instituições em que atuam, logo, podem reforçar o comportamento competitivo dessas instituições e gerar benefícios para toda sociedade e economia de um país.

O desenvolvimento de capital humano via um forte sistema de educação e treinamento é essencial para a manutenção da competitividade internacional entre as nações (Feinson, 2002), assim, é um consenso entre os diversos autores que altos níveis de investimento em educação nos mais diferentes níveis têm impacto direto no desempenho dos SNI.

Segundo OCDE (1999), as políticas educacionais devem reforçar, atualmente, os aspectos de interdisciplinaridade e o processo contínuo de aprendizagem. Devem estimular a absorção de novas habilidades ligadas ao trabalho em equipe, a manutenção de relações interpessoais mais consistentes, a eficiência na comunicação e uma forte ênfase na capacidade de se adaptar a mudanças no ambiente competitivo.

Lundvall (2007) propõe que a ação das universidades de capacitar pessoal deva ser ampliada. Deve-se buscar maiores articulações entre instituições e campos do conhecimento, com o objetivo de preparar mais adequadamente os profissionais para as atividades que irão exercer no sistema produtivo. Propõe, ainda, uma revisão pedagógica do sistema educacional,

tornando-o mais focado na interdisciplinaridade, na solução de problemas e na ênfase de aspectos relacionados à comunicação.

## **6.2. Sistema Regulatório**

Segundo Liu e White (2001), é fundamental para o governo o estabelecimento de mecanismos de manutenção e ajustamento das instituições com o sistema legal, sistema de patentes e o sistema fiscal.

Viale et al. (1998) sugerem que todos os atores devem agir sobre um sistema normativo que suporte a sua ação, para que o sistema não fuja do controle. Cabe ao governo manter e estabelecer as regras que limitem ou expandam as ações dos agentes envolvidos no sistema.

Segundo Freeman (1995), o sistema de leis e normas de um país traz em si os traços da história cultural e política da sociedade em que está estabelecido e configura-se como aspecto fundamental para o desenho e evolução do sistema de inovação. Um forte sistema de proteção à propriedade intelectual é essencial para o desenvolvimento de um sistema de inovação, principalmente porque é através das leis de propriedade que as firmas obtêm ganhos efetivos com o processo inovador (Roos et al., 2005).

Leis fiscais adequadas são de suma importância para o ambiente de inovação. Facilitar o processo de importação de tecnologia não existente no país, bem como não cobrar impostos abusivos para empresas em processo de surgimento são aspectos fundamentais para que se estabeleça um ambiente inovador adequado (Lundvall, 2007).

Segundo Roos et al (2005), o governo deve ser pró-ativo na criação de leis fiscais que facilitem o processo de inovação e, conseqüentemente, a produção de novas tecnologias.

Leis trabalhistas flexíveis são primordiais para o desenvolvimento de um sistema de inovação, pois permitem que haja maior mobilidade da força de trabalho e, assim, um processo constante de troca e difusão de conhecimento entre os diversos sistemas existentes (OCDE, 1999).

### **6.3. Sistema Financeiro**

A existência de um sistema financeiro forte e desenvolvido configura-se como uma necessidade inata de ambientes em que se busca desenvolver a inovação.

Investimentos em ciência, tecnologia e inovação têm, em sua maioria, um caráter de longo prazo. Logo, mecanismos eficientes de financiamento a este tipo de atividade devem ser bem estruturados, para que o país possa evoluir continuamente.

Segundo Tironi (2005), há diversos mecanismos de financiamento a atividades de inovação, bem como uma grande diversidade de instituições com a função de prestar este tipo de serviço, desde bancos comerciais e de desenvolvimento a agências de fomento. As empresas de *private equity* e os *business angels* teriam papel fundamental como investidores, bem como as bolsas de valores, seja em caráter local, regional ou nacional.

Um sistema financeiro forte permite a perpetuidade das ações de inovação em um processo contínuo de renovação do ambiente inovador, com o surgimento de novas empresas, novas oportunidades e, por consequência, novas tecnologias e soluções.

Um sistema financeiro eficiente deve estar ligado diretamente à promoção de novos negócios e à reestruturação constante do ambiente produtivo. Neste sentido, deve-se buscar mecanismos que sejam alternativos à ação governamental, ou seja, formas de envolver a iniciativa privada, como o *venture capital* e os *business angels*, nesse processo (OCDE, 1999).

Segundo Bartholomew (1997), a existência de mecanismos de *venture capital* é um importante ativo relacionado à difusão de tecnologias dos institutos de pesquisa para a indústria, pois não só permite o desenvolvimento de uma nova organização como estrutura e solidifica as relações entre a organização industrial e o meio científico.

## **6.4. Política de Inovação**

A inovação tecnológica só pode ser analisada através do conhecimento adequado da infra-estrutura tecnológica dentro de um contexto nacional, logo, o bom entendimento do SNI passa pela compreensão das políticas de inovação e tecnologia (OCDE, 1997).

Segundo Marques e Abrunhosa (2005), a política de inovação tem por objetivos:

“(...) criar e promover a sustentabilidade das organizações no domínio do ensino, da formação, da pesquisa e desenvolvimento, transferência de conhecimento e apoio tecnológico, a fim de minimizar as falhas sistêmicas existentes nesses domínios; auxiliar a criação de empresas inovadoras, seja em setores de domínio específico e com critérios seletivos (tecnologia, organização, comercialização/internacionalização, etc.), seja com base em critérios de inovação indiferenciados, de modo a suprimir as falhas ou as ineficiências do tecido empresarial, mantendo (ou reforçando) a ancoragem do sistema de inovação nos agentes privados e nos mecanismos de mercado.” (pag.32)

Neste sentido, pode-se considerar que a política de inovação congrega todos os aspectos de ação governamental e tem por finalidade garantir o bom funcionamento do SNI. Na maioria dos casos, essa função cabe ao estado ou a uma organização (ministérios, secretarias, agências, etc.) subordinada ao governo da federação e tem impacto fundamental no estabelecimento, eficiência e desenvolvimento do sistema de inovação.

Segundo List (1841, apud Freeman, 1995), a coordenação do estado, através de políticas industriais e tecnológicas é o coração do SNI e o que promove as condições adequadas para o seu desenvolvimento. As políticas de inovação têm o papel direcionador, entendendo as necessidades do mercado e estabelecendo as linhas gerais que devem ser seguidas pela indústria (Lodge, 1990, apud Bartholomew, 1997).

Liu e White (2001) sugerem que um aspecto importante de análise é a centralização das ações governamentais que podem dar maior ou menor capilaridade aos programas traçados pelo governo. Este aspecto contrasta-se com a visão de integração e divisão de responsabilidades. A subdivisão das responsabilidades entre os diversos níveis governamentais e as ações conjuntas dos diferentes ministérios tendem a produzir um efeito mais positivo do que o das medidas massificadas e centralizadas (Roos et al, 2005).

Contudo, deve-se salientar que a falta de articulação entre as diferentes instâncias governamentais tende a enfraquecer a eficiência das ações da política de inovação. A divisão de responsabilidades não deve implicar em falta de coesão, mas sim em um processo de complementação de esforços para o bom funcionamento do sistema.

Lundvall (2007) sugere que é de domínio da política de inovação a criação de instituições que promovam a adequada articulação entre os atores que compõem o sistema nacional, bem como o estímulo ao processo de formação de redes regionais de inovação e o diálogo entre as diversas instituições que representam o ambiente sócio-cultural que envolve e influencia a atuação do sistema de inovação.

Lundvall (2001), em outro trabalho, sugere que a política de inovação deve estar centrada na formação de uma economia do aprendizado e na criação de novos mercados e sistemas tecnológicos, focados no surgimento de meios de promover a sustentabilidade social e ambiental.



Segundo Mota (1999), cabe ao estado criar as condições necessárias para que as interações entre os atores ocorram de forma a colaborar para um maior nível de capacitação tecnológica do sistema produtivo. Para isso, faz-se necessário a criação de agentes de interface que entendam a linguagem e os anseios dos atores do sistema e que possam promover o casamento adequado das necessidades.

Markovitch (1983) salienta que os membros do processo de inovação devem buscar sinergias que lhes permitam a interação e a busca de interesses comuns. Esse processo de interação é desafiador e surge como complementação ao desenvolvimento de cada um dos membros e, em consequência disso, da ciência, da tecnologia e da economia como um todo.

Segundo OCDE (1999), a política de inovação tecnológica deve contemplar todos os aspectos ligados à diminuição das incertezas do mercado e promover um bom nível de desenvolvimento do SNI, como: capacitação dos agentes de interface do sistema; preparação e capacitação de pessoal para desenvolvimento de ciência, tecnologia e ação industrial; promoção de leis que facilitem as transações financeiras e comerciais nacional e internacionalmente; e mecanismo para melhoria do ambiente e desenvolvimento de micro e pequenos empreendimentos. O objetivo principal da política de inovação deve ser a promoção dos mecanismos necessários para que o fluxo de conhecimento seja realizado da forma adequada entre os agentes que compõem o sistema.

## **6.5. Sistema Científico**

Segundo Marques e Abrunhosa (2005):

“(...) a história e a cultura de um país determinam a performance econômica, social e política e, portanto, influenciam o percurso dos processos de inovação (path dependence). O conhecimento e

aprendizagem desenvolvem-se cumulativamente, o que implica que os países e as empresas tenham ‘trajetórias tecnológicas’ específicas (Sharp e Pavitt, 1993). Este caráter cumulativo implica que a própria capacidade de aprendizagem vai depender daquilo que já se aprendeu no passado. Assim, esta ‘herança’ de competências e conhecimentos acaba por limitar o caminho que as empresas e economias seguem.” (pág.21)

Segundo Albuquerque (2001):

“... a ciência não é uma simples consequência do desenvolvimento tecnológico e industrial inicial. Não é uma ‘consequência natural’ deste processo. Pelo contrário, certo nível de capacitação científica é pré-condição para este desenvolvimento. E como este desenvolvimento sugere, é um processo dinâmico de mudanças e evoluções que inter-relaciona a tecnologia e a ciência continuamente.” (pág.548)

Neste sentido, pode-se considerar que as tradições e as capacitações das instituições de pesquisa e desenvolvimento de um país têm fundamental importância no processo de inovação, pois são a base para qualquer tipo de processo tecnológico que venha ser realizado. Dentro desse espectro de análise, encontram-se as universidades e os institutos de pesquisa.

Segundo Mowery e Sampat (2006), a importância das instituições de pesquisa em termos econômicos é enorme, pois seus resultados são fonte para todo o processo de desenvolvimento tecnológico. Elas incluem: informações científicas e tecnológicas, o que pode ampliar a eficiência dos departamentos de pesquisa e desenvolvimento de empresas; equipamentos e instrumentação; desenvolvimento de capital humano na aplicação de tecnologias; relacionamento entre capacitações tecnológicas e científicas; além da possibilidade de produção de protótipos para novos produtos e processos industriais.

Para OCDE (1997), a qualidade das instituições de pesquisa são um ativo fundamental para os SNI, pois não produzem somente conteúdos genéricos e pesquisa básica para indústria, mas novos métodos, instrumentos de análise e habilidades valiosas.

Visto isto, é fundamental que os investimentos em pesquisa básica e aplicada sejam realizados em abundância, mas direcionados às tecnologias de interesse das indústrias nacionais, para que haja um bom aproveitamento do conhecimento gerado por todo o sistema (Bartholomew, 1997).

Segundo Locke (1985, apud Bartholomew, 1997), uma forte tradição em educação científica possibilita ao país ter uma base de instituições de pesquisa bem desenvolvida, o que sinaliza para a população que a pesquisa científica é uma possibilidade de desenvolvimento profissional apelativa.

Países em que a carreira científica é socialmente e financeiramente compensadora tendem a produzir um maior número de cientistas per capita e, conseqüentemente, a ter um maior número de pesquisas e produtos no *pipeline* de desenvolvimento (Santos, 2002). Os melhores indicadores para averiguar a produtividade do sistema científico de um país são: o nível de crescimento do número de publicações e de patenteamento de descoberta no campo da ciência analisado (Arundel, 2003).

Os investimentos devem ter um caráter de longo prazo e devem explorar os diferentes aspectos relacionados à ciência. A interrupção de recursos pode trazer prejuízos inestimáveis. Deve-se dar liberdade às instituições, mas forçar o link de seus estudos com as necessidades nacionais e os aspectos de competitividade da economia (OCDE, 1999).

Uma base diversificada de investimentos em pesquisa permite maiores vantagens junto ao mercado, já que possibilita a construção de sinergias entre as pesquisas e a produção de

novos campos do conhecimento e, por conseqüência, o vislumbre de novas oportunidades (Roos et al., 2005).

Segundo Roos et al (2005), o governo deve investir na capacitação de mestres e doutores, através de fundos de desenvolvimento científico, de forma a gerar melhorias na formação do capital humano intelectual de pesquisa.

Quanto maior for o grau de orientação para o mercado das instituições de pesquisa maiores são as chances de o conhecimento científico desenvolvido ser aplicado na indústria, pois a instituição terá uma noção adequada de quais são as necessidades do mercado e focará seus esforços na produção de conhecimento que solucione os problemas verificados no ambiente produtivo. Além de facilitar o processo de transferência de conhecimento entre os ambientes científicos e tecnológicos (Ergas, 1987).

## **6.6. Sistema Produtivo**

Segundo Lundvall (2007), e corroborado por quase todos os autores que estudam SNI, as firmas são os atores principais dos SNI, sendo os verdadeiros responsáveis por levar ao mercado o resultado final do processo de interação e fluxos de conhecimento que acontece dentro do SNI.

Segundo OCDE (1997), o fluxo de conhecimento entre as empresas é o mais significativo e informal, dentro do SNI. Contudo, em muitos países e setores econômicos específicos, este processo evoluiu de forma muito rápida, causando certas dificuldades de acompanhamento por parte dos pesquisadores.

Lundvall (2001) sugere que as firmas inovam, em sua maioria, em um processo de colaboração. Esse fato acontece porque, atualmente, não há empresa que consiga reunir todos os elementos necessários para o desenvolvimento de um novo produto ou de um novo serviço.

A complementaridade de competências deixa de se tornar uma escolha para se estabelecer como uma necessidade por parte das organizações.

Além do fator capacitação, a redução de custos, a divisão de riscos de insucesso, as economias de escala e a descoberta de novos usos para tecnologias e oportunidades de negócio são outros motivadores do processo de cooperação entre as firmas (OCDE, 1997).

Estes elos formados entre firmas vêm evoluindo em vários aspectos. As empresas passaram a cooperar dentro de toda a cadeia de valor da organização, estabelecendo interações com consumidores, fornecedores, fornecedores dos fornecedores, etc. Cria-se uma cadeia de valor de inovação e de informação que possibilita o desenvolvimento de todo o SNI (OCDE, 1997, 1999).

A formação de *clusters* regionalizados de empresas vem se caracterizando como uma tendência. Entretanto, é um processo complexo, de longo prazo e com diferentes características que não abordaremos neste trabalho.

Nos países com SNI mais desenvolvidos, a maioria dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, bem como o maior número de pedidos de patentes, são realizados por empresas, sendo um fator de análise relevante no entendimento da evolução das economias nacionais e, por consequência, dos SNI (Roos et al, 2005).

Como colocado na avaliação do sistema científico, o desenvolvimento de tecnologia não parte essencialmente do nada. Há sempre um conhecimento prévio que é utilizado para construir novos pilares científicos e tecnológicos. Além disso, como apresenta Cantwell (1989 apud Bartholomew, 1997), estudos empíricos demonstram que os países tendem a focar o desenvolvimento de novas tecnologias em áreas correlatas àquelas em que já obtiveram sucesso no passado.

Neste sentido, o conhecimento acumulado pelos setores econômicos que constituem a indústria analisada tem um peso importante, pois é um insumo valioso para a exploração de novas oportunidades. São provedores de informações sobre gargalos sistemáticos, impossibilidades técnicas e dificuldades operacionais que podem possibilitar uma visão mais adequada e um olhar mais apurado para certos aspectos do desenvolvimento da nova tecnologia. No caso da nanotecnologia, não falamos de um setor específico, mas de vários setores que por se inter-relacionarem dão subsídios mais ricos para o processo de inovação.

## **6.7. Fluxo de Conhecimento entre o Sistema Científico e o Sistema Produtivo**

O processo de cooperação entre o setor produtivo e as instituições de pesquisa é, provavelmente, o mais significativo e problemático fluxo de conhecimento dentro do SNI.

O estabelecimento de fluxos eficientes de colaboração entre as partes exige um processo de conhecimento muito grande sobre as necessidades e objetivos da outra parte e uma pré-disposição à mudança, mesmo antes do estabelecimento do contato (Motta, 1999).

Os benefícios da relação entre empresas, universidades e institutos de pesquisa é claro. Para a universidade, é uma oportunidade de estabelecer contato direto com o mercado, revisar métodos, melhorar o foco de ensino e pesquisa, dinamizar sua atuação e formar pessoas mais capacitadas e motivadas. (Mota, 1999; Roos et al, 2005).

Para o setor produtivo, constitui um meio de economizar recursos de pesquisas e desenvolvimento, mantendo-se sempre na vanguarda do conhecimento. Constitui uma forma de constante atualização e de poder estabelecer um contato mais próximo com pessoas de alta

capacitação técnica e científica, além de proporcionar uma melhora na imagem institucional da organização (Motta, 1999; Roos et al., 2005).

Para o SNI, há inúmeros ganhos. Primeiramente, uma aproximação entre empresas e instituições de pesquisa proporciona uma difusão mais rápida do conhecimento, logo, fica mais fácil transformar um conhecimento desenvolvido cientificamente em um produto ou processo tecnológico. Em segundo lugar, há uma melhoria no “fluxo de mentes” dentro do SNI, com pesquisadores trabalhando no meio empresarial, levando conhecimento e mecanismos de administração mais eficientes para dentro dos institutos, pelo contato dos pesquisadores com a realidade mais dinâmica e exigente das empresas (Roos et al., 2005; OCDE, 1997).

Segundo estudo do NUTEK<sup>18</sup>, da Suécia, empresas que estabelecem relações mais próximas com institutos de pesquisa e universidades produzem um quantidade muito superior de conhecimento e lançam mais novos produtos, ou seja, tem uma maior probabilidade de se manterem na vanguarda da inovação e da tecnologia (OCDE, 1999).

As relações entre as partes podem ser efetivadas de diferentes formas: contratos de cooperação, consultoria por parte de professores, formação de incubadoras de empresas, redes de colaboração, etc. (Mowery e Sampat, 2006). O mais importante é a visualização, entre as partes, da efetividade e dos benefícios do processo.

Os maiores problemas existentes na relação são: a falta de flexibilidade das universidades com relação às exigências do setor privado, principalmente com relação ao tempo (Lundvall, 2007 e Motta, 1999); a falta de flexibilidade do setor privado em entender as necessidades de uma maior liberdade para desenvolvimento de pesquisas por parte das instituições de pesquisa (Motta, 1999); e a legislação trabalhista, que muitas vezes impede que o fluxo de pessoal entre os dois sistemas seja o ideal (Lundvall, 2007).

---

<sup>18</sup> Agência de fomento e criação de novos empreendimentos tecnológicos da Suécia.

## **6.8. Relacionamento com as Fontes de Conhecimento Estrangeiras**

Como coloca Freeman (1995), List (1841) foi o primeiro a salientar a importância das relações com o mundo exterior para a manutenção de altos níveis de desenvolvimento tecnológico. É preciso estabelecer contato com outros sistemas de inovação para que possamos adquirir as tecnologias em que não se é competitivo e promover uma elevação do nível de desenvolvimento tecnológico do país. Tanto no âmbito regional quanto no âmbito nacional, redes de relacionamento com o mundo exterior são essenciais para se manter na vanguarda do conhecimento (Lundvall, 2001).

A internacionalização dos fluxos de conhecimento traz inúmeros benefícios, como: a aquisição de bens de capital e produtos intermediários de alta tecnologia; aplicação de patentes ainda não estabelecidas no país por empresas; alianças entre empresas, permitindo a entrada em novos mercados; promoção de investimento externo direto nas instituições; processos de co-patentamento de descobertas (OCDE, 1997); complemento dos recursos e capacitações existentes no país (Porter, 1990); e acesso ao estoque de conhecimento que já foi produzido fora do país (Shan e Hamilton, 1991).

Essas relações podem ser efetivadas entre as empresas, por institutos de pesquisa ou até mesmo entre as nações. As parcerias entre empresas são mais comuns principalmente na forma de venda de produtos, utilização de rede de distribuição, etc.. A parceria entre institutos de pesquisa também é um mecanismo eficiente, pois permite a colaboração e o diálogo direto entre cientistas, que trocarão experiências e conhecimentos que poderão ser utilizados para melhoria de diversos aspectos das pesquisas realizadas.

A cooperação entre países é um processo mais lento e burocrático, pois há uma série de peculiaridades para serem firmadas, mas vem sendo facilitada pelos diversos tratados de



cooperação internacional e formação dos blocos transnacionais, muitos deles com centro de estudos próprio para compartilhamento de informações, como é o caso da União Européia, em diversos setores econômicos e científicos.

Desta forma, podemos organizar da seguinte maneira os principais fatores que auxiliam no bom desenvolvimento de um SNI:

**Tabela 6.1: Revisão bibliográfica dos aspectos analisados nos SNI.**

|                     |   |   |
|---------------------|---|---|
| Sistema Educacional | Investimento no Ensino Primário e Secundário.                             | OCDE (1997, 1999), Feinson (2002), Marques e Abrunhosa (2005).                                    |
|                     | Instituições de Treinamento Industrial.                                   | OCDE (1997, 1999), Porter (1990), Feinson (2002), Marques e Abrunhosa (2005), Liu e White (2001). |
|                     | Capacitação para se trabalhar com inovação tecnológica.                   | Porter (1990), OCDE (1999).   |
|                     | Infra-estrutura de Ensino Superior.                                       | OCDE (1997, 1999).  |
|                     | Investimento no Ensino Superior.  | OCDE (1997, 1999).  |
|                     | Currículos universitários adaptados às necessidades do mercado.           | Lundvall (2001), OCDE (1999).   |
|                     | Currículos universitários voltados para uma visão prática das profissões. | Lundvall (2007), OCDE (1999).   |

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
|                     | Políticas Governamentais de Longo Prazo.                   | Lundvall (2007).  |
| Sistema Regulatório | Sistema legal eficiente.                                   | Liu e White (2001).                                     |
|                     | Sistema de patentes.                                       | Liu e White (2001).                                     |
|                     | Leis trabalhistas flexíveis.                               | OCDE (1999).  |
|                     | Preservação da propriedade intelectual.                    | Roos et al (2005).                                      |
|                     | Sistema tributário que beneficie investimentos.            | Lundvall (2007), Liu e White (2001).                    |
|                     | Sistema tributário que beneficie inovações.                | Lundvall (2007), Liu e White (2001), Roos et al (2005). |
|                     | Leis que beneficiem a formação de novas empresas.          | Lundvall (2007).  |
| Sistema Financeiro  | Agências de Financiamento à Inovação Tecnológica.          | Tironi (2005).  |
|                     | Recursos de agências de apoio à inovação.                  | Tironi (2005).  |
|                     | Fundos de <i>venture capital</i> para empresas inovadoras. | Tironi (2005), OCDE (1999), Bartholomew (1997).         |
|                     | Sistema financeiro investidor.                             | Tironi (2005), OCDE (1999).                             |
|                     | <i>Business Angels</i> .                                   | Tironi (2005), OCDE (1999).                             |
|                     | Bancos de fomento à inovação.                              | Tironi (2005), Roos et al (2005)                        |

|                                     |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| Políticas de Inovação               | Agências de Articulação entre o Sistema Científico e Empresarial.                   | Marques e Abrunhosa (2005), Lundvall (2007), Motta 1999), Markovitch (1983), OCDE (1999).                  |
|                                     | Articulação entre as instâncias governamentais voltadas para políticas industriais. | Marques e Abrunhosa (2005), List (1841), Liu e White (2001), Roos et al (2005), OCDE (1999), Lodge (1990). |
|                                     | Articulação entre as instâncias governamentais para investimentos em inovação.      | Marques e Abrunhosa (2005), List (1841), Liu e White (2001), Roos et al (2005).                            |
|                                     | Programas de formação de empresas de base tecnológica.                              | Marques e Abrunhosa (2005), List (1841), OCDE (1999).  |
|                                     | Políticas Seletivas de Investimento em Tecnologia.                                  | OCDE (1999), Liu e White (2001), Lundvall (2007).  |
|                                     | Sistema Científico  | Investimentos em pesquisa básica.  |
| Investimentos em pesquisa aplicada. |   | Mowery e Sampat (2006), Bartholomew (1997), OCDE   |

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
|                   |   | (1999), Roos et al (2005).  |
|                   | Pesquisas com foco em soluções industriais.             | Mowery e Sampat (2006), OCDE (1999), Ergas (1987).                          |
|                   | Capacitação técnica de mestres e doutores.              | Roos et al (2005).  |
|                   | Equipamentos adequados à atividade.                     | Mowery e Sampat (2006), Bartholomew (1997), OCDE (1999), Roos et al (2005). |
|                   | Tradição Científica.                                    | Marques e Abrunhosa (2005), Albuquerque (2001), Locke (1985).               |
|                   | Parcerias entre universidades e institutos de pesquisa. | OCDE (1999).  |
|                   | Publicações.  | Arundel (2003).   |
|                   | Patentes.   | Arundel (2003).   |
| Sistema Produtivo | Setores Industriais Inovadores.                         | Cantwell (1989).  |
|                   | Patentes.   | Arundel (2003).   |
|                   | Parcerias com fornecedores.                             | OCDE (1997, 1999), Lundvall (2007), Liu e White (2001).                     |
|                   | Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento.             | Roos et al. (2005), Liu e White (2001).                                     |

|                       |   |  |
|-----------------------|---|--|
|                       | Parcerias com concorrentes.   | OCDE (1997, 1999),<br>Lundvall (2007), Liu e White (2001).                   |
|                       | Capacitação Tecnológica em Nanotecnologia.  | Cantwell (1989).   |
|                       | Potencial para Desenvolvimento da Nanotecnologia.   | Cantwell (1989).   |
| Fluxo de Conhecimento | Parcerias entre empresas e universidades/centros de pesquisa.                                 | Motta (1999), Roos et al (2005), Mowery e Sampat (2006), Liu e White (2001). |
|                       | Patentes em colaboração.  | Motta (1999), OCDE (1999).   |
|                       | Investimento de empresas em universidades e centros de pesquisa.                              | Motta (1999), Roos et al (2005), Mowery e Sampat (2006).                     |
|                       | Pesquisadores que trabalhem no ambiente empresarial e acadêmico/científico.                   | Motta (1999), Roos et al (2005), OCDE (1997), Lundvall (2007).               |
|                       | Investimento direto de empresas em pesquisa aplicada.   | Motta (1999), Roos et al (2005), Mowery e Sampat (2006).                     |
|                       | Universidades/Centro de Pesquisa desenvolvem projetos diretamente para formação de parcerias. | Motta (1999), Lundvall (2007).   |

|                           |  |   |
|---------------------------|--|---|
| Relacionamento<br>Externo | Parcerias de cooperação com outros países.                         | Lundvall (2007), OCDE (1997), Shan e Hamilton (1991). |
|                           | Intercâmbio de pesquisadores.                                      | Lundvall (2007), OCDE (1997), Shan e Hamilton (1991). |
|                           | Projetos internacionais desenvolvidos no país.                     | Storper (1997), Shan e Hamilton (1991).               |
|                           | Aquisição de tecnologia estrangeira.                               | OCDE (1997).  |
|                           | Parcerias internacionais de projetos na indústria.                 | Porter (1990).  |
|                           | Conhecimento das políticas de fomento e inovação de outros países. | List (1841), Lundvall (2001).                         |

A partir desse quadro de referência foi estruturado um questionário onde será perguntado a cada um dos respondentes como eles avaliam o nível de desenvolvimento do SBI em Nanotecnologia.

No próximo capítulo é apresentada a metodologia utilizada para seleção da amostra e para coleta das informações junto aos respondentes

## 7. Metodologia de Pesquisa

Como definido na seção “1.3. Objetivo”, as perguntas centrais a serem respondidas pelo estudo são:

- Qual o atual nível de desenvolvimento do SBI em Nanotecnologia?
- Quais são os principais problemas verificados no SBI em Nanotecnologia?
- Quais são os aspectos melhor desenvolvidos com relação ao SBI que dão suporte ao desenvolvimento da nanotecnologia no país?
- Quais são as ações que podem ser empregadas para melhorar a condição atual do país no suporte à criação, produção e disseminação de conhecimento em nanotecnologia?

A partir desses objetivos, foram estabelecidos os parâmetros gerais para realização deste estudo, bem como a metodologia de pesquisa que seria utilizada. A seguir, será apresentada a metodologia utilizada.

### 7.1. Delineamento da Pesquisa

Como afirma Gil (1987), o delineamento da pesquisa refere-se ao planejamento dela em sua dimensão mais ampla, ou seja, às respostas aos problemas mais práticos de verificação.

Para tanto, o elemento mais importante é o procedimento para coleta de dados, que pode ser através de pesquisa bibliográfica ou documental ou, ainda, levantando dados fornecidos por pessoas, em pesquisa experimental (*ex-postfacto*), em levantamento (*survey*) ou em estudo de caso.

Neste estudo, devido ao seu ineditismo, buscou-se realizar o levantamento das informações, através de um método quantitativo, sendo complementado posteriormente com entrevistas individuais, de caráter qualitativo.

Freitas et al. (2000) consideram o *survey* apropriado quando:

- Deseja-se responder a questões do tipo “o quê?”, “por quê?”, “como?” e “quanto?”, ou seja, quando o foco de interesse é sobre “o que está acontecendo” ou “como e por que isso está acontecendo”;
- Não se tem interesse ou não é possível controlar as variáveis dependentes e independentes;
- O ambiente natural é a melhor situação para estudar o fenômeno de interesse; e
- O objeto de interesse ocorre no presente ou no passado recente.

Segundo Gil (1987), a característica de um levantamento é a interrogação direta a pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Neste caso, deseja-se conhecer o atual nível de desenvolvimento do SBI em nanotecnologia, sendo as pessoas e instituições que atuam dentro do SBI os principais insumos de informação.

Gil (1987) aponta como vantagens dos levantamentos:

- Conhecimento direto da realidade, por levantar dados diretamente dos envolvidos, livre de interpretações de intermediários;
- Economia e rapidez, podendo-se levantar dados em diferentes regiões do país, com custo reduzido e simultaneidade; e
- Quantificação, o que permite que se trate estatisticamente os dados colhidos.



As limitações apontadas são:

- Ênfase nos aspectos perceptivos, ou seja, sendo a percepção subjetiva, os dados colhidos dependerão das pessoas que responderem aos questionários. Tentou-se reduzir os impactos desta limitação, através da carta de apresentação da pesquisa, onde grande parte dos pontos que exigiam maior subjetividade foram endereçados;
- Pouca profundidade no estudo da estrutura e dos processos sociais; e
- Limitada apreensão do processo de mudança. Como o levantamento proporciona uma imagem estática do fenômeno estudado, não há como apontar tendências, a menos que a pesquisa seja replicada no futuro.

## **7.2. Tipo de Pesquisa**

A pesquisa em questão foi classificada quanto a seus fins e a seus meios, segundo a taxonomia proposta por Vergara (1997).

Baseando-se nesta taxonomia, esta pesquisa é exploratória quanto aos fins. É exploratória, pois apesar do crescente interesse apresentado nos estudos sobre SNI no Brasil e, também, sobre NN ainda não foram encontrados estudos que estabelecessem o entendimento do nível de desenvolvimento do SBI nesse novo mercado.

Quanto aos meios, a pesquisa é bibliográfica e de campo. Bibliográfica, pois faz uso de material publicado, que é acessível ao público em geral, com o intuito de dar base ao método e ao instrumento utilizado. É também uma pesquisa de campo, uma vez que se constitui em uma investigação empírica de dados primários, coletados tanto através de entrevistas em profundidade com o meio acadêmico e empresarial da área de interesse quanto via um questionário estruturado, disponibilizado na internet.

### **7.3. Seleção dos Entrevistados**

Este estudo não possui como universo amostral um grupo específico de instituições ou indivíduos que compartilhem características semelhantes. Sendo um primeiro estudo sobre o tema a que está relacionado, buscou-se direcionar a pesquisa para um público diversificado em porte e área de atuação, seja ela acadêmica, empresarial ou governamental.

Os entrevistados foram identificados através de pesquisa por tema, na Plataforma Lattes<sup>19</sup> do CNPq, e por pesquisa via web, nos sites do MCT e nas redes de nanotecnologia ligadas ao ministério.

### **7.4. Coleta dos Dados**

Para estabelecer o nível atual de desenvolvimento do SBI em nanotecnologia foram utilizados dois mecanismos de coleta de informações: questionários com questões objetivas, que foram enviados a pesquisadores de universidades, institutos de pesquisa e indústrias diretamente ligadas a desenvolvimentos nesse mercado, além de agências e instâncias governamentais; e pesquisa qualitativa através de entrevistas com formadores de opinião ligados à NN, nos mais diversos níveis e organizações.

O questionário com questões objetivas foi enviado por e-mail e, também, disponibilizado via web, através de site de pesquisa especializado. (Ver documento Anexo III, presente neste trabalho).

As entrevistas pessoais foram marcadas por telefone ou por e-mail e foram realizadas em caráter de sigilo, sendo disponibilizado neste trabalho somente o tipo de instituição em que o respondente trabalha.

---

<sup>19</sup> Plataforma de pesquisa que contém os currículos de todos os pesquisadores cujas pesquisas são financiadas pelo CNPq.

## 7.5. Análise dos Dados

Para avaliação do SBI em nanotecnologia, foi utilizada uma escala Likert de seis pontos, para que os respondentes sempre emitissem alguma opinião a cerca da afirmação que lhe foi feita, ou seja, mesmo que estes tenham uma opinião intermediária, devem expressar se esta é melhor classificada como positiva ou negativa.

Após o processo de coleta das respostas foram calculadas as médias das avaliações e estabelecidos escores de análise que classificaram os fatores da seguinte forma:

- Entre 1 e 2: **Nível muito baixo de desenvolvimento** – o aspecto analisado não é suportado no SNI.
- Entre 2 e 3: **Nível baixo de desenvolvimento** – o aspecto analisado é suportado minimamente no SNI.
- Entre 3 e 4: **Nível médio de desenvolvimento** – o aspecto analisado é suportado em grande parte no SNI.
- Entre 4 e 5: **Bom nível de desenvolvimento** – o aspecto analisado é totalmente suportado no SNI.
- Entre 5 e 6: **Alto nível de desenvolvimento** – o aspecto analisado está no estado-da-arte para suportar o SNI.

Após a verificação do nível de desenvolvimento de cada um dos aspectos selecionados com base na revisão bibliográfica e apresentados na Tabela 6.1: Revisão bibliográfica dos aspectos analisados nos SNI, foi determinado o nível de desenvolvimento de cada sistema, com base nas médias de seus aspectos relacionados sob a mesma classificação supracitada.

No intuito de aumentar a qualidade da análise, foi solicitado, também, aos respondentes, que fizessem um ranqueamento de quais seriam os maiores problemas do SBI, bem como de quais seriam os aspectos de maior relevância. Tal ranqueamento, agregado à avaliação realizada, possibilitou uma visão fiel do SBI que é ratificada, ao final da análise de resultados, com uma comparação da pesquisa com outros estudos já realizados no país que possuem objetos de análise similares.

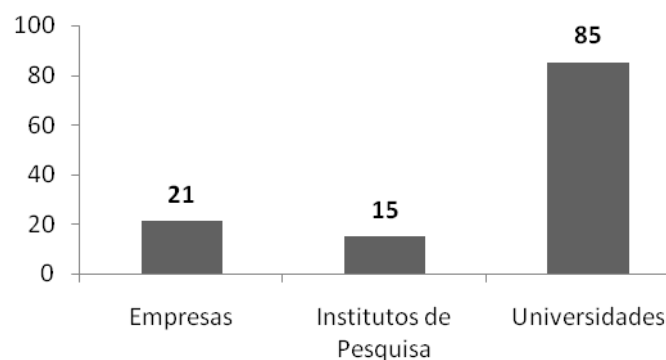
## 7.6. Caracterização da Amostra

Durante o processo de coleta de informações, foram enviados 675 questionários, formando um total de 149 respostas, sendo que somente 116 consideradas válidas, o que corresponde a 17,19% de questionários totais emitidos.

Dos 116 respondentes, a maior parte é de profissionais que atuam nas atividades de ensino e pesquisa em universidades, seguidos pelos profissionais da indústria e dos pesquisadores de institutos de pesquisa.

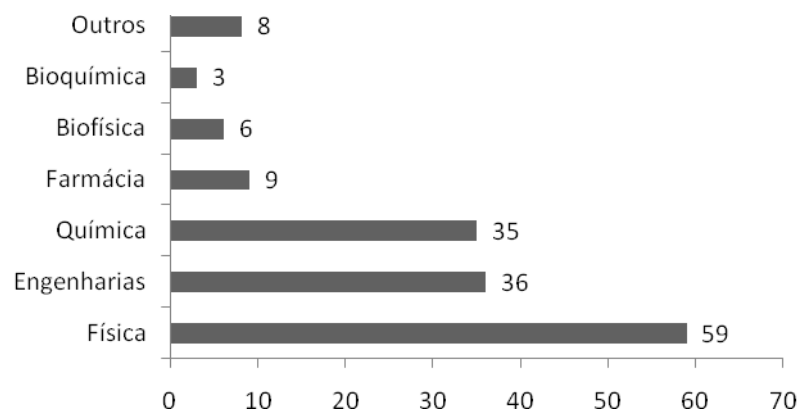
No gráfico abaixo, pode ser observada de forma mais direta esta distribuição.

**Gráfico 7.1: Distribuição dos respondentes por instituição**



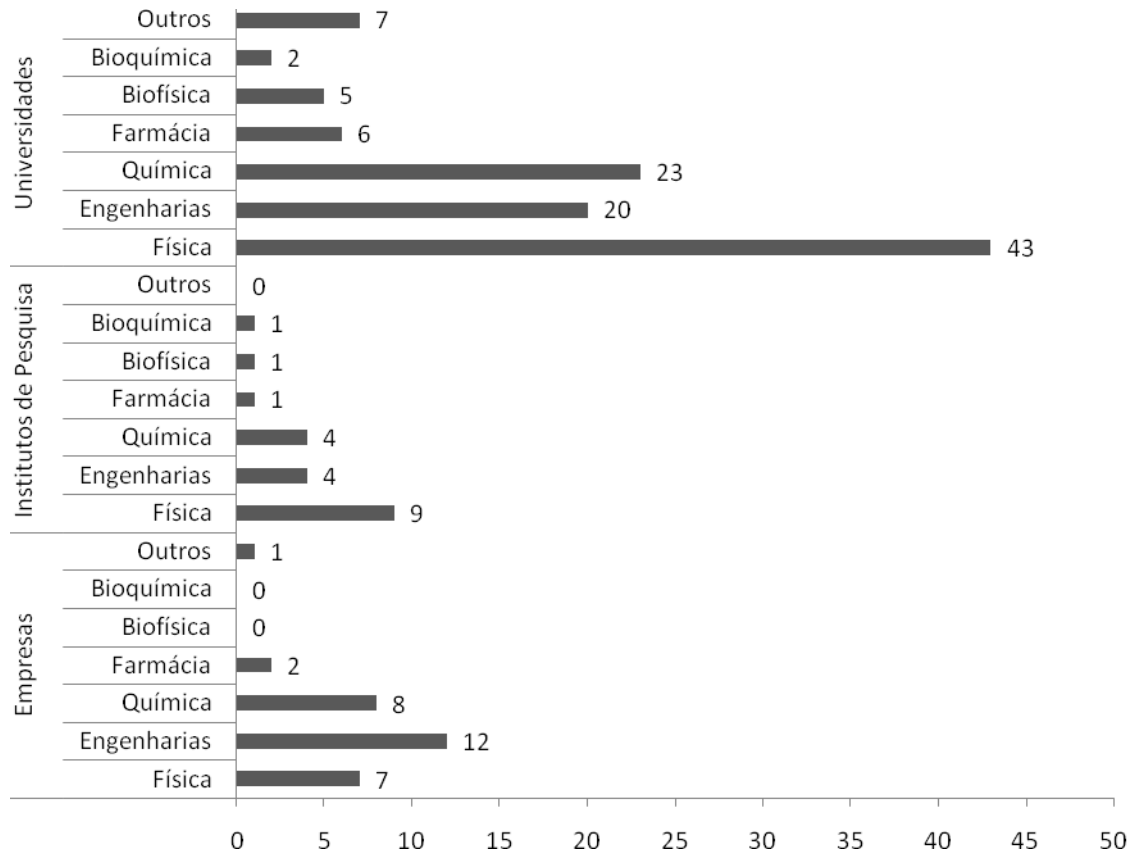
No que tange à área de formação, destacam-se as áreas de física, engenharias e química. A física foi a ciência que criou as bases para o desenvolvimento da NN, o que explica, em parte, o maior interesse pelo tema do estudo. Abaixo, segue o gráfico que corrobora esta informação.

**Gráfico 7.2: Distribuição dos respondentes por área de atuação/formação**



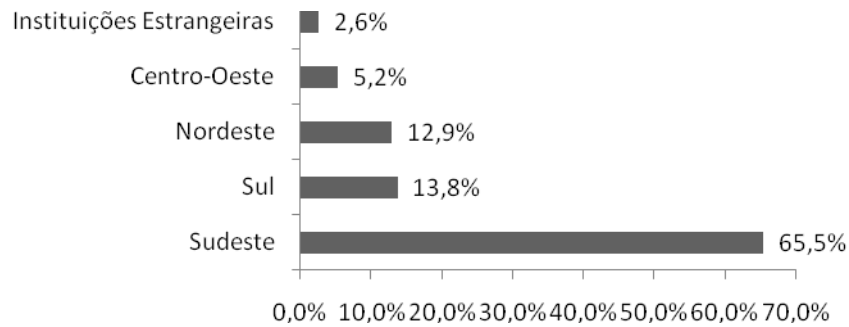
Contudo, como pode ser verificado no gráfico abaixo, dentro dos grupos respondentes, há diferenças na distribuição dos campos do conhecimento. A engenharia e a química possuem maior participação no grupo das empresas do que a área de física. Este fato ocorre porque o setor químico e petroquímico de nosso país é um dos mais avançados do mundo. Além de ser um dos setores mais inovativos do país, segundo a pesquisa PINTEC 2005 (IBGE, 2007).

**Gráfico 7.3: Distribuição dos respondentes por área de atuação/formação relacionando-os as instituições em que trabalham**



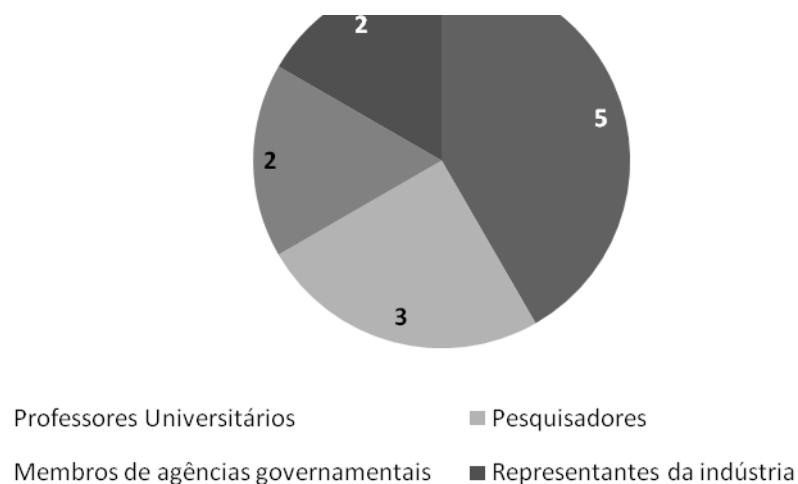
Com relação à distribuição geográfica das respostas, há uma grande disparidade na participação da região sudeste no total de respondentes, já que seus habitantes constituem mais de 65% da amostra analisada. Em segundo lugar em número de respondentes, vem a região sul, com cerca de 13,8% de participação, e depois a região nordeste, com 12,9%. Além disso, 2,6% das respostas são provenientes de instituições estrangeiras. Abaixo, segue o gráfico com a distribuição das respostas.

**Gráfico 7.4: Distribuição dos respondentes por localização das instituições em que trabalham**



Além do questionário objetivo, foram realizadas 12 entrevistas com profissionais da área, professores, pesquisadores e membros de agências governamentais sobre o tema. Desta forma, foram acrescentados aos aspectos quantitativos da pesquisa os motivos pelos quais tais resultados foram obtidos. Abaixo, segue a distribuição dos respondentes da pesquisa qualitativa.

**Gráfico 7.5: Distribuição dos entrevistados na pesquisa qualitativa por tipo de instituição**



No próximo capítulo, são apresentados os resultados da pesquisa e da avaliação que puderam ser realizadas a partir das informações coletadas junto aos respondentes.

## **8. Análise dos Resultados**

### **8.1. Análise Geral**

Para melhor aproveitarmos as respostas da pesquisa, o ideal seria separarmos a amostra em três grupos avaliadores do SBI: as universidades, as empresas e os institutos de pesquisa. Contudo, dada a intercessão entre os grupos instituto de pesquisa e universidades (cerca de 1/3 dos respondentes dos institutos de pesquisa são professores universitários) e da similaridade de suas respostas, reduzimos a análise a dois grupos apenas: universidades e empresas. Neste sentido, as “empresas” constituíram um grupo de 21 respondentes e as “universidades” um grupo de 95 respondentes.

De maneira geral, as avaliações realizadas pelos dois grupos foram bem distintas, com as empresas apresentando uma avaliação bem mais “benevolente” do que as universidades. As empresas só avaliaram dois sistemas como de baixo nível de desenvolvimento, enquanto as universidades consideraram que seis dos sistemas analisados estavam em tal situação. Da mesma forma, as empresas consideraram que há pelo menos um fator com bom nível de desenvolvimento, o que não se repetiu na análise realizada pelas universidades.

O nível de dispersão das respostas pode ser considerado baixo para uma pesquisa desse porte, com nenhum dos aspectos ultrapassando o desvio-padrão de um, em uma análise congregando todos os respondentes. As empresas apresentaram menor dispersão nas respostas do que as universidades.

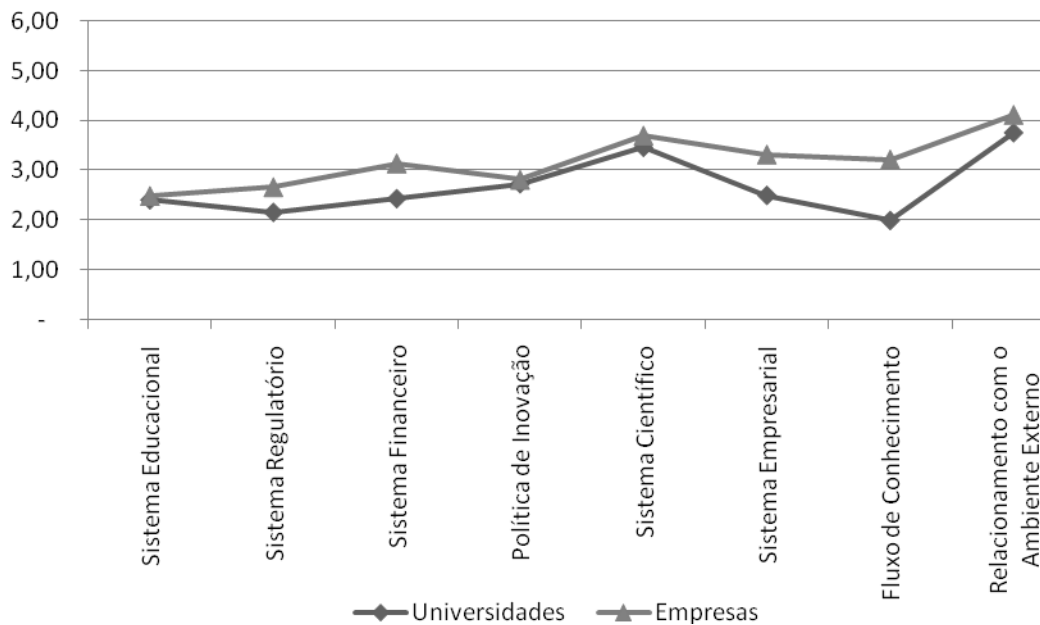
Os sistemas com maior grau de dispersão entre as empresas foram o fluxo de conhecimento entre o sistema científico e o sistema produtivo (0,77 de desvio-padrão) e o sistema regulatório (0,70 de desvio-padrão). Nas universidades, os sistemas com maior grau de dispersão foram as políticas de inovação (1,01 de desvio-padrão) e o relacionamento com o ambiente externo (0,93 de desvio-padrão).



Os sistemas que apresentaram uma avaliação com menor dispersão entre as empresas foram o sistema educacional (0,35 de desvio-padrão) e as políticas de inovação (0,52 de desvio-padrão). Nas universidades, os sistemas com menor grau de dispersão foram o fluxo de conhecimento entre o sistema científico e o sistema produtivo (0,66 de desvio-padrão), o sistema científico e o sistema educacional (ambos com 0,69 de desvio-padrão).

A seguir, podemos observar a visão comparativa das avaliações dos dois grupos.

**Gráfico 8.1: Avaliação geral do SBI em nanotecnologia**



Como podemos observar no gráfico acima, o fator de maior destaque em termos gerais é o “relacionamento com o ambiente externo”, fruto, principalmente, do trabalho que vem sendo realizado pelo MCT, na formação de parcerias tecnológicas internacionais, no campo da pesquisa em nanociência. Essas parcerias têm possibilitado o intercâmbio de pesquisadores e a realização de projetos internacionais no país.

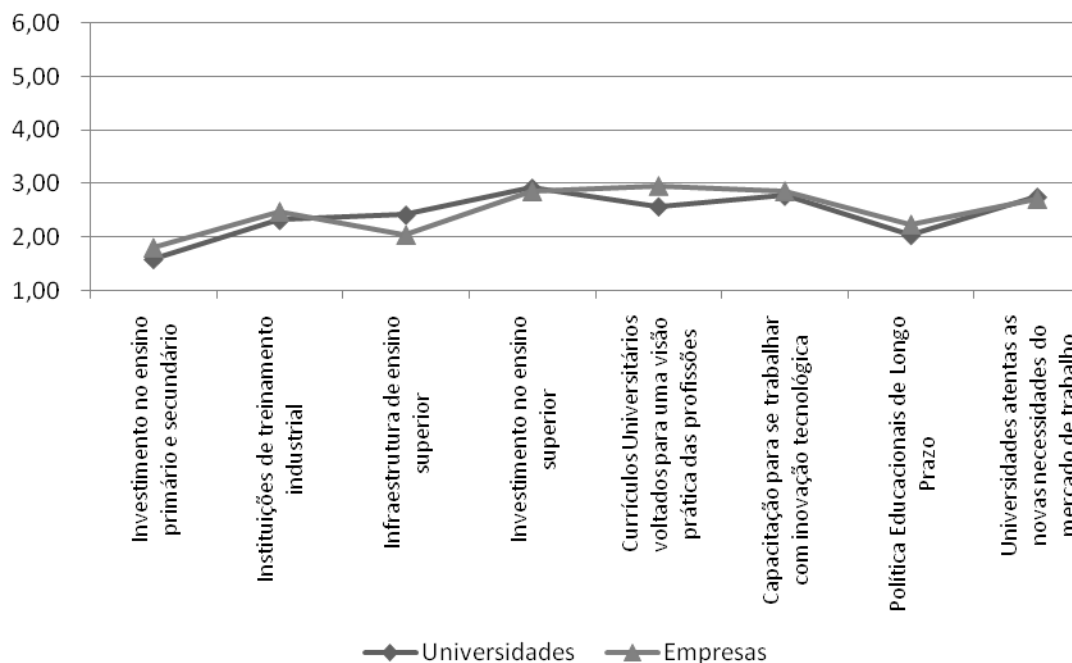
Como destaques negativos na análise realizada, podemos apontar quatro aspectos: os três sistemas estruturais – o sistema educacional, o sistema regulatório e o sistema financeiro

– e o fluxo de conhecimento entre os sistemas científico e empresarial. Esses fatores são considerados essenciais para garantir, primeiramente, sustentabilidade ao SBI e sua dinâmica, de forma a tornar o nosso processo de pesquisa, produção e disseminação de conhecimento ativo e eficiente.

Nos demais aspectos, as avaliações também foram pouco animadoras, o que nos mostra que o país necessita de melhorias estruturais sérias se, efetivamente, quiser ser competitivo internacionalmente nesse tipo de tecnologia. A seguir, daremos prosseguimento à análise individual dos sistemas que compõem o SBI em nanotecnologia.

## 8.2. Sistema Educacional

Gráfico 8.2: Avaliação do Sistema Educacional



A análise do sistema educacional foi uma das que apresentou as menores dispersões nas avaliações realizadas pelos respondentes, com desvio-padrão 0,35, na análise das empresas, e 0,69, na análise das universidades. Porém, foi o aspecto verificado como mais

deficiente em uma perspectiva geral, com todos os fatores classificados como de muito baixo ou baixo desenvolvimento.

Dentre os fatores analisados, a melhor avaliação foi dada ao **investimento no ensino superior**, o que corrobora a verificação realizada por Schwartzman (1993), de que o ensino superior no país tem mais recursos do que os níveis mais básicos.

Este foi um dos poucos fatores em que as universidades atribuíram um escore de análise superior ao dado pelas empresas, porém com uma diferença muito baixa (2,92 contra 2,86), fazendo com que não haja distinção de opinião entre os grupos.

Este resultado, na opinião de nossos entrevistados, é reflexo do descaso governamental com a educação. Nossas universidades estão sucateadas e as dificuldades estruturais no processo de formação dos nossos estudantes é um fator cada dia mais preocupante.

Os **currículos universitários voltados para uma visão prática das profissões, capacitação para se trabalhar com inovação tecnológica e universidades atentas às novas necessidades do mercado de trabalho** obtiveram um desempenho similar, com avaliações entre 2,6 e 2,9. Segundo um dos entrevistados, “isso ocorreu porque são fatores que se complementam e que até poderiam ter sido avaliados de forma conjunta pela pesquisa. O currículo universitário expressa a política pedagógica de formação das instituições. A atenção às necessidades do mercado é um aspecto cultural das universidades e deveria estar incluída neste processo de definição e preparação dos currículos. A capacitação nada mais é do que a expressão dessas duas coisas dentro das salas de aula, dos laboratórios, etc. O treinamento dos alunos se dá sobre a perspectiva curricular e sobre a visão que a instituição possui sobre o mercado de trabalho e suas transformações.”

Esta análise vai ao encontro da afirmação apresentada por Lundvall (2001 e 2007), de que a formação dos estudantes para o mercado é um fator essencial para o desenvolvimento

de um SNI. O sistema só será capaz de gerar conhecimento com a adaptação dos currículos às novas demandas mercadológicas, o que é primordial no processo inovativo.

As políticas educacionais são um ponto salientado há muito tempo dentro das análises de SNI, com origens no século XIX, com List. Como sugere Lundvall (2007), elas devem sempre ter uma perspectiva de longo prazo, com vistas a antecipar as necessidades econômicas futuras.

Nesta pesquisa, **políticas educacionais de longo prazo** foi um dos aspectos pior avaliados, com escores de 2,03 e 2,24, de universidades e empresas, respectivamente. Segundo os entrevistados, o resultado reflete a opinião dos grupos quanto às políticas adotadas pelo governo federal, como a “bolsa escola” e a “bolsa família”, que tem uma ação muito limitada e imediata sobre o processo educacional.

Além disso, as dificuldades de articulação entre as instâncias governamentais são claras em nosso país. Um dos entrevistados salientou que as diferenças regionais prejudicam a implementação de políticas nacionais eficazes. Há uma necessidade clara de maior articulação entre a União, os estados e os municípios, para promoção de políticas educacionais mais particularizadas e efetivas.

A **infra-estrutura do ensino superior** tenderia a ser uma função dos investimentos no próprio ensino superior, mas o resultado das avaliações foi bem diverso em relação a este fator de análise, com relativa diferença na percepção entre as análises realizadas pelos grupos. Foi o segundo pior fator avaliado pelas empresas (2,05), muito inferior à avaliação das universidades (2,41).

Segundo outro de nossos entrevistados, isso pode ter ocorrido devido a uma questão de relação entre os ambientes de trabalho. Empresas, geralmente, dispõem de mais recursos e possuem laboratório bem preparados. As universidades já convivem com essa realidade há

certo tempo e, como podemos verificar, não há satisfação com o que possuem, mas já existem aspectos vistos com maior preocupação, logo, enxergam como um fator que dificilmente será alterado.

A criação e o fortalecimento de **instituições de treinamento industrial** é um ponto bastante salientado na literatura de SNI. Marques e Abrunhosa (2005) afirmam que é fundamental a existência de bons centros politécnicos e escolas tecnológicas e profissionais para a formação de capital humano para trabalhar na produção. Segundo OCDE (1997 e 1999), instituições de treinamento industrial são essenciais para manutenção do crescimento econômico das nações, logo, interferem diretamente nos SNI. Contudo, apesar do esforço na criação de escolas técnicas durante os anos 60 e 70, e da proliferação desse tipo de instituição no país durante a década de 90 do século passado e no início desse século, a avaliação dos dois grupos para este aspecto foi muito baixa.

Essa percepção de valor ocorre, porque grande parte das pessoas que ingressam nesse tipo de instituição não dá prosseguimento à formação na área, após o término dos cursos. Somente o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) propõem um direcionamento direto ao mercado de trabalho, hoje. Os Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFETs) são essenciais na formação de mão-de-obra industrial, mas, muitas vezes, as pessoas que mais necessitam não têm acesso, falta um posicionamento mais claro do governo quanto a tais instituições.

Outra questão que se apresenta é que a proliferação dos cursos técnicos possui um caráter similar ao da expansão do ensino superior, onde o aumento no número de vagas disponível não é acompanhado de uma melhoria na qualidade do ensino, fator que deveria ser melhor avaliado pelo ministério da educação.

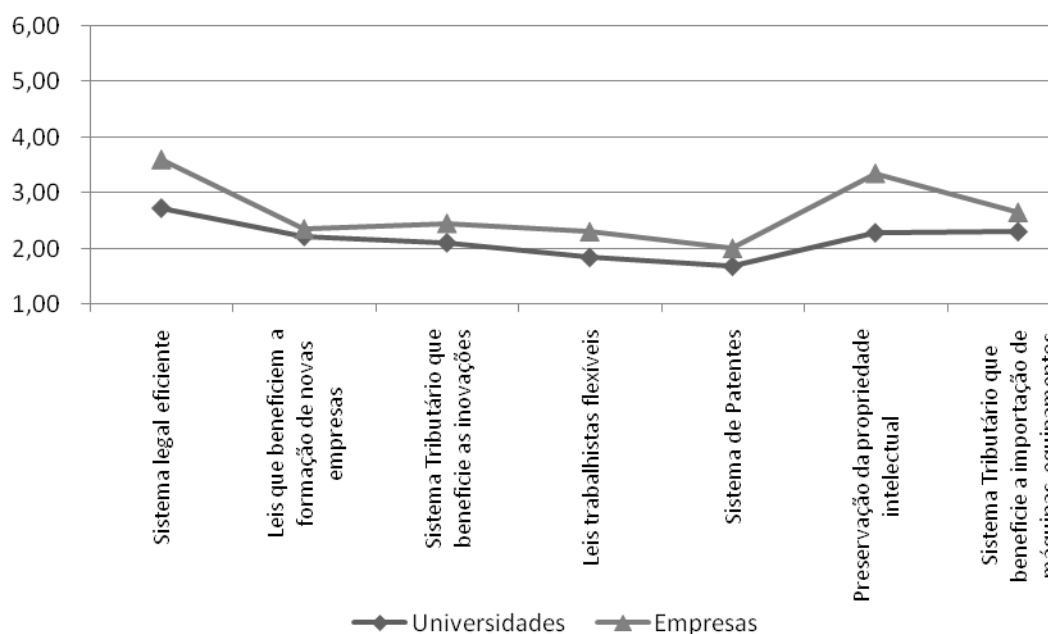
O aspecto de pior avaliação foi o **investimento no ensino primário e secundário**, com os dois grupos avaliadores atribuindo escores abaixo de 2,0, caracterizando este fator

como de muito baixo nível de desenvolvimento. Esta avaliação é a mais preocupante, pois sem uma boa formação básica, os estudantes terão maiores dificuldades de aprender o que é ensinado no ensino superior, ou seja, o país terá menor produtividade no processo de formação profissional (Mowery e Sampat, 2006).

Neste sentido, modificações estruturais no sistema educacional brasileiro são essenciais para o fortalecimento do SBI, com conseqüências benéficas para a NN.

### 8.3. Sistema Regulatório

Gráfico 8.3: Avaliação do Sistema Regulatório



Partindo da perspectiva de Liu e White (2001), o sistema regulatório seria resultado dos mecanismos de manutenção e ajustamento das relações entre as instituições, sendo de extrema importância para a sustentação das atividades econômicas. Esse sistema compreenderia três faces principais: o sistema legal, o sistema fiscal e o sistema de patentes ou zelo pela propriedade intelectual.

Com relação ao sistema legal, foram definidos três aspectos de análise: eficiência do sistema no cumprimento das leis; leis que beneficiem a formação de novas empresas; e flexibilidade das leis trabalhistas.

No aspecto **eficiência do sistema no cumprimento das leis**, a avaliação girou em torno do nível baixo, com as universidades atribuindo índice de 2,73, e médio, já que as empresas apresentaram opinião estritamente reversa, com escore de 3,60. O que demonstra a maior confiança das empresas no trabalho que é realizado pelas autoridades legais do país.

**Leis que beneficiem o processo de formação de novas empresas** também foram consideradas com baixo nível de desenvolvimento pelos grupos entrevistados, com todas as avaliações abaixo do índice de 2,4. Como apresenta Castelo Branco (2005), o Brasil sofre de grandes dificuldades no estabelecimento de empresas formais, por conta da alta burocratização do nosso sistema, afetando diretamente o SBI.

Segundo OCDE (1999), **leis trabalhistas flexíveis** é um aspecto primordial para o desenvolvimento de um SNI, pois permite que haja maior mobilidade da força de trabalho, assim como um processo constante de troca e difusão de conhecimento entre os diversos sistemas existentes.

Contudo, fica claro que o Brasil ainda tem muito a evoluir neste aspecto. Empresas atribuíram índice de 2,30 e as universidades foram ainda mais rigorosas, atribuindo escore de 1,84. O principal problema relacionado a este fator são os elevados custos de manutenção da mão-de-obra, que não permitem que haja maior fluxo de transferências entre instituições.

Segundo Lundvall (2007), o governo deve propiciar um ambiente fiscal propício às inovações, com leis tributárias mais flexíveis para empresas que estejam em processo inicial de desenvolvimento, além de facilitar o processo de importação de tecnologias,

principalmente máquinas e equipamentos. Esse dois aspectos foram considerados como de baixo nível de desenvolvimento, por parte dos grupos analisados.

Com relação aos **incentivos fiscais a empresas em processo de formação**, a principal justificativa existente é que os impostos no Brasil são muito elevados, mesmo com uma carga tributária menor, com benefícios como o Simples<sup>20</sup>, as empresas têm dificuldade de se manterem ativas no país.

As compras de máquinas e equipamentos são responsáveis por mais de 50% dos gastos com inovações no país (IBGE, 2007). Contudo, os impostos para importação de produtos de alta tecnologia ainda são muito elevados, dificultando a utilização de maquinários no estado-da-arte, no desenvolvimento de ciência e tecnologia no país.

Segundo Roos et al. (2005), um sistema de proteção à propriedade intelectual é fator determinante para motivar o processo inovador, principalmente nas empresas. No Brasil, esse é um aspecto que vem gerando muitas controvérsias, principalmente devido ao forte consumo de produtos falsificados no país.

Em nossa análise, dividimos este aspecto em dois fatores: sistema de patentes e proteção à propriedade intelectual. O **sistema de patenteamento** recebeu a pior avaliação dentro desse sistema, com todas as avaliações abaixo do índice 2,0. O principal problema identificado é a morosidade do processo no país, que muitas vezes chega a levar mais de quatro anos, enquanto, nos países mais desenvolvidos, o mesmo processo leva, em média, de dois a três anos.

A **preservação da propriedade intelectual** obteve uma avaliação mais heterogênea entre os grupos. As empresas atribuíram índice de 3,35, apontando médio nível de desenvolvimento. As universidades atribuíram um escore mais baixo, com índice de 2,28.

---

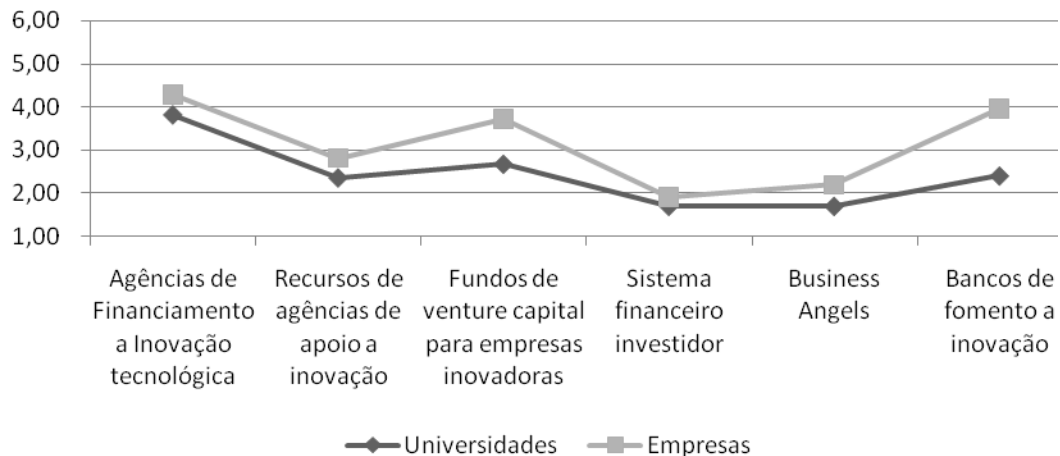
<sup>20</sup> Mecanismo criado pelo governo que reduz os impostos para determinadas empresas de micro e pequeno porte, em alguns segmentos da economia.



Segundo um de nossos entrevistados, o país tem melhorado seu sistema de proteção à propriedade intelectual, porém o processo ainda é muito falho, muitas vezes o pesquisador dá entrada em uma descoberta, mas o tempo para que se crie uma patente impede que ele usufrua de todos os seus benefícios. A própria atuação dos pesquisadores é, muitas vezes, um complicador, pois no ambiente científico é mais interessante divulgar e publicar, do que registrar e patentear. Neste sentido, muitas das idéias dos pesquisadores são aproveitadas por outras pessoas e o pesquisador não consegue desfrutar de todos os benefícios do trabalho que desenvolveu.

## 8.4. Sistema Financeiro

Gráfico 8.4: Avaliação do Sistema Financeiro



O sistema de financiamento das atividades de inovação é um dos aspectos mais importantes dentro de um SNI. O Brasil, como país em desenvolvimento, é carente de recursos, logo, investir de forma correta e motivar o setor privado a auxiliar nesse processo é fundamental.

Um primeiro aspecto a ser analisado é a **existência de agências de fomento** que suportem o processo de inovação tecnológica. A avaliação deste fator pode ser considerada positiva, com as empresas atribuindo bom grau de desenvolvimento, com índice de 4,29, e com as universidades atribuindo escore de 3,82, caracterizando o aspecto como de médio nível de desenvolvimento.

Esta avaliação reflete o trabalho de agências como FINEP, o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), ANPROTEC e CNPq no desenvolvimento de pequenas e médias empresas de tecnologia no país e de pesquisadores nacionais, já que são fundamentais no processo de fomento de novas iniciativas.

A existência de **bancos de fomento** atuantes no mercado nacional também é considerada um fator relevante. A avaliação das empresas seguiu relativamente elevada, com atribuição de um índice de 3,95, mesmo estabelecendo este fator como de médio nível de desenvolvimento. As universidades foram mais criteriosas na análise, estabelecendo um nível baixo de desenvolvimento, com escore de 2,37.

Essa diferença de percepção justifica-se pelo fato dos bancos de fomento, como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)<sup>21</sup>, atuarem mais diretamente com projetos industriais de grande porte, estando um pouco mais distantes da realidade dos pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa. Empresas teriam uma noção mais exata desse aspecto, mas acreditam que ainda há uma atuação limitada dos bancos com relação à inovação.

Um **setor financeiro privado investidor** é considerado outro fator fundamental dentro de um SNI. Contudo, foi o fator pior avaliado pelos grupos entrevistados, com todos os índices abaixo de 2,0.

---

<sup>21</sup> Antigo BNDE.

Esse fato ocorre devido ao longo prazo exigido para desenvolvimento de projetos de inovação tecnológica e ao alto nível de risco envolvido. Bancos nacionais não têm o costume de apoiar projetos de inovação o que faz com que sua participação seja muito baixa, mesmo em ambientes industriais mais estabelecidos.

A atuação de *business angels* é um ponto salientado por Tironi (1995) e OCDE (1999) de muita relevância, já que são investidores que se envolvem no processo de desenvolvimento de empresas inovadoras, auxiliando em suas estratégias, cobrando metas e maior eficiência.

Apesar do crescimento dessas atividades no país, nos últimos anos, a percepção dos grupos entrevistados com relação a este aspecto ainda é de baixo desenvolvimento. As empresas atribuíram índice de 2,19 e as universidades, de 1,69.

A grande questão com relação a este fator é que a atuação dos *business angels* ainda é muito limitada. A sociedade não possui a visibilidade adequada do trabalho que realizam e suas ações não estão acessíveis a um grande número de empresas, só as que já estão mostrando algum tipo de resultado, chamando a atenção do mercado. O setor de nanotecnologia ainda está em desenvolvimento, sendo ainda uma realidade distante para este tipo de investidor.

Segundo Bartholomew (1997), a existência de **mecanismos de *venture capital*** é essencial no transbordo das tecnologias desenvolvidas nos institutos de pesquisa para o ambiente industrial, pois eles não só permitem a criação de novas organizações, como estruturam e solidificam as relações entre o meio empresarial e o meio científico.

Este aspecto foi avaliado como de médio desenvolvimento pelas empresas (3,71) e como de baixo desenvolvimento pelas universidades (2,67). A diferença de percepção está diretamente relacionada ao contato com as instituições financiadoras. Os pesquisadores estão mais ligados a mecanismos de financiamento à pesquisa. Os fundos de *venture capital* são

direcionados a empresas com projetos para o ambiente industrial. A percepção adequada por parte das universidades com relação a este aspecto ainda é limitada pela distância estabelecida com o meio empresarial no Brasil. “O nosso pesquisador não tem um perfil empreendedor como em outros países, logo não possui conhecimento adequado sobre mecanismos que o auxiliem na constituição de novos negócios e empreendimentos”, afirmou um dos entrevistados.

Contudo, a avaliação é surpreendente se analisarmos a realidade do mercado. Segundo a FINEP divulgou através de sua assessoria de imprensa<sup>22</sup>, dos 450 milhões que a agência disponibilizou em fundos de *venture capital*, no ano de 2007, apenas 300 milhões foram emprestados, pois não havia projetos suficientes para serem financiados. O mesmo aconteceu com o BNDES. Este ano, um bilhão estará disponível, mas as instituições não têm esperança de que todo o valor seja financiado.

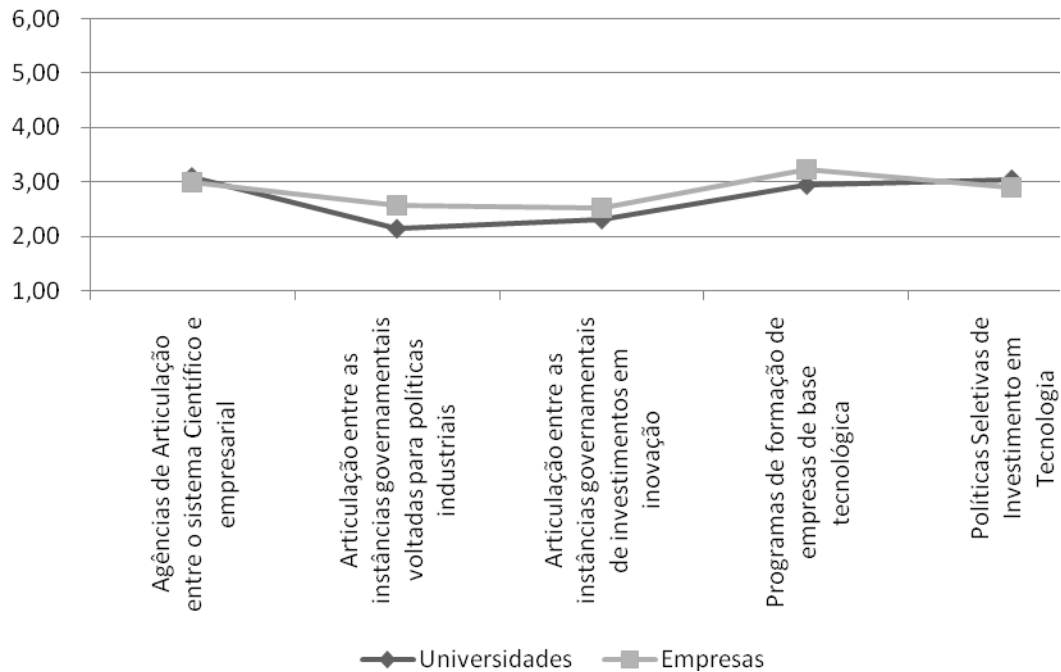
Esta questão se confronta-se diretamente com a análise de disponibilidade de recursos, a que todos os grupos entrevistados avaliaram como de baixo desenvolvimento. Na verdade, há uma quantidade de recursos maior do que se imagina, mas mal comunicada por parte do governo e mal aproveitada por parte do mercado. Talvez não esteja disponível no montante necessário para atender a todas as necessidades do país, mas provavelmente é maior do que o idealizado por grande parte do mercado.

---

<sup>22</sup>“Finep vai investir um bilhão de reais em apoio a fundos de inovação”. IDG Now!. 29 de junho de 2008. <http://idgnow.uol.com.br/mercado/2007/06/29/idgnoticia.2007-06-29.6313022553/>

## 8.5. Política de Inovação

Gráfico 8.5: Avaliação da Política de Inovação



A política de inovação foi considerada como de baixo nível de desenvolvimento pelos dois grupos avaliadores. Este resultado levanta dúvidas sobre a capacidade do país em estruturar efetivamente um sistema forte de suporte à inovação, visto que, como sugere Abrunhosa (2005), as políticas de inovação são as promotoras da sustentabilidade do SNI em todos os seus âmbitos.

Segundo Lundval (2007) e Motta (1999), faz-se necessário que o estado crie **institutos, agentes de articulação** entre os setores de produção de conhecimento e de aplicação do conhecimento para que o SNI evolua. Contudo, a avaliação realizada pelos grupos nos mostra exatamente que este aspecto ainda encontra-se em nível médio de desenvolvimento. As empresas atribuíram escore de 3,00 e as universidades escore de 3,08.

Segundo alguns dos entrevistados, a questão não é a inexistência de instituições de conexão, mas sim a baixa eficiência das mesmas e a falta de articulação na execução do trabalho. Falta a essas instituições maior esforço de pesquisa para congregar as necessidades das indústrias com o que é produzido nas universidades, para que o trabalho seja mais efetivo.

Segundo Roos et al. (2005), a divisão de responsabilidade e a articulação entre os diferentes ministérios e instâncias governamentais têm efeito positivo no desenvolvimento de políticas de inovação mais eficazes.

Neste estudo, dividimos tal análise em dois aspectos: o primeiro relacionado a **políticas governamentais voltadas para a indústria**, visando trabalhar o incentivo à atividade produtiva; e o segundo a **políticas governamentais de investimento em inovação**, procurando motivar o fortalecimento do processo de inovação. Contudo, os dois fatores obtiveram baixo nível de desenvolvimento, na opinião dos grupos avaliadores. O que mostra que ainda não existe uma articulação nacional para o desenvolvimento sustentável das atividades de tecnologia em nosso país.

A OCDE (1999) salienta que é essencial o governo atuar na **formação de empresas de base tecnológica**, bem como na formação de estrutura econômica, para absorção de inovações dos ambientes de pesquisa. Este aspecto foi considerado de nível entre baixo e médio pelos grupos avaliadores. As empresas atribuíram escore de avaliação de 3,24. As universidades foram mais severas, com escore de 2,94.

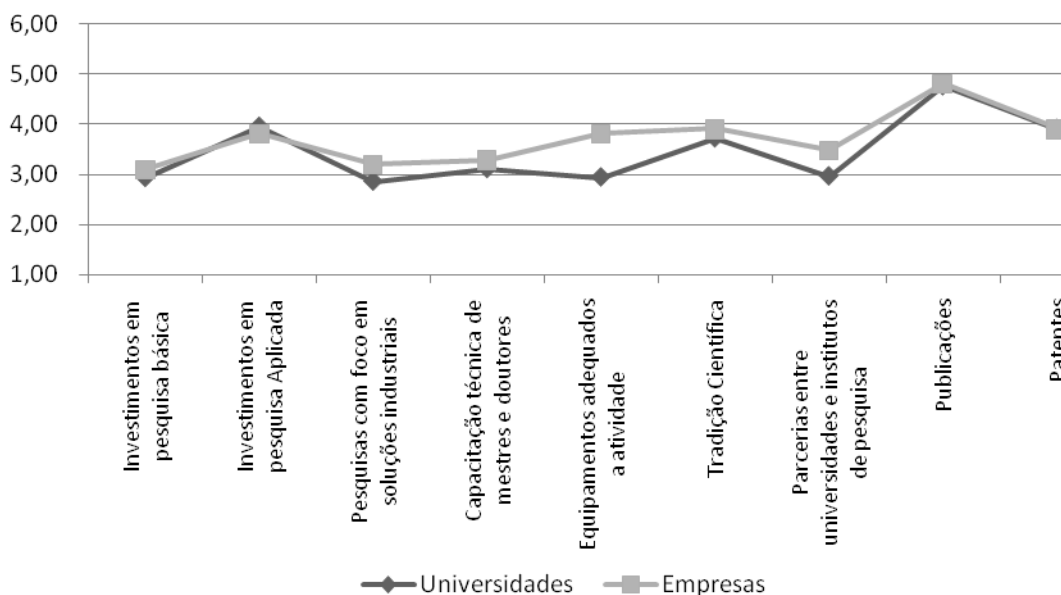
Segundo um dos entrevistados, apesar do trabalho realizado por instituições como o ANPROTEC e o SEBRAE, o envolvimento governamental na formação de empresas ainda é muito baixo, sendo relegado ao trabalho das incubadoras de empresas estatais. Falta uma participação mais ativa do governo na criação de mais mecanismos que permitam a formação e o fortalecimento de empresas de base tecnológica.

Um último aspecto de análise está relacionado às **políticas seletivas de investimento em tecnologia**, que, de certa forma, já vem sendo uma das estratégias governamentais desde o início do governo Lula, com a criação dos fundos setoriais. Os escores atribuídos pelos grupos avaliadores giram em torno do baixo para o médio nível de desenvolvimento, com universidades atribuindo índice 3,06 e empresas 2,90.

Esta baixa avaliação é reflexo, principalmente, do baixo nível de investimento em pesquisa que ainda é realizado em nosso país, combinado com a falta de capacitação e de conhecimento das pessoas ligadas à produção tecnológica dos mecanismos existentes para viabilização de projetos no Brasil.

## 8.6. Sistema Científico

Gráfico 8.6: Avaliação do Sistema Científico



A avaliação do sistema científico de suporte à nanotecnologia apresentou pontos de grande similaridade de opiniões entre universidades e empresas, mas também pontos de grande conflito. Inicialmente, analisemos os pontos de confluência.

Os fatores **patentes e publicações** obtiveram incontestável igualdade de visão entre os grupos avaliadores. Não obstante, foram, também, os itens com melhor avaliação dentro do sistema. O aumento de publicações científicas nacionais em nanotecnologia, bem como o interesse da comunidade científica é grande. Até o ano de 2004, já foram publicados mais de 1700 artigos<sup>23</sup> de pesquisadores nacionais sobre o tema e já existem cerca de 50 processos<sup>24</sup> de patenteamento de novos produtos e substâncias com base em nanotecnologia em tramitação. Somos, atualmente, o décimo nono país em publicações sobre o tema no mundo<sup>25</sup>.

Neste sentido, a avaliação entre 4,77 (universidades) e 4,81 (empresas) para “publicações” não mostra grande surpresa. Contudo, é importante salientar que ainda estamos longe do patamar dos países mais desenvolvidos, logo, temos ainda muito a progredir.

Com relação a patentes, percebe-se que, diferentemente de outras tecnologias empregadas no país, a nanotecnologia tem conseguido mais atenção dos setores industriais. Isso faz com que os esforços de desenvolvimento dentro dos centros de pesquisa e universidades, como nas demais instituições, sejam mais elevados e novas substâncias sejam criadas, como as já citadas no primeiro capítulo deste trabalho. Com isso, a avaliação entre 3,92 (universidades) e 3,90 (empresas), caracterizada como de médio desenvolvimento, pode ser considerada um crédito ao crescimento nacional nesse ramo da ciência e da tecnologia.

Outro aspecto relativamente bem avaliado foi **investimentos em pesquisa aplicada**, com avaliações entre 3,81 (empresas) e 3,96 (universidades), ou seja, médio nível de desenvolvimento. Este resultado comprova a eficácia da política nacional neste setor, com a

---

<sup>23</sup> Segundo informações do Ministério de Ciência e Tecnologia.

<sup>24</sup> Informação do Portal Inovacamp.

<sup>25</sup> Informação do Portal Inovacamp.



criação das redes e o direcionamento dos esforços de desenvolvimento científico, corroborado pelas análises de Bartholomew (1997) e OCDE (1999).

Contudo, os **investimentos em pesquisa básica** ainda são considerados insuficientes. As universidades e as empresas consideraram este aspecto com médio nível de desenvolvimento, com escores de 3,01 e 3,10, respectivamente. Essa avaliação, na perspectiva traçada pela OCDE (1997), prejudica o fortalecimento do SBI, pois a produção de conteúdo genérico sustenta os demais processos de inovação tecnológica, sendo a base de sustentação, para o desenvolvimento.

O fator **pesquisa com foco em soluções industriais** foi outro aspecto de grande similaridade de visões entre os grupos avaliadores. Contudo, a classificação foi de baixo nível de desenvolvimento no entendimento das universidades (2,86) e médio nível de desenvolvimento no ponto de vista das empresas (3,19).

A questão, como sugere Cassiolato et al. (2007), é que a baixa integração entre os setores industriais e as universidades ao longo da história da formação do país impede que o pensamento do pesquisador seja direcionado para a utilização econômica do que é produzido. Sendo assim, como sugere OCDE (1999), é essencial que o governo dê liberdade aos pesquisadores, mas traga uma visão econômica às pesquisas que são realizadas.

Como apresenta Ergas (1987), quanto maior o grau de orientação da pesquisa básica às necessidades do mercado, melhor será o processo de transferência de conhecimento entre os ambientes científicos e tecnológicos.

Contudo, cabe salientar que o MCT, nos anos de 2005 e 2006, desenvolveu uma pesquisa nomeada de Consulta Delphi, para estabelecer os setores que deveriam ser priorizados em NN. As medidas de inclusão da NN nos fundos setoriais mostram um claro direcionamento das políticas públicas de inovação neste mercado. Desta forma, considera-se

que a avaliação das empresas esteja mais próxima da realidade vivenciada no país do que a visão apresentada por universidades.

Uma questão que chama atenção nos resultados da pesquisa é a avaliação das **parcerias entre institutos de pesquisa e universidades** para o desenvolvimento científico, que foi classificada como de baixo nível de desenvolvimento. A literatura mostra alta relevância dos fluxos de informação entre o meio científico e os setores produtivos no processo de inovação e na sustentabilidade dos SNI. Contudo, é interessante, também, analisarmos como está sendo executado o fluxo de conhecimento dentro do próprio sistema científico.

As universidades avaliaram em 2,97 a formação de grupos conjuntos de produção científica. A melhor avaliação foi das empresas, com índice de 3,46. Dado que é improvável que as empresas tenham maior conhecimento deste aspecto do que os diretamente envolvidos, fica uma questão a ser refletida: como aproximar os meios científicos das empresas se o próprio meio científico tem dificuldade de interagir? A formação das redes de nanotecnologia teria como intuito promover esta articulação, mas até que ponto tal tentativa está sendo efetiva, dada a avaliação dos pesquisadores das universidades?

A **capacitação técnica de mestres e doutores** foi um aspecto que mostrou poucas diferenças entre as avaliações, sendo o índice para as universidades e as empresas de 3,15 e 3,29, respectivamente. A classificação de nível médio de desenvolvimento para este aspecto é preocupante, pois demonstra que nossos pesquisadores não estão aptos a atuar no desenvolvimento de soluções para o meio industrial, forçando uma atuação mais direta do CNPq.

A **tradição científica** das principais área correlatas à nanociência, como, por exemplo, a química e a física, foi um fator classificado como de médio desenvolvimento pelos dois

grupos avaliadores, porém próximo do bom, com escores de 3,73 e 3,90 para universidades e empresas, respectivamente.

Segundo um dos entrevistados, podemos considerar que as áreas que fundamentam o desenvolvimento da nanociência no país possuem nível razoável de desenvolvimento. Contudo, há uma diferença entre a produção nacional e a dos países mais desenvolvidos, que faz com que a avaliação do SBI seja inferior à desejada.

O aspecto que apresentou a maior diferença de percepção foi **equipamentos adequados a atividades de pesquisa**. As universidades avaliaram como de médio nível de desenvolvimento, mas em um patamar relativamente baixo, com índice de 3,09. As empresas avaliaram também como médio nível de desenvolvimento, mas já próximo do bom, com um escore de 3,81.

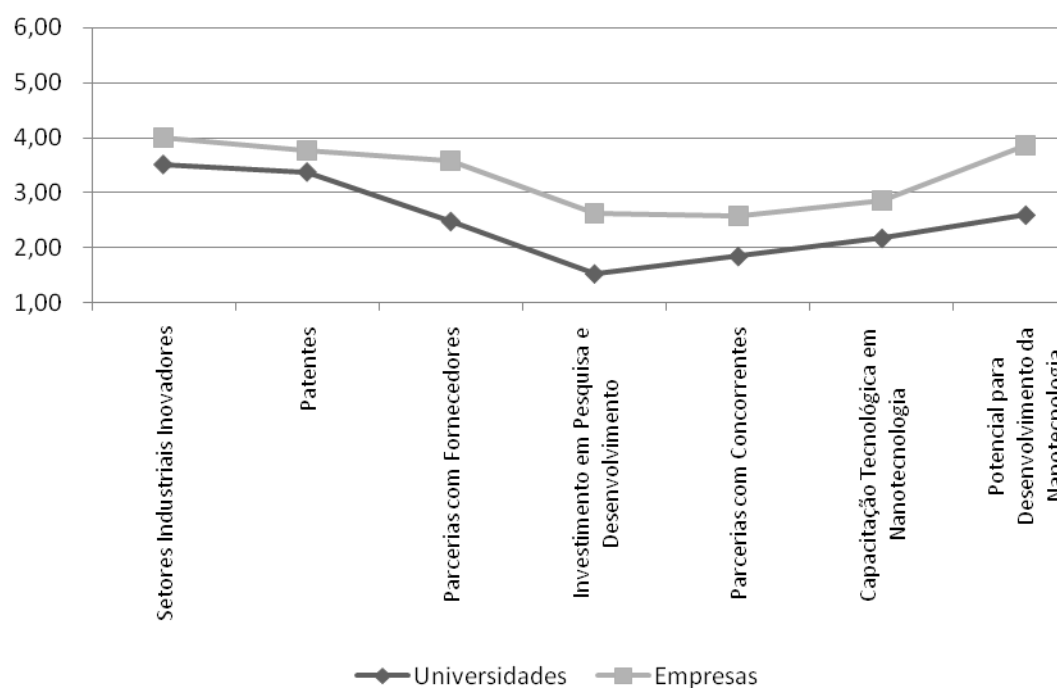
A visão das universidades corrobora a visão de grande parte dos pesquisadores do tema SNI no Brasil. Como sugere Cassiolato et al. (2007), a falta de equipamentos e de investimentos em infra-estrutura de pesquisa seria um dos maiores problemas do SBI. Contudo, a visão das empresas chama atenção e, de certa forma, nos traz outro ponto de vista à questão.

Em uma das entrevistas realizadas, um gerente de tecnologia de uma grande empresa nacional afirmou ter realizado uma pesquisa para identificar os maiores problemas dos centros de pesquisa e de universidades em nanotecnologia. Na avaliação realizada, o aspecto técnico visto como mais evoluído foi a infra-estrutura de equipamentos de pesquisa, sendo a quantidade disponível satisfatória ao desenvolvimento da NN no país. Em contrapartida, a maior necessidade estaria relacionada à disponibilidade de recursos e a um melhor direcionamento das áreas de pesquisa.

Neste sentido, podemos considerar que este aspecto da análise de universidades e institutos de pesquisa pode ter sido influenciado pela avaliação da infra-estrutura geral (prédio, instalações, disponibilidade de recursos, etc.), que, a nosso ver, realmente é deficitária.

## 8.7. Sistema Produtivo

Gráfico 8.7: Avaliação do Sistema Produtivo



A avaliação do sistema produtivo foi uma das que apresentou maior diferença de opinião entre os grupos avaliadores, sendo as empresas muito mais “benevolentes” do que as universidades e institutos de pesquisa.

O primeiro ponto de análise concentra-se no aspecto que apresentou maior similaridade de opiniões: a questão das **patentes**. Segundo Lundvall (2007), as firmas são os principais agentes do SNI e são, geralmente, as maiores responsáveis pelo resultado final do

processo de inovação, ou seja, novos produtos e novos processos que, geralmente, têm por consequência a criação de novas patentes. No campo da nanotecnologia isso não é diferente. Cerca de 90% das patentes registradas em nanotecnologia nos EUA são provenientes de investimentos de empresas privadas.<sup>26</sup>

Contudo, todas as avaliações realizadas para este aspecto classificaram-no como de médio nível de desenvolvimento, com as universidades atribuindo índice de 3,38 e as empresas de 3,76. Considerou-se esta avaliação positiva, dado o histórico nacional de baixa presença de empresas no registro de patentes (Schwartzman, 1993). Contudo, como já colocado anteriormente, o setor de nanotecnologia vem recebendo atenção especial do meio empresarial, logo torna-se natural sua maior presença na produção de conhecimento.

Outro fator de análise interessante foi o envolvimento de **setores industriais inovadores** nas pesquisas em nanotecnologia. O aspecto foi o melhor avaliado em uma visão geral no sistema, sendo o único classificado como de bom nível de desenvolvimento por um dos grupos, com índice 4,00, atribuído pelas empresas. Universidades e institutos de pesquisa avaliaram apenas como de médio nível de desenvolvimento, com escore de 3,53.

Como observado no primeiro capítulo deste trabalho, as empresas nacionais com tradição em inovação estão apostando nessa tecnologia. Setores como o agropecuário, cosmético e químico, onde o Brasil tem grande notoriedade internacional, com grandes organizações inovadoras, estão diretamente envolvidos no desenvolvimento da nanotecnologia.

As parcerias entre empresas vêm se desenvolvendo em um ritmo muito acelerado em todo o mundo. Os resultados da associação entre empresas, em sua maioria, são benéficos ao processo de inovação (Lundvall, 2001), sendo a complementaridade entre suas competências o principal argumento para ações colaborativas (OCDE, 1997).

---

<sup>26</sup> Patent Trends in Nanotechnology, 2003.

Na análise do sistema produtivo, buscou-se avaliar as associações sob dois aspectos: **parcerias com fornecedores e parcerias com concorrentes**. Como apresentado na PINTEC 2005 (IBGE, 2007), o processo colaborativo entre concorrentes é ainda muito baixo no país, logo, a avaliação feita pelos grupos entrevistados não surpreende, com todos classificando tal processo como de baixo nível de desenvolvimento, sendo o segundo pior avaliado dentre os fatores apresentados no sistema.

Com relação às parcerias com fornecedores, são consideradas como de nível médio de desenvolvimento entre as empresas, com índice de 3,57. Contudo, foram vistas como de baixo desenvolvimento pelas universidades, com escore de 2,48. Segundo um dos entrevistados, esse tipo de associação tem se tornado mais comum, principalmente com relação às inovações de processo. Em nanotecnologia, este mecanismo ainda está em evolução, só quando o mercado estiver consolidado é que este tipo de ação colaborativa ganhará maior força.

O aspecto pior avaliado por todos os grupos foi o nível de **investimento em pesquisa e desenvolvimento** por parte das empresas. As empresas atribuíram 2,62 de índice e as universidades apresentaram maior insatisfação, com escore de 1,54. Como apresentado pela PINTEC 2005 (IBGE, 2007), somente 2,77% da receita são investidos em P&D nos setores industriais, sendo que cerca de 50% vão para compra de equipamentos. Logo, não é de se estranhar a avaliação por parte dos respondentes.

Ross et al. (2005) sugere que os investimentos das empresas privadas em inovação têm sido determinantes para a evolução das economias nacionais. Confrontando sua análise com os dados apresentados pela avaliação dos grupos neste trabalho, verificamos que este é um dos principais desafios do novo setor tecnológico: fazer com que mais recursos sejam destinados a projetos de inovação.

Os dois aspectos finais de análise apresentam uma visão de futuro com relação ao mercado de nanotecnologia. O primeiro fator é a **capacitação tecnológica das empresas** para

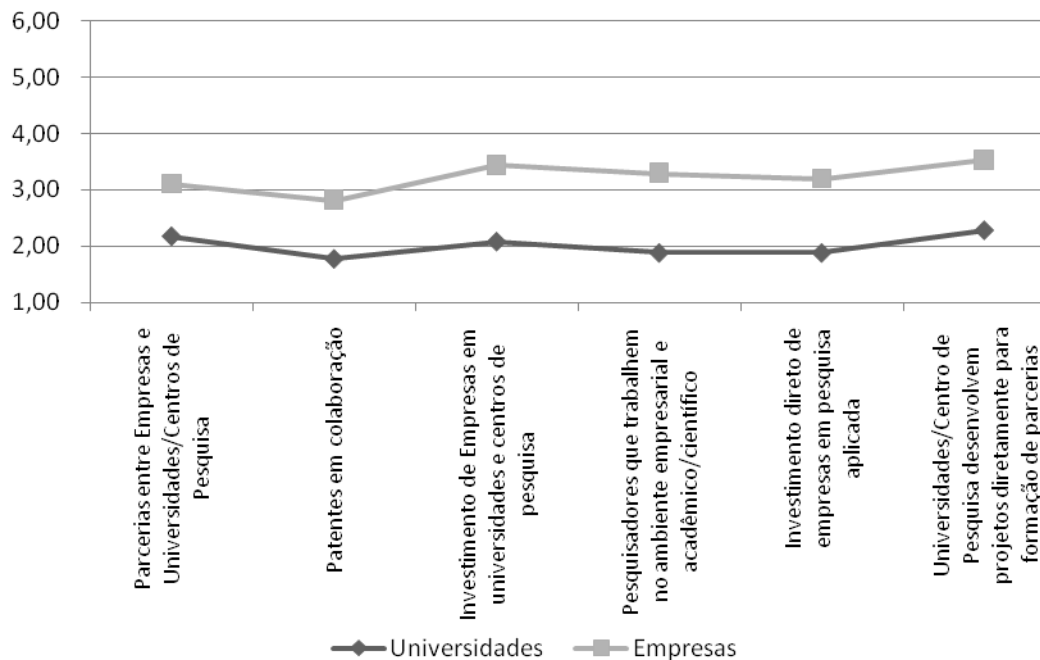
absorver os conhecimentos desenvolvidos em nanociência e nanotecnologia. O segundo fator diz respeito **ao potencial de desenvolvimento de produtos com base em nanotecnologia.**

O que surpreende quando analisamos estes dois aspectos é o comportamento similar das percepções dos grupos avaliadores, considerando o nível atual de conhecimento do meio empresarial/industrial baixo, mas com uma visão de futuro mais otimista sobre o potencial nacional de atuação no mercado.

Segundo um dos entrevistados, isso acontece porque há um sentimento no ambiente nacional de que esta é a nossa última chance de ingressar no grupo de países produtores de bens de alto valor agregado. O governo não está medindo esforços para motivar as empresas e os setores industriais que, em grande parte, estão respondendo positivamente. O país já produz alguns bens com base em nanotecnologia, então há possibilidades de sermos mais competitivos. Todavia, deve-se salientar que o país tem dificuldades estruturais, como as visualizadas neste estudo, que impedem que o otimismo seja exacerbado, logo, a classificação como de médio nível de desenvolvimento parece coerente.

## 8.8. Fluxo de Conhecimento entre o Sistema Científico e o Sistema Produtivo

Gráfico 8.8: Avaliação do Fluxo de Conhecimento



A avaliação do fluxo de conhecimento entre o ambiente científico e o ambiente produtivo/industrial/empresarial apresentou um forte descolamento entre as visões dos grupos avaliadores. Contudo, ficam claros os aspectos mais desenvolvidos, visto que os comportamentos das curvas são similares.

O primeiro aspecto de análise que pode ser verificado são as questões de investimento. Em um primeiro momento, os **investimentos das empresas nas instituições** e, em seguida, os **investimentos das empresas em projetos de pesquisa aplicada**.

As avaliações são praticamente idênticas, com leve superioridade para o investimento na instituição. Em ambas, as empresas avaliam seu nível de investimento como de médio nível de desenvolvimento e as universidades consideram baixos os investimentos realizados. Segundo um dos entrevistados, a falta de proximidade das avaliações condiz com a situação



atual do mercado brasileiro, onde há um grupo pequeno de empresas que investe nas universidades e um grupo bem maior de empresas que nem cogitam esta possibilidade. Há uma assimetria de informação, pois, provavelmente, as empresas que investem participaram dessa pesquisa, mas as universidades possuem somente uma visão geral da questão não possuindo conhecimento sobre casos mais específicos a não ser os mais divulgados.

Contudo, os dois tipos de investimento possuem características diferentes. O investimento direto na instituição teria como principal vantagem o caráter mais geral do benefício auferido, fazendo com que todas as áreas de pesquisa das instituições fossem beneficiadas, criando maiores possibilidades de surgimento de inovações e verificação de novas oportunidades (Ross et al., 2005). Os investimentos diretos em pesquisa aplicada auxiliam as universidades a se manter na vanguarda de determinados ramos do conhecimento, ao mesmo tempo em que beneficiam as empresas com respostas às suas necessidades específicas (Motta, 1999).

No mercado de nanotecnologia, por seu caráter interdisciplinar, investimentos em instituições seriam mais interessantes, pois auxiliariam o país na verificação de caminhos alternativos aos já traçados pelos países mais desenvolvidos.

Os processos de colaboração de empresas com universidades e/ou institutos de pesquisa no desenvolvimento da nanotecnologia é outro fator avaliado no estudo, sendo analisado a partir de dois aspectos: a **parceria no desenvolvimento de projetos** e o **número de patentes em colaboração**.

As duas análises tiveram comportamento similar, com leve superioridade de desenvolvimento para o fator projetos em parceria. Contudo, em uma análise geral, a avaliação é de baixo nível de desenvolvimento, com pouco envolvimento entre as partes na realização de projetos de pesquisa em nanotecnologia.

Com relação às **parceiras de projetos**, as empresas consideraram que o nível de colaboração é médio, com índice de 3,10, mas as universidades classificaram como baixo desenvolvimento, com escore de 2,17. Segundo um dos entrevistados, as empresas ainda estão um pouco distantes das universidades, somente algumas empresas começaram a traçar projetos em conjunto, sendo as estatais mais próximas do meio científico, como afirmado por Cassiolato et al. (2007).

Quando analisamos as patentes em colaboração, todos os grupos consideraram a interação baixa, com índices de 1,77 e 2,81 para as universidades e as empresas, respectivamente. Segundo outro dos entrevistados, o número de patentes tem se elevado, mas o que ocorre na maior parte do tempo é um pesquisador desenvolver um trabalho científico e este ser adquirido pela empresa, como, por exemplo, a pesquisa realizada por Fernando Galembeck, cuja patente foi adquirida pela Bunge<sup>27</sup>. O processo de desenvolvimento conjunto ainda é raro.

Outro aspecto que pode ser considerado de extrema importância para o fluxo de conhecimento é a **transitoriedade dos profissionais entre os ambientes científico e produtivo**, que, como salienta Motta (1999), possibilita uma melhor capacitação ao profissional e auxilia no processo de formação da força de trabalho.

Este aspecto foi classificado como de médio nível de desenvolvimento por parte das empresas (3,29) e muito baixo nível de desenvolvimento pelas universidades (1,87). Este fato ocorre, porque as empresas tendem a ser mais flexíveis em possibilitar aos seus recursos humanos o envolvimento em um maior número de atividades.

Nos institutos de pesquisa, a flexibilidade também existe, mas ainda é raro este trânsito, ainda mais em uma tecnologia extremamente nova como a nanotecnologia. As

---

<sup>27</sup> O pesquisador da Unicamp desenvolveu uma nova forma de produção da tinta branca, menos tóxica do que a do processo atual, através de técnicas de nanotecnologia.

universidades possuem regras mais rígidas com relação a atividades fora do ambiente acadêmico. Com isso, muitas vezes o trabalho do pesquisador é realizado em caráter de consultoria, que nem sempre é a modalidade ideal, pois gera poucos benefícios às instituições de pesquisa.

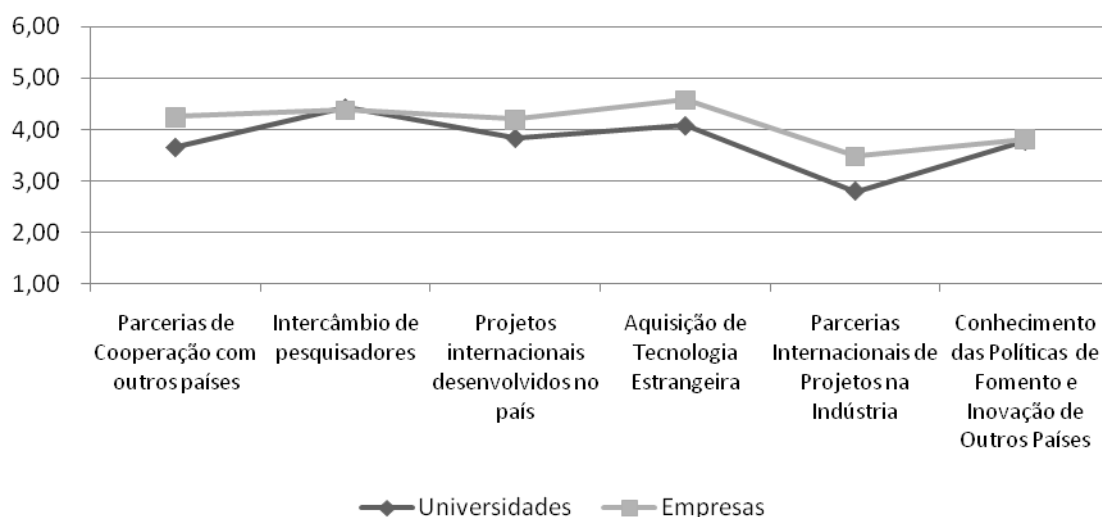
Um dos maiores problemas enfrentados pelo pesquisador universitário, segundo os entrevistados, é a dificuldade de lidar com o ambiente de prazos e rigidez do desenvolvimento da indústria. Os pesquisadores sentem falta da liberdade e de pesquisar em sua área de interesse, o que gera desgastes nas relações com as empresas.

O aspecto melhor avaliado foi **formatação de projetos para parcerias**. As empresas avaliaram como de médio nível de desenvolvimento, com índice de 3,52. As universidades caracterizaram este aspecto como de baixo nível de desenvolvimento, com escore de 2,27.

Este fato é decorrente das políticas governamentais, como os editais de pesquisas ligadas à nanotecnologia, e das propostas de empresas estatais como a Petrobras, que selecionam projetos para investimento direto. Contudo, o nível de desenvolvimento é muito baixo e percebe-se, ainda, uma falta de orientação do ambiente acadêmico às necessidades econômicas do mercado com relação a este tipo de tecnologia.

## 8.9. Relacionamento com as Fontes de Conhecimento Estrangeiras

Gráfico 8.9: Avaliação do Relacionamento com as Fontes de Conhecimento Estrangeiras



O relacionamento com as fontes de conhecimento estrangeiras foi o aspecto melhor avaliado dentre todos os analisados. Este fato tem como principal motivador os esforços do governo federal para o estabelecimento de relações bilaterais com outros países, no âmbito da ciência e da tecnologia.

Iniciamos nossa análise com o aspecto **parcerias internacionais de cooperação**, que foi avaliado como de bom nível de desenvolvimento por parte das empresas (4,24) e de nível médio de desenvolvimento pelas universidades (3,65).

Percebe-se que há um grande esforço para o estabelecimento de parceiras de cooperação internacional, no setor de nanotecnologia no país. Argentina, França, Índia e África do Sul são exemplos de países que, hoje, já estabelecem relações bilaterais de desenvolvimento em nanotecnologia com o Brasil. Contudo, é preciso ter ciência de que os resultados dessas relações só serão percebidos a longo prazo, com o fortalecimento do mercado.

O fator **projetos internacionais desenvolvidos no país** também foi relativamente bem avaliado. Na opinião das empresas, este aspecto apresenta bom nível de desenvolvimento, com escore de 4,19. Entretanto, as universidades classificaram este fator como de nível médio de desenvolvimento, com escore de 3,78.

Neste aspecto, as parcerias mais significativas são com a França. Diversos projetos de instituições de pesquisa francesas estão sendo desenvolvidos no país, contribuindo consideravelmente para a evolução das pesquisas brasileiras. Contudo, cabe salientar que o Brasil ainda necessita de maior interação com as principais potências mundiais, como EUA, Japão e Reino Unido, bem como com a China, para elevar a qualidade da produção nacional e trazer maior experiência à indústria e aos pesquisadores brasileiros.

Estes dois aspectos iniciais contribuíram em muito para que o **intercâmbio de pesquisadores** fosse o fator de melhor avaliação, tendo o maior escore auferido na avaliação das universidades (4,42), além de ter sido o segundo mais desenvolvido na opinião das empresas (4,38). Concluindo, todos os grupos consideraram este fator como de bom nível de desenvolvimento.

As parcerias estabelecidas e os projetos internacionais desenvolvidos no país propiciaram um grande intercâmbio entre os pesquisadores nacionais e os pesquisadores estrangeiros, contribuindo para uma maior troca de conhecimento e uma maior evolução das pesquisas nacionais.

A **aquisição de tecnologia estrangeira** foi o fator melhor avaliado por parte das empresas, com escore de 4,57, além de ter recebido boas avaliações, também, por parte das universidades (4,07).

No Brasil, este processo de aquisição de tecnologia estrangeira acontece primordialmente através da compra de equipamentos mais avançados para o desenvolvimento

das atividades de nanotecnologia. Contudo, ainda faltam esforços no desenvolvimento de relações mais profundas com instituições internacionais para a importação de técnicas e sistemas produtivos com base em nanotecnologia. Cabe salientar que o aspecto seminal da ciência cria limitações claras com relação a esses fatores.

O aspecto de pior avaliação dentro deste grupo de análise foram **parcerias internacionais de projetos na indústria**. As empresas classificaram tal aspecto como de nível médio de desenvolvimento, com escore de 3,48, mas as universidades avaliaram como de nível baixo de desenvolvimento (2,79).

Tal avaliação é consequência do baixo nível de colaboração do sistema empresarial e industrial brasileiro, pois muitas indústrias em nível mundial já realizam parcerias internacionais no campo da nanotecnologia, como a L'oreal e a Nestlé<sup>28</sup>. No país, os esforços governamentais estão mais concentrados no fortalecimento dos laços internos de cooperação do que na promoção da colaboração entre nossas empresas e multinacionais estrangeiras.

O último aspecto de análise é o **conhecimento das políticas de fomento à inovação de outros países**, sendo o aspecto em que houve maior convergência nas respostas dos grupos de análise, todas considerando o aspecto com nível médio de desenvolvimento. As empresas atribuíram escore de 3,81 e as universidades um escore de 3,79.

Esta avaliação causou certa surpresa, pois um dos trabalhos melhor fundamentados dentro do MCT é o de missões internacionais de observação. O MCT já possui metodologias bem estruturadas de avaliação e tem realizado missões regulares para entendimento de como é conduzido o processo de inovação tecnológica em outros países, bem como tem procurado

---

<sup>28</sup> Segundo o estudo de Joseph, Tiju e Morrison, Mark. “*Nanotechnology in Agriculture and Food*”. Nanoforum Report. European Nanotechnology Gateway. Maio de 2006.

visualizar que políticas podem ser incorporadas ao espectro nacional de medidas de apoio à inovação.

## **8.10. Principais Problemas**

Além de responderem às perguntas sobre os aspectos selecionados, os entrevistados enumeraram em ordem decrescente de relevância, ou seja, do mais relevante para o menos relevante, os principais problemas e os aspectos mais importantes a serem desenvolvidos no SBI em nanotecnologia.

Desta forma, foi possível estabelecer um ranking com os principais problemas e pontos a desenvolver para análise que é apresentada nestas duas seções.

As opiniões dos grupos avaliadores divergiram pouco com relação aos fatores que mais prejudicam o desenvolvimento de um SBI em nanotecnologia. Neste sentido, podemos destacar a falta de recursos financeiros para investimentos, sejam eles privados ou federais, como o mais grave, bem como a preocupação real com a falta de interação entre os sistemas produtivo e científico em nosso país, fator que tem forte impacto no fluxo de conhecimento em nossa economia.

O que surpreendeu na avaliação realizada pelos grupos foi a ausência da interação entre empresas como um dos cinco maiores problemas do SNI. Esse fator é considerado, por grande parte dos autores, como um dos mais significativos e que, na avaliação do sistema empresarial, foi avaliado como de baixo nível de desenvolvimento.

Tabela 8.1: Principais problemas do SBI – Universidades

| <b>Principais Problemas – Universidades</b> |   |      |
|---|---|------|
| <b>1</b>                                    | Falta de interação entre as empresas privadas e o meio científico.  | 3,59 |
| <b>2</b>                                    | Falta de disponibilidade de recursos privados.  | 3,68 |
| <b>3</b>                                    | Indústria nacional inapta a absorver os conhecimentos produzidos pelo ambiente científico.                | 4,37 |
| <b>4</b>                                    | Baixa disponibilidade de recursos governamentais  | 4,81 |
| <b>5</b>                                    | Políticas governamentais inadequadas.   | 4,90 |
| <b>6</b>                                    | Baixa interação entre empresas para o desenvolvimento tecnológico de soluções com base em nanotecnologia. | 5,10 |
| <b>7</b>                                    | Capacitação técnica do pessoal.   | 6,47 |
| <b>8</b>                                    | Falta de interação entre as instituições de pesquisa.   | 6,75 |
| <b>9</b>                                    | Baixa utilização e aquisição de tecnologia estrangeira.   | 7,33 |
| <b>10</b>                                   | Falta de interação com instituições de renome internacional.  | 7,99 |

Na opinião dos pesquisadores universitários, considera-se que o maior problema do SNI em nanotecnologia é a falta de interação entre as empresa privadas e o meio científico. Segundo os entrevistados, a maior importância dada a este aspecto está diretamente relacionada à falta de aplicação ao que pode ser desenvolvido em nanociência dentro das instituições.



Em segundo lugar, está a falta de disponibilidade de recursos privados para investimento e em terceiro lugar, a falta de preparo da indústria nacional para absorver os conhecimentos desenvolvidos no ambiente científico.

Os quarto e quinto maiores problemas estão diretamente ligados à atuação do governo no processo de inovação, com a baixa disponibilidade de recursos e a falta de políticas adequadas às necessidades tecnológicas e estruturais de nosso país.

**Tabela 8.2: Principais problemas do SBI – Empresas**

| <b>Principais Problemas – Empresas</b> |  |
|--|--|
| <b>1</b>                               | Baixa disponibilidade de recursos governamentais. 4,14   |
| <b>2</b>                               | Políticas governamentais inadequadas. 4,19   |
| <b>3</b>                               | Falta de disponibilidade de recursos privados. 4,24  |
| <b>4</b>                               | Falta de interação entre as empresas privadas e o meio científico. 4,95  |
| <b>5</b>                               | Capacitação técnica do pessoal. 5,38   |
| <b>6</b>                               | Indústria nacional inapta a absorver os conhecimentos produzidos pelo ambiente científico. 5,86                |
| <b>7</b>                               | Falta de interação entre as instituições de pesquisa. 5,90   |
| <b>8</b>                               | Baixa interação entre empresas para o desenvolvimento tecnológico de soluções com base em nanotecnologia. 5,90 |
| <b>9</b>                               | Falta de interação com instituições de renome internacional. 6,86  |
| <b>10</b>                              | Baixa utilização e aquisição de tecnologia estrangeira. 7,57   |

Com relação às empresas, o principal problema apresentado foi a falta de recursos governamentais para investimentos mais robustos em inovação tecnológica, dado que o setor de nanotecnologia exige altos níveis de gastos para obtenção de resultados.

Em segundo lugar, as empresas criticam as políticas governamentais inadequadas, porém com um viés mais direcionado à falta de articulação entre as instâncias governamentais para implementação de ações mais eficazes.

Em terceiro lugar, é apresentada a falta de disponibilidade de recursos privados a serem aplicados em inovação tecnológica. Na opinião desses, só com uma maior participação dos investimentos das indústrias, com a popularização dos *business angels* e do fortalecimento do mercado de capitais, é que o país poderá atingir um alto nível de desenvolvimento no SBI.

Em quarto lugar, aparece a falta de interação entre as empresas e o ambiente acadêmico, reconhecendo a necessidade de maior diálogo e cooperação entre os sistemas, para que o SBI em nanotecnologia possa ser melhor estruturado.

Em quinto lugar, aparece a falta de capacitação técnica do pessoal para as atividades ligadas à NN. Por se tratar de uma tecnologia recente, mas muito promissora, pode ser visto pelo sistema produtivo como um possível gargalo do SBI para os próximos anos.

## **8.11. Aspectos Mais Importantes a Evoluir**

Os aspectos considerados mais relevantes para que o SBI em nanotecnologia possa se desenvolver no Brasil obedeceram à mesma tendência apresentada nos principais problemas, como de certa forma já era esperado. As maiores preocupações são quanto à disponibilidade de recursos, ao processo de colaboração entre empresas e à capacitação dos setores industriais para absorção de inovações.

Nessa avaliação, mais uma vez, a interação entre as empresas foi considerada um fator de menor relevância pelos grupos avaliadores. Ela aparece em penúltimo lugar, entre universidades, e em ante-penúltimo lugar na avaliação das empresas.

**Tabela 8.3: Aspectos mais importantes do SBI – Universidades**

| <b>Aspectos mais Importantes – Universidades</b>  |      |
|---|------|
| <b>1</b> Disponibilidade de recursos.   | 2,90 |
| <b>2</b> Aproximação entre as empresas e o meio acadêmico.                                  | 3,20 |
| <b>3</b> Políticas governamentais mais eficientes.  | 4,14 |
| <b>4</b> Capacitação do setor industrial para absorção do que é desenvolvido nacionalmente. | 4,20 |
| <b>5</b> Capacitação técnica do pessoal.  | 4,41 |
| <b>6</b> Equipamentos mais modernos.  | 5,69 |
| <b>7</b> Interação entre as instituições de pesquisa.                                       | 6,11 |
| <b>8</b> Interação entre as empresas.   | 6,81 |
| <b>9</b> Maior abertura ao que é desenvolvido internacionalmente.                           | 7,54 |

Segundo os pesquisadores universitários, o aspecto de maior importância para o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil é o aumento da disponibilidade de recursos, fruto dos altos custos de pesquisa desse tipo de tecnologia.

Em segundo lugar, aparece a aproximação das empresas junto ao meio acadêmico, no intuito de propiciar a melhoria no processo de transmissão de conhecimento entre as instituições.

Em terceiro lugar, aparece a necessidade de políticas de inovação governamentais mais eficientes e focadas. O governo deveria direcionar de forma mais eficiente os esforços de desenvolvimento em nanotecnologia, guiando o processo produtivo.

Em quarto lugar, a falta de capacitação do ambiente industrial para absorver inovações é apresentada como sendo de grande importância para que os desenvolvimentos provenientes do ambiente científico possam ser aproveitados industrialmente.

Em quinto lugar, aparece a necessidade de maior capacitação técnica de profissionais para atuação nas atividades de nanotecnologia, corroborando as análises realizadas por Galembeck (2003).

**Tabela 8.4: Aspectos mais importantes SBI – Empresas**

| <b>Aspectos mais importantes – Empresas</b>   |      |
|---|------|
| <b>1</b> Políticas governamentais mais eficientes.  | 3,38 |
| <b>2</b> Disponibilidade de recursos.   | 3,43 |
| <b>3</b> Capacitação do setor industrial para absorção do que é desenvolvido nacionalmente. | 4,19 |
| <b>4</b> Aproximação entre as empresas e o meio acadêmico.                                  | 4,38 |
| <b>5</b> Interação entre as instituições de pesquisa.                                       | 5,33 |
| <b>6</b> Capacitação técnica do pessoal.  | 5,67 |

|   |  |      |
|---|--|------|
| 7 | Interação entre as empresas.                             | 6,10 |
| 8 | Equipamentos mais modernos.                              | 6,24 |
| 9 | Maior abertura ao que é desenvolvido internacionalmente. | 6,29 |

As empresas sugerem que o aspecto que necessita de maior atenção são as políticas governamentais. Essa opinião vai de encontro aos maiores problemas colocados pelo grupo avaliador no ponto de análise anterior e comprovam a preocupação com os meios criados pelo governo para garantir a sustentabilidade do processo de inovação em nosso país.

Em segundo lugar, o aumento na disponibilidade de recursos, sejam eles privados ou estatais. Há a necessidade clara, segundo um dos entrevistados, de elevar o montante investido em nanotecnologia em nosso país.

Em terceiro lugar, a capacitação do setor industrial para absorção do que é desenvolvido no meio acadêmico. O fato desse aspecto estar imediatamente anterior à aproximação entre empresas e o meio acadêmico mostra que o ambiente industrial tem ciência de que não adiantará aumentar a cooperação com a academia sem que se eleve a capacidade interna de se absorver tecnologia.

Em quinto lugar, é apresentada como de grande importância a interação entre as instituições de pesquisa. Essa avaliação denota a relevância que está sendo dada à produção de conhecimento científico dentro desse novo mercado, para que o país possa ser competitivo internacionalmente.

## 8.12. Comparação com Pesquisas Anteriores

Os resultados apresentados pela pesquisa podem ser considerados significativos na explicação do construto que denominamos SBI em nanotecnologia. Para corroborar esta visão, há que se comparar os resultados nela obtidos com outras pesquisas já realizadas que analisaram o SBI.

Neste sentido, foram selecionados cinco estudos, com diferentes características, para auxiliar no processo: Schwartzman (1993), que analisou os SBI através de sua formação histórica; Villaschi e Campos (2001), que partiram da perspectiva de sistemas regionais para a análise do SBI; Santos (2002), que utilizou o modelo proposto por Bartholomew (1997) para avaliar o SBI em biotecnologia; Lastres et al. (2007), que analisou o SBI através da comparação com os SNI de outros países emergentes; e Galembeck (2003) que analisou as necessidades apresentadas pelo país para o desenvolvimento da NN. A seguir, verificam-se as principais considerações realizadas em cada um dos estudos.

A pesquisa realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), denominada “Ciência e Tecnologia no Brasil: uma nova política para um mundo global”, coordenada por Schwartzman, no ano de 1993, pode ser considerada uma das mais completas análises já realizadas sobre SBI. Seu objetivo principal foi apresentar a evolução histórica do SBI, identificando as principais causas dos problemas observados, e propor iniciativas de políticas públicas direcionadas às atividades de ciência e tecnologia, com foco em inovação e competitividade.

Nessa pesquisa, muitas questões relacionadas ao SBI foram discutidas e os principais resultados apresentados foram:

- Discrepância dos investimentos nos diferentes níveis de educação, sendo o nível superior mais estruturado e com maior disponibilidade de recursos do que os níveis fundamental e médio, fator que acentua o problema de capacitação, pois a população não está devidamente preparada para absorção de conhecimento;
- Há, no SBI, uma falta de articulação entre as instâncias governamentais na aplicação de políticas públicas voltadas à inovação da ciência e tecnologia. O governo federal centraliza e conduz a maior parte das ações com apoios isolados de alguns estados e municípios;
- Há, no SBI, uma falta de articulação entre os agentes econômicos do sistema. Os desenvolvimentos científicos não são aproveitados pela indústria, e a indústria, por sua vez, não solicita aos produtores de conhecimento soluções para suas necessidades;
- As instâncias governamentais não conseguem promover uma articulação entre as políticas macroeconômicas, industriais e de inovação de forma a auxiliar no desenvolvimento e fortalecimento das empresas de tecnologia;
- O setor privado nacional não atua da maneira devida nas atividades de ciência e tecnologia, possuindo pouca participação nos investimento e desenvolvimento de patentes;
- O país carece de mão-de-obra capacitada para atuar nas atividades de inovação, ciência e tecnologia. Nossas instituições de treinamento industrial estão aquém das necessidades competitivas do país; e
- O país não prioriza a atuação nos setores industriais em que pode ser competitivo internacionalmente.

Outra pesquisa relevante que avalia o nível de desenvolvimento do SBI foi realizada por Villaschi e Campos, em 2001. Nessa pesquisa, os autores buscaram estabelecer uma

análise do SBI a partir das evidências identificadas nos sistemas regionais de inovação no Brasil, constatando as principais limitações do SBI.

Dentre as descobertas realizadas pelos autores, podemos destacar:

- As limitações enfrentadas pelo país nos investimentos em educação nos níveis primário, secundário e técnico, fator que contribui para uma má formação geral e técnica de nossa mão-de-obra;
- A falta de cooperação entre as empresas tanto com relação ao desenvolvimento de novos produtos quanto na estruturação e formação de novos processos produtivos. Aspecto que restringe as potencialidades do processo de inovação no Brasil;
- Políticas governamentais inadequadas de apoio às atividades de ciência e tecnologia, que pouco auxiliam no fortalecimento das demandas por inovação no país;
- A falta de recursos para investimentos em pesquisa básica e aplicada. Aspecto derivado da ausência do setor privado no processo de inovação e das limitadas fontes de financiamento por parte do governo; e
- A falta de mecanismos fiscais de apoio às atividades industriais. O país possui uma elevada carga tributária, que inibe a formação de novas empresas e torna menos competitivos os produtos produzidos no país. São poucas as leis de incentivo à exportação e os benefícios por investimentos em inovação e modernização de parques industriais.

Uma análise do SBI focada especificamente em um setor de alta tecnologia foi desenvolvida, em 2002, por Santos. Em sua pesquisa, o autor tomou por base o modelo desenvolvido por Bartholomew (1997) e avaliou os principais aspectos relacionados ao SBI.



Dentre os principais aspectos analisados, podemos destacar os seguintes resultados:

- O SBI possui limitações quanto aos investimentos que são realizados nas atividades de pesquisa pelo governo, considerados insuficientes em sua análise;
- As pesquisas realizadas no país, hoje, possuem baixa orientação às necessidades apresentadas pelos setores industriais brasileiros;
- Os cientistas do país possuem pouca vocação para as atividades empresariais, o que dificulta o processo de formação de novas empresas de base tecnológica;
- Há, no SBI, uma baixa disponibilidade de mecanismos que possibilitem uma maior mobilidade da mão-de-obra entre as instituições científicas e os setores industriais produtivos;
- As instituições de pesquisa possuem bom relacionamento com entidades estrangeiras, possibilitando o intercâmbio de pesquisadores e de técnicas para o setor de biotecnologia;
- Baixo nível de importação de tecnologias que sejam aplicadas estrategicamente no ambiente industrial. Aspecto derivado dos custos elevados propiciados por nossa tributação e pelo baixo interesse dos empresários nacionais na busca de competitividade através da inovação;
- Há, no país, uma baixa colaboração entre as instituições de pesquisa e o setor produtivo, limitando a capacidade de absorção de novas tecnologias e conhecimentos que são produzidos;
- Cooperação entre empresas muito pouco desenvolvida, pois a maior parte das empresas que investem no setor busca parcerias com instituições de pesquisa ou através da atuação individualizada;

- Heterogeneidade dos investimentos em pesquisa por parte das empresas havendo algumas empresas com altos níveis de investimento e outras com baixo grau de contribuição;
- Profissionais que atuam nas atividades de biotecnologia bem capacitados para atuar no desenvolvimento de novos processos e produtos. Em muitas áreas da biotecnologia sobram profissionais qualificados;
- O mercado de *venture capital* do país ainda é pouco desenvolvido, sobrecarregando as demais formas de financiamento à inovação; e
- A falta de discussões regulatórias e de uma legislação definida para as atividades de biotecnologia constitui-se em um limitador para a diminuição do risco de investimento no setor de biotecnologia. O setor privado tem receio de investir em um segmento que pode vir a ter seu potencial limitado por ações regulatórias.

Em um estudo realizado pelo Projeto BRICS, conduzido pela Redesist da UFRJ, Lastres et al. (2007), foi realizada uma comparação dos níveis de desenvolvimento do SBI com os demais países formadores dos BRICS, ou seja, com os SNI de Rússia, Índia, China e África do Sul.

Dentre as principais questões discutidas pelo estudo, podemos destacar como características verificadas no SBI:

- O SBI possui profissionais extremamente qualificados se comparado aos demais países emergentes. Contudo, nossa distribuição é ainda muito desigual regionalmente, com as regiões sul e sudeste concentrando a maior parte dos profissionais, e

setorialmente, com setores industriais com maior disponibilidade de mão-de-obra treinada que outros;

- O país carece de uma articulação maior entre os agentes que compõem o sistema. As ações não são coordenadas e os agentes não se complementam, não produzem inovações de forma conjunta. Faltam políticas estruturadas de aproximação entre os atores do SBI;
- O SBI é fraco competitivamente em termos tecnológicos se comparado aos SNI de Rússia, Índia e China. O Brasil investe pouco na produção de bens de alto valor agregado e no fortalecimento de setores em que pode se posicionar na vanguarda do conhecimento;
- O SBI apresenta alta vulnerabilidade financeira. Nossos custos de capital são os mais elevados dentre os países analisados e possuímos limitados mecanismos de financiamento de longo prazo;
- O país carece de uma elevação nos recursos disponibilizados às atividades de pesquisa básica e aplicada, para aumentar o número de produtos, materiais e processos desenvolvidos, bem como gozar de uma maior participação no patenteamento de inovações; e
- As empresas nacionais possuem baixo nível de internacionalização, fator que auxiliaria no aumento de competitividade da indústria nacional.

Galembeck (2003) e sua equipe, ao desenvolverem um estudo que propôs medidas para o fortalecimento do Brasil no desenvolvimento da NN, realizaram uma análise simplificada dos principais problemas enfrentados pelo país para se estabelecer com um competidor internacional neste setor.

Dentre as principais considerações apresentadas podemos destacar:

- A necessidade de investimentos na formação dos pesquisadores brasileiros tanto em excelência quanto na diversidade de campos do conhecimento;
- A necessidade de se incentivar os pesquisadores brasileiros a realizarem intercâmbios com instituições de pesquisa internacionais, provendo a eles o acesso às tecnologias mais avançadas e ao conhecimento gerado internacionalmente na área;
- O país precisa motivar a capacitação de mestres e doutores nos aspectos técnicos relacionados à nanotecnologia;
- O Brasil deve promover a capacitação técnica de pessoal para atuar no desenvolvimento da nanotecnologia no ambiente industrial.
- Falta capacitação às indústrias para absorver o conhecimento gerado em nanociência e nanotecnologia dentro das universidades e institutos de pesquisa.
- O país possui um significativo parque industrial, caracterizado por equipamentos de médio e grande porte, mas que apresentam problemas nas instalações onde estão localizados e no processo de manutenção.
- A melhoria do parque industrial brasileiro depende do estabelecimento de parcerias mais eficazes entre o sistema científico e o sistema produtivo.
- Há um atual despreparo da infra-estrutura e das instalações brasileiras para atuar no setor, especialmente em nanofabricação e nanoeletrônica.
- O país precisa criar mecanismos para melhorar os testes de qualidade tornando-os cada vez mais rigorosos devido às especificidades dos insumos e de seu tamanho.
- Faltam informações disponíveis para auxiliar o governo na formulação de políticas destinadas à nanotecnologia.

Como podemos observar, algumas similaridades nos resultados das pesquisas realizadas podem ser observadas mesmo cada uma tendo se utilizado de um processo de análise particular. No mesmo sentido, a maioria dos pontos abordados nos estudos selecionados corrobora as descobertas auferidas neste trabalho, são eles:

1. Os baixos níveis de investimento na educação primária e secundária, que não possibilitam uma boa formação geral à nossa mão-de-obra.
2. A baixa capacidade de formação das instituições de treinamento industrial, que estão aquém das necessidades dos setores industriais brasileiros.
3. A necessidade de capacitação dos nossos mestres e doutores para atuar no desenvolvimento da NN.
4. O baixo nível de desenvolvimento do sistema regulatório, que não beneficia a formação e o desenvolvimento tecnológico das empresas no ambiente de ciência e tecnologia do país.
5. O baixo nível de desenvolvimento dos mecanismos de créditos provenientes do setor financeiro privado nacional, como *venture capital* e os *business angels*, bem como de linhas de financiamento próprias às atividades de inovação.
6. O baixo nível de articulação entre as instâncias governamentais, na aplicação de políticas públicas industriais e de inovação.
7. A falta de linhas de financiamento direcionadas às atividades de pesquisa básica e aplicada em nosso país.
8. A falta de infra-estrutura para pesquisa em NN no nosso país.
9. O baixo nível de orientação comercial das pesquisas realizadas, dificultando seu aproveitamento pelo setor produtivo.

10. O baixo nível de articulação e cooperação entre as empresas para o desenvolvimento de novos processos e novos produtos.
11. O baixo nível de articulação entre os agentes dentro do sistema de inovação, que restringe a difusão de tecnologias e conhecimentos.
12. O baixo nível de mobilidade da mão-de-obra entre os sistemas científicos produtivos no SBI.
13. O alto nível de interação do SBI com as instituições estrangeiras, o que auxilia no processo de aquisição de tecnologia desenvolvida fora do país.
14. O baixo nível de aquisição de tecnologias estrangeiras pelo setor produtivo, visto que o nível de cooperação é baixo.
15. O bom nível de relacionamento técnico-científico com instituições e pesquisadores estrangeiros, facilitando a transferência de conhecimentos.

No entanto, há alguns aspectos divergentes com as pesquisas anteriores, bem como alguns acréscimos que são apresentados a seguir.

Na pesquisa realizada, observa-se certo nível de descontentamento com a capacitação técnica de mestres e doutores para atuação nas atividades de inovação em NN. Contudo, na pesquisa realizada por Santos (2002), o nível de capacitação dos profissionais auferido foi considerado elevado, havendo, até mesmo, abundância de mão-de-obra qualificada em alguns segmentos.

Essa questão pode ser respondida, em parte, pelos resultados observados na pesquisa realizada por Lastres et al. (2007), onde os autores colocam que o nível de qualificação no país é elevado, porém com disparidades entre os setores. Como a pesquisa presente neste trabalho e a realizada por Santos (2002) possuem setores de análise diferentes, os resultados

podem seguir a mesma lógica, como o setor de biotecnologia possuindo profissionais melhores qualificados que os de NN.

Outra questão interessante discutida no trabalho de Santos (2002) e abordada de forma diferente neste estudo é a da legislação. Em biotecnologia, a legislação adotou uma importância muito grande, principalmente após os sucessos com a clonagem de mamíferos. A discussão da legislação em NN ainda é muito incipiente, não possuindo a devida atenção das autoridades públicas e privadas nacionais. Por esse motivo, foi retirada do escopo de análise, ainda no processo de construção da ferramenta de análise.

Um ponto de grande divergência deste estudo com as pesquisas supracitadas é o nível de investimento das empresas privadas em pesquisa aplicada. Nos estudos selecionados, o nível de investimento sempre é colocado com muito baixo, entretanto, para este estudo, os resultados mostraram-se um pouco diferentes. As empresas parecem mais focadas nas atividades de pesquisa, principalmente por conta dos benefícios econômicos que poderão ser auferidos com as descobertas na área de NN.

Outro aspecto relevante mostrado nesta pesquisa e considerado pouco desenvolvido nos trabalhos selecionados é a atuação das agências e bancos de fomento. Tanto empresas quanto universidades têm considerado positiva a atuação dessas instituições no SBI, o que não é citado nas pesquisas selecionadas, constituindo uma descoberta interessante para atuação em políticas públicas, pois as instituições gozam da confiança dos agentes e podem ser melhor utilizadas no processo de articulação.

Nesta pesquisa, é mostrada uma evolução do país nos aspectos patenteamento de produtos e publicações de artigos nacionais. O país ainda está aquém das principais potências do mundo, mas há, por parte dos atores dos sistemas científico e produtivo, o entendimento de que o país está se desenvolvendo gradualmente neste aspecto.

Uma questão discutida neste estudo e não apresentada nos cinco trabalhos anteriores aqui citados é a do nível de interação entre as instituições de pesquisa, que apresentou baixo nível de desenvolvimento segundo nossos respondentes, mostrando um novo aspecto a ser analisado com mais detalhes em estudos posteriores.



## 9. Conclusões

Como podemos observar ao longo do estudo, a NN tem crescido em importância em nível mundial, sendo considerada a nova revolução industrial, provavelmente a primeira neste milênio.

Os países mais desenvolvidos do mundo têm investido pesado neste novo ramo da ciência e da tecnologia, utilizando-se de todos os mecanismos já desenvolvidos em suas nações para se manterem na vanguarda do conhecimento.

O Brasil não se comporta de maneira diferente. O país estrutura-se continuamente para se estabelecer como um competidor relevante no novo mercado. Contudo, esbarra em determinadas limitações que inibem a aceleração deste processo.

O objetivo do presente estudo foi analisar o SBI e seus impactos sobre o desenvolvimento da NN no país, ou seja, traçar uma avaliação dos principais aspectos de um construto teórico que denominamos, aqui, de SBI em nanotecnologia.

Percebemos, ao longo do trabalho, que o país encontra sérias limitações ao desenvolvimento deste novo campo do conhecimento, que foram expressas de formas diversas, através da análise realizada.

Todos os sistemas delimitados pela ferramenta de análise apresentaram pelo menos um aspecto que necessita ser melhor estruturado para que o país se torne mais competitivo em nível internacional, nesta tecnologia.

Em termos gerais, os aspectos relacionados aos sistemas considerados base para o desenvolvimento de qualquer nação na perspectiva dos SNI obtiveram pior avaliação por parte dos grupos participantes da pesquisa. Os sistemas diretamente relacionados à

nanociência e à nanotecnologia foram caracterizados como de médio nível de desenvolvimento, o que demonstra certo avanço do país no segmento.

Em termos gerais, as avaliações realizadas pelos dois grupos foram bem distintas, com as empresas apresentando uma avaliação mais moderada do que a das universidades. As empresas só avaliaram dois sistemas como sendo de baixo desenvolvimento, enquanto as universidades consideraram que seis dos sistemas analisados estavam nessa situação. Da mesma forma, as empresas consideraram que há pelo menos um fator com bom nível de desenvolvimento, o que não se repetiu na análise realizada pelas universidades.

Deve-se ter a consciência de que os grupos avaliadores vivenciam realidades bem distintas e que muitos dos aspectos avaliados não são percebidos integralmente por eles. Dessa forma, consideramos que o exercício de comparação das análises teve grande importância, no intuito de alinhar os pensamentos dos agentes atuantes no mercado e, se possível, de aproximá-los, para corrigir distorções e falhas existentes, para que o país possa progredir e se desenvolver através da interação e do debate.

Os principais aspectos que devem ser melhor trabalhados em cada sistema e os pontos de maior destaque dentro da pesquisa realizada são apresentados a seguir.

## **9.1. Principais Aspectos Limitadores nos Sistemas Analisados**

- **Sistema Educacional:** O sistema educacional é provavelmente o maior problema geral em termos sociais e econômicos de nosso país. Foi um dos sistemas pior avaliados dentro de nossa pesquisa, com quase todos os aspectos com baixo ou muito baixo nível de desenvolvimento. As principais deficiências identificadas foram: o baixo nível de desenvolvimento nos ensinos primário e secundário, que retardam o

desenvolvimento científico geral da população nacional; a falta de infra-estrutura de trabalho para as instituições de ensino superior, gerando poucas condições de preparação para que os estudantes atuem no mercado de trabalho; e a falta de políticas educacionais de longo prazo, o que não condiz com as necessidades de um país que pretende se estabelecer na vanguarda do conhecimento em qualquer tipo de ciência, visto que isto é derivado de um longo processo de desenvolvimento.

- **Sistema Regulatório:** o sistema regulatório é considerado um problema sistêmico de nosso país. Derivado da falta de flexibilidade do governo nacional e das deficiências apresentadas pelas diversas instituições relacionadas é um fator de grande preocupação, pois interfere diretamente na competitividade das nações, já que inibe a transmissão do conhecimento, o surgimento de novas empresas e os investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias. Os principais problemas apresentados nesse sistema foram: o sistema tributário, que inibe a formação de novas empresas, e os investimentos em inovação; o sistema de patenteamento, considerado ainda muito lento e ineficiente para os padrões mundiais, o que pode ser considerado uma questão ainda maior, visto que nosso país não é um grande desenvolvedor de produtos e soluções para o meio industrial; e a falta de leis trabalhistas flexíveis que promovam uma maior circulação de profissionais entre os sistemas científico e empresarial e, por consequência, uma maior transmissão de conhecimento.
- **Sistema Financeiro:** considerado um dos pilares do SNI, o sistema financeiro tem papel determinante no ritmo do desenvolvimento tecnológico de um país. No Brasil, as instituições governamentais apresentam linhas de financiamento interessantes para a criação de empresas de base tecnológica. Contudo, o envolvimento do setor privado ainda é considerado um problema sem solução. Os principais aspectos de melhoria identificados foram: a fraca atuação do sistema financeiro nacional privado no

investimento em atividades de inovação, derivada principalmente dos altos riscos envolvidos no investimento em inovação tecnológica no país; e o papel desempenhado pelos *business angels*, elemento ainda pouco desenvolvido nas regiões mais pulsantes do Brasil e quase que inexistente nas regiões norte e nordeste.

- **Políticas de Inovação:** fator determinante no processo de evolução de qualquer nação em termos tecnológicos, as políticas de inovação foram um dos aspectos pior avaliados pelos grupos avaliadores. A principal deficiência encontrada está na falta de articulação das diferentes instâncias governamentais com relação ao processo de desenvolvimento tecnológico e industrial das regiões do país. Essa falta de “entrosamento” que é verificada no ambiente nacional limita a implementação de políticas mais consistentes e duradouras que beneficiem o processo inovativo no país.
- **Sistema Científico:** foi um dos sistemas melhor avaliados dentro da pesquisa, apresentando alguns pontos de destaque com relação aos demais aspectos analisados. Contudo, ainda há grande espaço para evoluções nas relações entre os institutos de pesquisa e as universidades, bem como um maior direcionamento das pesquisas realizadas para soluções para o ambiente industrial.
- **Sistema Produtivo:** sistema que promoveu a maior divergência entre os grupos avaliadores, o sistema empresarial é um dos pontos centrais dos SNI. Na pesquisa, verificamos algumas oportunidades de melhoria que potencializariam o desenvolvimento do SBI em nanotecnologia, são elas: uma aproximação das empresas produtoras de tecnologias de seus parceiros e concorrentes no processo inovativo, agregando suas capacitações e seus recursos, gerando maiores possibilidades de sucesso e uma maior transmissão de conhecimento no sistema; maiores investimentos em pesquisa e desenvolvimento, visto que nosso padrão de investimento em tecnologia ainda está muito aquém do dos países mais desenvolvidos; e uma maior

capacitação tecnológica em nanotecnologia tanto do ponto de vista do pessoal técnico especializado quanto dos equipamentos, instrumentação e processos voltados para a produção de produtos de base nanotecnológica.

- **Fluxo de Conhecimento:** a transmissão de conhecimento entre os sistemas científico e produtivo é fator determinante para que haja uma evolução contínua dentro do SNI. O país apresenta graves problemas relacionados a este aspecto, necessitando desenvolver soluções criativas para saná-los. A articulação entre empresas, universidade e institutos de pesquisa é extremamente baixa, fazendo com que grandes oportunidades de fortalecimento econômico do país sejam desperdiçadas ao longo dos anos. Uma maior preparação das agências governamentais para promover esta articulação deve ser realizada, bem como as próprias instituições presentes nos sistema devem buscar preparar pessoas em seus quadros para promover estes relacionamentos, auxiliando no processo de inovação e fortalecimento do SBI.

## 9.2. Aspectos mais Desenvolvidos nos Sistemas Analisados

- **Sistema Financeiro:** o sistema financeiro apresentou bom nível de desenvolvimento em dois dos aspectos analisados. As agências governamentais de financiamento à inovação tecnológica são consideradas bem preparadas e com linhas de financiamento adequadas à realidade nacional. Os bancos de fomento à inovação também foram bem avaliados pelas empresas especificamente. A todo ano são criadas novas linhas de financiamento e a disponibilidade de recursos é cada vez maior por parte das instituições.
- **Sistema Científico:** os principais destaques deste sistema são: o crescimento do número de publicações e patentes, em nível mundial, dos pesquisadores brasileiros em nanotecnologia, o que fortalece nossa posição como produtor de conhecimento e

motiva o processo contínuo de busca de novas soluções e do entendimento do mundo na escala nanométrica; os investimentos realizados nacionalmente em pesquisa aplicada, o que mostra uma maior preocupação com a captura do conhecimento gerado no ambiente científico pela indústria; e a tradição nacional nos setores relacionados à nanotecnologia, o que gera uma maior facilidade de transposição do conhecimento científico para esse novo mercado.

- **Sistema Produtivo:** com relação ao sistema empresarial, destacam-se dois aspectos. O primeiro é a disposição dos setores tradicionalmente já inovadores no país em investir em nanotecnologia, o que dá uma visão de continuidade e uma maior pré-disposição do setor industrial a se envolver no processo evolutivo dessa nova tecnologia. O segundo aspecto, que em muito tem a ver com a avaliação apresentada pelo primeiro, é o potencial para desenvolvimento da nanotecnologia no ambiente industrial brasileiro, visto que o país possui diversas necessidades tecnológicas, sociais e econômicas que estão perfeitamente correlacionadas a possibilidades vislumbradas para esta nova tecnologia.
- **Relacionamento com fontes de conhecimento estrangeira:** fator melhor analisado em nossa pesquisa, cujo desempenho é derivado dos diversos investimentos realizados pelo MCT e pelo Ministério de Relações Exteriores em estabelecer melhores relações com os mais diversos países. Como pontos de maior destaque, podem ser colocados os projetos internacionais desenvolvidos em nanotecnologia no país, o intercâmbio de pesquisadores e a formalização de parcerias de pesquisa tecnológica, todos os aspectos que propiciam uma maior transmissão de conhecimento e, por consequência, têm impacto positivo no processo de desenvolvimento do SBI em nanotecnologia.

Na avaliação dos principais problemas por parte dos grupos avaliadores, receberam maior destaque: a falta de disponibilidade de recursos, sejam eles privados ou governamentais; a baixa cooperação entre o ambiente científico e o ambiente empresarial; e as deficiências do governo brasileiro em implementar políticas de inovação mais eficientes no que tange à nanotecnologia.

Na avaliação da priorização dos aspectos a serem tratados, as políticas governamentais receberam maior destaque, seguidas de perto pela disponibilidade de recursos. Contudo, chama atenção um aspecto citado pelos pesquisadores de universidades e institutos de pesquisa, que é o nível de capacitação técnica dos pesquisadores nacionais. O país, se tem a intenção de ser competitivo nesse novo mercado que se desenha, necessita de maiores investimentos na formação de pessoal qualificado para trabalhar com nanotecnologia, e isso passa pelo fortalecimento das instituições, e de uma maior aproximação entre os meios empresarial/industrial e científico.

Neste sentido, podemos considerar que o maior problema para um maior desenvolvimento do SBI em nanotecnologia está no fortalecimento dos sistemas básicos de sustentação do SNI: o sistema educacional, o sistema regulatório e o sistema financeiro. Contudo, cabe aqui enfatizar a necessidade de uma maior aproximação entre os sistemas científico e empresarial, permitindo uma aceleração no processo evolutivo do SBI como outro aspecto fundamental para que outras questões sejam melhor endereçadas nacionalmente.

O governo brasileiro precisa ter uma perspectiva de longo prazo em suas ações, bem como precisa buscar uma maior articulação entre as diferentes instâncias governamentais. As políticas de inovação devem ser mais claras e direcionadas, como no caso da criação das redes de nanotecnologia, que vêm obtendo resultados positivos no ambiente científico e teriam potencial para serem estendidas ao ambiente empresarial, com a criação de redes de empresas de nanotecnologia.

A observação das ações que vêm sendo tomadas internacionalmente, bem como de políticas de inovação de relevante sucesso devem ser continuadas, para que o governo obtenha um maior entendimento das possibilidades de ação em termos nacionais.

Por fim, é importante salientar que o Brasil tem apresentado grande evolução na nanociência e na nanotecnologia. Muitos anos ainda serão necessários para que este novo mercado se estabeleça de forma concreta em termos mundiais. O Brasil ainda pode se posicionar de maneira competitiva neste mercado, a questão é tomar as ações corretas, tendo foco nos objetivos, que devem ser bem definidos.

### **9.3. Limitações da Pesquisa**

A pesquisa tem apenas caráter exploratório, não tendo objetivo algum de ser definitiva na análise do SBI em nanotecnologia. Neste sentido, algumas limitações são apresentadas pelo estudo:

- **Disparidade entre o número de respondentes dos grupos avaliadores:** os pesquisadores universitários foram maioria absoluta neste processo de avaliação, com cinco vezes mais respondentes do que o grupo das empresas. Apesar de ser consequência do fato incontestável de que no Brasil se faz muita ciência e pouca tecnologia, uma melhor distribuição dos grupos respondentes seria interessante, para comparação das visões apresentadas dentro do estudo.
- **Poucos grupos avaliadores:** neste trabalho, nos ativemos às avaliações de universidades, institutos de pesquisa e empresas, porém existem outros grupos de análise que poderiam ser considerados, como: agências governamentais, instâncias de governo, agentes de financiamento, etc.



- **Método de avaliação:** outros métodos de avaliação poderiam ter sido utilizados. Uma análise qualitativa dos sistemas mais voltada para as instituições talvez pudesse apresentar problemas mais específicos de cada um dos sistemas, além dos baseados na literatura já existente.
- **Questão temporal:** esta pesquisa está presa a um período histórico, podendo não ser mais válida como resultado de avaliação do SBI em nanotecnologia para os próximos anos, gerando necessidades de novas pesquisas.

#### 9.4. Sugestões para Novos Trabalhos

A necessidade de novos trabalhos complementares a este pode ser vislumbrada, principalmente através dos resultados apresentados.

- **Estudos específicos de cada sistema:** estudos específicos de cada sistema e seus impactos no SBI em nanotecnologia podem ser realizados, fazendo com que as deficiências aqui citadas sejam melhor entendidas e explicadas e ações mais direcionadas possam ser tomadas.
- **Comparação entre países e regiões:** outros estudos, utilizando o mesmo *framework* de análise, podem ser realizados, expandindo a visão geograficamente, estabelecendo comparações entre países ou regiões econômicas. Análises mais particularizadas de estados e regiões do país também seriam interessantes, principalmente do ponto de vista de política de inovação.
- **Análise de segmentos específicos da nanotecnologia:** uma análise segmentada dos diferentes campos da nanotecnologia também pode ser interessante, de forma a estabelecer os diferentes níveis de desenvolvimento desta tecnologia no país.

- **Estudos de Caso:** pesquisas de caráter mais qualitativo, como estudos de caso de instituições atuantes neste mercado, podem auxiliar no entendimento das relações e dos fluxos de conhecimento estabelecidos dentro do SBI.
- **Impactos Sociais:** um estudo sobre os impactos sociais da nanotecnologia para o Brasil poderia ser interessante, na medida em que poderia auxiliar no processo de comunicação dessa nova tecnologia, seus riscos e benefícios, facilitando o entendimento por parte do público.
- **Impactos Econômicos:** em uma linha mais direcionada às ciências econômicas, a nanotecnologia poderia servir de base para estudos e modelagens de reorganização industrial. Um exemplo que poderíamos usar é: se os tênis nunca mais se desgastassem, o que aconteceria com a indústria de calçados?

## Bibliografia

- Albuquerque, Eduardo da Motta e. Scientific Infrastructure and Catching-Up Process: Notes about a Relationship Illustrated by Science and Technology Statistics. *Rev. Bras. Econ.* Vol.55, Núm.4, pp.545-566. 2001.
- Albuquerque, Eduardo da Motta e, e Sicsú, João. “Inovação institucional e estímulo ao investimento privado. São Paulo em Perspectiva”. Vol. 14. pp. 108-114. 2000.
- Alves, Oswaldo Luiz. “A nanotecnologia cumprindo suas promossas”. Laboratório de Química em Estado Sólido – LQES. Unicamp. 2005a.
- Alves, Oswaldo Luiz. “Nanotecnologia e Desenvolvimento”. Laboratório de Química em Estado Sólido – LQES. Unicamp. 2005b.
- Alves, Oswaldo Luiz. “Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo”. Parcerias Estratégicas. MCT/CGEE. Brasília. Núm. 18 pp. 23-40. Agosto de 2004.
- Arrow, K. J. “*The Economic Implications of Learning by Doing.*” Review of Economic Studies. Vol. 29, pp. 155-173. 1962.
- Arundel, Anthony. “*European Trend Chart on Innovation - 2003 European Innovation Scoreboard: Technical Paper No 5 National Innovation System Indicators*”. European Commission. Enterprise Directorate-General. Innovation/SME`s Systems. 2003.
- Bartholomew, Susan. “*National systems of biotechnology innovation: Complex interdependence in the global system*”. Journal of International Business Studies. Vol.28, Iss. 2; pp. 241, 26 pgs. Washington. EUA. 1997.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M. e Rickne, A. “*Innovation systems: analytical and methodological issues.*” Research Policy. Vol. 31, pp. 233–245. 2002.

- Cassiolato, J. E. e Lastres, H. M. M. “Sistemas de Inovação: Políticas e Perspectivas”. *Parcerias Estratégicas*. Núm. 8. 2000.
- Cassiolato, José Eduardo, Rapini, Márcia Siqueira, e Bittencourt, Pablo. “A relação universidade-indústria no SNI Brasileiro: uma síntese de debate e perspectivas recentes”. Projeto Brics. Redesist. Instituto de Economia. UFRJ. 2007.
- Castelo Branco, Tatiana. “Ambiente brasileiro de inovação”. FINEP e MCT. 2005.
- Chang, Y-C. e Chen, M-H. “*Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective.*” *Technology in Society*. pp.17-37. 2004.
- CNI. “*Políticas Públicas de Inovação no Brasil*”. Brasília. 2005.
- Coutinho, L. “*Macroeconomic regimes and business strategies: an alternative industrial policy of Brazil in the wake of the 21st century*”. In: Cassiolato, J.; Lastres, H.; Maciel, M. (Ed.). “*Systems of innovation and development – evidence from Brazil*”. Cheltenham: Edward Elgar, 2003.
- Furtado, Celso. “Formação Econômica do Brasil”. 34ª Edição. 2007.
- Edquist C. Introduction. In: Edquist C, editor. “*Systems of innovation: technologies, organizations, and institutions.*” Pinter Publishers/Casell Academic. pp.1–35. London. 1997.
- Edquist C. e Hommen L. “*Systems of innovation: theory and policy for the demand side.*” *Technology in Society*. Vol. 21. Num. 1. pp. 63-79. 1999.
- Edquist, C. “*Systems of innovation for development.*” *Background paper for Chapter 1: “Competitiveness, Innovation and Learning: Analytical Framework”* for the UNIDO World Industrial Development Report (WIDR). 2001.
- Ergas, Henry. 1987. “*Does technology policy matter?*” *International Library of Critical Writings in Economics*. pp. 449-503. 1987.

- Feison, Stephen. “*National System of Innovation Overview and Country Cases*”. Working Paper. Center for Science, Policy and Outcomes. Boston. 2002.
- Freeman, C. “*Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*”. London: Pinter. 1987.
- Freeman, C. “*The 'National System of Innovation' in historical perspective.*” Cambridge Journal of Economics. Vol. 19 pp. 5-24. 1995.
- Freeman, C. “*Continental, national and sub-national innovation systems-complementarity and economic growth.*” Research Policy. Vol. 31. pp. 191–211. 2002.
- Freitas, H. et al. O método de pesquisa survey. Revista de Administração, Vol.35, Núm.3, pp.105-12, jul-set. 2000.
- Galembeck, Fernando. “Desenvolvimento da Nanotecnologia e da Nanociência.” MCT. Brasília. 2003.
- Galembeck , Fernando e Rippel, Márcia Maria. “Nanocompósitos poliméricos e nanofármacos: fatos, oportunidades e estratégias.” Parcerias Estratégicas. MCT/CGEE. Brasília. Núm. 18 p. 41-60. Agosto de 2004.
- Gartner, John. “*Military Reloads with Nanotech*”. *Technology Review*. MIT. 2005.
- Gerritzen, Gina, Huang, Li-Chin, Killpack, Keith, Mircheva, Maria, Conti, Joseph. “*A Review of Current Practices in the Nanotechnology Industry.*” Phase two Report: survey of current practices in the nanotechnology workplace. International Council on Nanotechnology (ICON). Novembro de 2006.
- Gibbons, M.C., H. Limoges, S. Nowotny, P.S. Schwartzman and M. “*Trow The New Production of Knowledge.*” Sage. London. 1994.
- Gil, Antônio Carlos. “Métodos e técnicas de pesquisa social”. Atlas. São Paulo. 1987.

- Greene, Catherine, e Carolyn Dimitri. “*Organic Agriculture: Gaining Ground*”. Amber Waves. Washington, DC: United States Department of Agriculture, February 2003.
- Guimarães, E. A. “A Política Industrial do Governo Collor: Uma Sistematização. Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior”. Texto para Discussão n1 72. Rio de Janeiro. Setembro, 1992.
- IBGE. “Síntese de Indicadores Sociais”. Rio de Janeiro. 2006.
- IBGE. “Pesquisa Nacional de Inovação – Pintec 2005”. Rio de Janeiro. 2007.
- Invernizzi, Noela e Foladori, Guillermo. “As nanotecnologias como solução da pobreza?” *Inclusão Social*. Brasília, Vol. 1, Núm. 2, pp. 66-72, abr./set. 2006.
- Joseph, Tiju e Morrison, Mark. “*Nanotechnology in Agriculture and Food*”. Nanoforum Report. European Nanotechnology Gateway. Maio de 2006.
- Johnson, A. and Jacobsson, S. “*Inducement and Blocking Mechanisms in the Development of a New Industry: the case of Renewable Energy Technology in Sweden.*” Coombs, R., Green, K., Richards, A. & Walsh, V. (eds): “*Technology and the Market. Demand, Users and Innovation.*” Edward Elgar Publishing Ltd. Cheltenham. pp. 89-111. 2000.
- Kuzma, Jennifer e VerHage, Peter. “*Nanotechnology in agriculture and food production: anticipated applications*”. Project on Emerging Nanotechnologies. Woodrow Wilson International Center for Scholars or The Pew Charitable Trust. Setembro de 2006.
- La Mothe J. e Paquet, G. “*National Innovation Systems, ‘Real Economies’ and Instituted Processes.*” *Small Business Economics*. Vol 11. pp. 101–111. Netherlands. 1998.

- Lastres, Helena, Cassiolato, José, Matos, Marcelo, Szapiro, Marina, Zucoloto, Graziela e Koeller, Priscila. “Estudo Comparativo dos sistemas de inovação no Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics)”. Redesist. Projeto BRICS. 2007.
- List, F. “*The National System of Political Economy.*” English Edition (1904). Longman. London. 1841.
- Liu, Xielin e White, Steven. “*Comparing innovations systems : a framework and application to China’s transitional context*”. Research Policy. 2001.
- Lundvall, B.-A. “*Product Innovation and User-Producer Interaction.*” Aalborg, Denmark: Aalborg University Press. 1985.
- Lundval, B. A. “*Innovation as an interactive process – from User – Producer interations to the National Systems of innovation*”, in Dosi, G et al. (eds), Technical Change and Economic Theory, London, Pinter Publishers. 1988.
- Lundvall, B. A. “*National Innovation Systems: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning.*” Pinter Publishers. London. 1992.
- Lundvall, B. A. “*National business systems and national systems of innovation*”. International Studies of Management & Organization. White Plains: Vol.29, Iss. 2; pg. 60. 1999.
- Lundvall, B. A. “*Tecnologia e Conhecimento na Nova Economia: Políticas de Inovação na Economia do Aprendizado*”. Parcerias Estratégicas. Número 10. 2001.
- Lundvall, B-A., Johnson, B., Andersen, E. S. e Dalum, B. “*National systems of production, innovation and competence building.*” Research Policy . Vol. 31. pp. 213–231. 2002.
- Lundvall, Bengt-Åke. “*National Innovation System: Analytical Focusing Device and Policy Learning Tool.*” ITPS, Swedish Institute for Growth Policy Studies. 2007.

- Macoubrie, Jane. *“Informed Public Perceptions of Nanotechnology and Trust in Government.”* Project on Emerging Nanotechnologies, Woodrow Wilson International Center for Scholars. September 2005.
- Marcovitch, Jacques. *“Administração em ciência e tecnologia.”* São Paulo. Brasil. 1983.
- Marques, Alfredo e Abrunhosa, Ana. *“Do modelo linear de inovação à abordagem sistêmica: aspectos teóricos de política económica”.* Centro de Estudos da União Européia (CEUNEUROP). Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra. Portugal. 2005.
- Martins, Paulo Roberto. *“Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente no Brasil: perspectivas e desafios”.* IPT. São Paulo. 2004.
- MCT. *“Ciência, tecnologia e inovação”.* Brasília. 2001.
- MCT. *“Relatório sobre a inclusão da nanotecnologia no fundo setorial de petróleo e gás”.* Brasília. 2004a.
- MCT. *“Relatório sobre a nanotecnologia no fundo setorial de energia”.* Brasília. 2004b.
- MCT. *“Consulta Delphi em nanociência e nanotecnologia: NanoDelphi – Relatório Final”.* Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília. 2005a.
- MCT. *“Relatório referente à gestão do programa “desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia” no exercício de 2005.* Brasília. 2005b.
- MCT. *“Relatório Nanotecnologia: missão exploratória ao Japão”.* Brasília. 2006a.
- MCT. *“Relatório nanotecnologia investimentos, resultados e demandas”.* Brasília. 2006b.



- MCT. “Iniciativas do MCT em nanotecnologia”. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação – SETEC e Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias – CGNT. 2007.
- Melo, Celso Pinto de e Pimenta, Marcos. “Nanociências e nanotecnologia”. Parcerias Estratégicas. MCT/CGEE. Brasília. Núm. 18 pp. 9-22. Agosto de 2004.
- Metcalfe, J.S. “*The economic foundations of technology policy: equilibrium and evolutionary perspectives.*” In: Stoneman, P. (Ed.), “Handbook of Economics of Innovation and Technological Change.” Blackwell. Oxford. 1995.
- Michelson, Evan, e David Rejeski. “*Falling Through the Cracks? Public Perception, Risk and the Oversight of Emerging Nanotechnologies,*” IEEE ISTAS Conference Proceedings, June 2006.
- Mota, Teresa G. “Interação universidade-empresa na sociedade do conhecimento: reflexões e realidade.” Ciência da Informação. Brasília. Brasil 1999.
- Nazareno, Cláudio. “Nanotecnologia”. Câmara dos Deputados. Brasília. 2004.
- Mowery, David C. e Sampat, Bhaven N. “*Universities in national innovation systems*”. The Oxford Handbook of Innovation. 2006.
- Nelson, R.R. and Rosenberg, N. “*Technical innovation and national systems.*” In: Nelson, R.R. (Ed.), “National Innovation Systems”. Oxford University Press, New York. 1993.
- Nelson, R. R. “Sistemas Nacionais de Inovação: retrospectos de um estudo”. Em Nelson, R. R. “As fontes do crescimento econômico.” Coleção Clássicos da Inovação. Editora Unicamp. Campinas. São Paulo. 2006.
- Niosi, J., Saviotti, P.P., Bellon, B. and Crow, M. “*National systems of innovations: in search of a workable concept.*” Technology in Society. Vol.15. pp. 207–227. 1993.

- Niosi, J. “*National systems of innovations are "x-efficient" (and x-effective) – Why some are slow learners.*” *Research Policy*. Vol. 31. Núm. 2. pp. 291-302. 2002.
- Niosi, J. e Banik, M. “*The evolution and performance of biotechnology regional systems of innovation*” *Cambridge Journal of Economics*.” Vol. 29 pp. 343–357. 2005.
- OECD. “*National Innovation Systems*”. Paris. 1997.
- OCDE. “*Managing National Innovation Systems.*” 1999.
- Otilia Saxl. “*Nanotechnology – a Key Technology for the Future of Europe*”. Julho de 2005.
- Padmore, T., Schuetze, H. e Gigson, H. “*Modeling Systems of Innovation: an enterprise center view.*” *Research Policy*. Vol. 26. pp. 605-624. 1998.
- Patel P., Pavitt, K. “*The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems.*” *STI Review*. Vol. 14. pp. 9–32. Paris.1994.
- Rosenberg, N. “*Inside the Black Box: Technology and Economics.*” Cambridge University Press. Cambridge. 1982.
- Porter, M. “*The Competitive Advantage of Nation.*” Free Press. Macmillan. New York. 1990.
- Roco, Mihail. “*Converging science and technology at the nanoscale:opportunities for education and training .*” *Nature Biotechnology*. Vol. 21. Núm. 10. Outubro de 2003.
- Roco, Mihail. “*Overview of the National Nanotechnology Initiative.*” Presentation to the National Research Council on March 23, 2005.
- Roos, Göran, Fernström, Lisa e Gupta, Oliver. “*National Innovation Systems: Finland, Sweden & Australia compared – learnings for Australia*”. Australian Business Foundation. November. 2005.
- Salamanca-Buentello et all. “*Nanotechnology and the Developing World*”. *PLoS Medicine* 2, e97. 2005.

- Santos, Renato Ferreira. “Sistema Nacional de Inovação em Biotecnologia – uma análise preliminar”. COPPEAD. UFRJ. Rio de Janeiro. 2002.
- Schawartzman, Simon. “*A Space for Science – The Development of the Scientific Community in Brazil*”. University Park, Penn.: Pennsylvania State University Press. 1991.
- Schawartzman, Simon. “Ciência e tecnologia no Brasil: uma política para um mundo global”. MCT e Bird. FGV. São Paulo. 1993.
- Shan, William e Hamilton, William Country-Specific “*Advantage and International Cooperation*”. Strategic Management Journal, Vol. 12. pp. 419-432. 1991.
- Silva, Cylon Gonçalves da. “Programa Nacional de Nanotecnologia e o Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia”. LNLS. 2003.
- Silva, Cylon Gonçalves da. “Nanotecnologia: o desafio nacional”. Parcerias Estratégicas. MCT/CGEE. Brasília. Núm. 18 pp. 5-8. Agosto de 2004.
- Stoper, M. “*The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*”. Guilford Press. New York. 1997.
- Szapiro, M. “*Downgrading local capabilities in IT: the telecom innovation system in Campinas*”. In: Cassiolato, J.; Lastres, H.; Maciel, M. (Ed.). *Systems of innovation and development – evidence from Brazil*. Cheltenham: Edward Elgar, 2003.
- Technology Transfer Centre. “*Government Funding, Companies and Applications in Nanotechnology Worldwide 2007*”. 2007.
- Tironi, Luís Fernando. “Política de inovação tecnológica: escolhas e propostas baseadas na PINTEC.” São Paulo em Perspectiva. Vol. 19, Núm. 1, pp. 46-53, jan./mar. 2005.
- Toma, Henrique Eisi. “Ética e humanismo em nanotecnologia.” Parcerias Estratégicas. MCT/CGEE. Brasília. Núm. 18 pp. 87-98. Agosto de 2004.

- Umwelt Bundes Amt (UBA). “*Nanotechnology: Opportunities and Risks for Humans and the Environment*”. Agosto de 2006.
- UNESCO. “*The ethics and politics of nanotechnology*”. 2006.
- Vergara, Sylvia Constant. “Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração”. São Paulo: Atlas, 1997.
- Viale, Riccardo, Ghiglione, Beatrice e Rosseli, Fondazione. “*The triple helix model: a tool for the study of European Regional Socio Economic Systems.*” The IPTS Report. 1998.
- Villaschi, Arlindo. “Anos 90: uma década perdida para o SNI brasileiro?” São Paulo em perspectiva Vol.19 pp. 3-20. 2005.
- Villaschi, Arlindo e Campos, Renata Ramos. “From local to national systems of innovation: empirical evidences from the Brazilian case”. DRUID’s Nelson and Winter Summer Conference. 2001.
- Viotti, Eduardo B. “*National Learning Systems – A new approach on technical change in late industrializing economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea.*” Technological Forecasting and Social Change. Vol. 69. pp. 653-680. 2002.
- Viotti, Eduardo B. “Evolução e desafios da política brasileira de ciência e tecnologia – o papel reservado às empresas”. In: Seminário Internacional sobre Avaliação de Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação. CGEE. Rio de Janeiro. Brasil. 2007.
- Walsh, Ben. “*Environmentally Beneficial Nanotechnologies: Barriers and Opportunities*”. Oakdene Hollins. Maio de 2007.

## ANEXO I: Aplicações da Nanotecnologia em Setores Selecionados

| Setores                     | Aplicações  |
|-----------------------------|---|
| Automotiva e Aeroespacial   | <p>Materiais mais leves reforçados por nanopartículas;</p> <p>Pneus que durem mais tempo e sejam recicláveis;</p> <p>Tintas que não sofram os efeitos da salinidade marinha;</p> <p>Plásticos não inflamáveis e mais baratos;</p> <p>Tecidos e materiais de revestimento com poder de auto-reparação.</p>   |
| Eletrônica e de Comunicação | <p>Registro de dados por meio de nanocamadas e semicondutores moleculares;</p> <p>Aumento da velocidade de processamento de dados e capacidade de armazenamento de informações;</p> <p>Computadores cem vezes mais rápidos e muito menores e leves poderão programar a produção segundo as características de desenho, tamanho, forma, cor, cheiro, resistência, etc, do comprador.</p>   |
| Química e de materiais      | <p>Catalisadores que aumentem a eficiência energética das plantas de transformação química e que aumentem a eficiência da combustão dos veículos motores (diminuindo, assim, a poluição);</p> <p>Ferramentas de corte extremamente duras e resistentes;</p> <p>Fluídos magnéticos inteligentes para uso como lubrificantes;</p> <p>Nanocompósitos que combinem propriedades de materiais díspares, tais como polímeros e argilas.</p> |

|                |   |
|----------------|---|
| Instrumentação | <p>Engenharia de precisão, visando à produção de novas gerações de microscópios e de instrumentação para medida, para novos processos e desenvolvimento de novas ferramentas para manipular a matéria em nível atômico;</p> <p>Incorporação de nanopós, com propriedades especiais em materiais a granel, tais como os sensores que detectam e corrigem fraturas iminentes;</p> <p>Automontagem de estruturas a partir de moléculas;</p> <p>Materiais inspirados pela biologia e bioestruturas.</p>       |
| Militar        | <p>Detectores e remediadores de agentes químicos e biológicos;</p> <p>Circuitos eletrônicos cada vez mais eficientes;</p> <p>Materiais e recobrimentos nanoestruturados muito mais resistentes;</p> <p>Tecidos mais leves e com propriedades de auto-reparação;</p> <p>Novos substituintes para o sangue;</p> <p>Sistemas de segurança miniaturizados;</p> <p>Armas inteligentes;</p> <p>Roupas inteligentes que se adaptem às condições climáticas, mantendo o corpo sempre na temperatura desejada.</p> |

Fonte: UNESCO (2006), Alves (2005) e Gartner (2005).

## ANEXO II: Produtos de Nanotecnologia Desenvolvidos no Brasil

| Produtos          | Desenvolvedor  | Descrição   | Aplicação  |
|-------------------|--|---|--|
| Língua Eletrônica | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).   | Sensor gustativo.                                     | Avalia a qualidade de líquidos e identifica sabores.   |
| Grafite           | Faber Castell/<br>Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica (LIEC) – Universidade do Estado de São Paulo (UNESP). | Lápis com nanopartículas organometálicas adicionadas. | Mais resistência, maciez e intensidade de cor.   |
| n-Domp            | Ponto Quântico/<br>Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).  | Dosímetro de raios UV.                                | São três camadas de filmes finos:<br>- A primeira guarda as informações da dose de UV;<br>- A segunda permite a leitura da dose; e<br>- A terceira bloqueia interações com água. |
| Biphor            | Bunge/ Universidade de Campinas  | Tinta branca com nanopartículas de                    | Substitui o dióxido de titânio, que é tóxico, sendo não  |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|   | (Unicamp).  | fosfato amorfo de alumínio.                                       | tóxico, mais barato e dando maior durabilidade.   |
| Prótese Arterial                          | Nano Endoluminal.   | Endoprótese para cirurgia aórtica.                                | Sistema nanoestruturado que diminui o tempo de internação dos pacientes.                        |
| True Life<br>Silpure                      | Diklatex.   | Nanopartículas de prata aderidas ao tecido.                       | Evita o mau odor, a descoloração do tecido e manchas.   |
| Secador de cabelos                        | Nanox/ Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) / TAIFF. | Primeiro secador de cabelo desenvolvido a base de nanotecnologia. | Nanopartículas de titânio que eliminam bactérias e fungos do ar.                                |
| Sistema de liberação controlada de drogas | Nanocore.   | Nanocápsulas.   | Menores concentrações e toxicidade;<br>Maior efetividade da droga;<br>Efeito terapêutico local. |
| Taubarez T 940                            | Indústrias Químicas de Taubaté.   | Dispersão aquosa aniônica de copolímero de                        | Utilizado como um polímero barreira em cartões e papel (embalagens),                            |



|                                 |            |                                 |   |
|---------------------------------|------------|---------------------------------|---|
|                                 |            | estireno butadieno carboxilado. | para água e óleo.   |
| Revestimentos                   | Nanox.     | Revestimentos nanoestruturados. | Resistência a altas temperaturas, corrosão, contaminação biológica, água, produtos químicos;<br>Aumentam em 100% a vida útil do equipamento;<br>Aplicação no setor petroquímico, farmacêutico, automobilístico e da construção civil. |
| Vitactive nanoserum anti-sinais | Boticário. | Nanocosmético.                  | Possui sistema de “liberação direcionada” dos ingredientes ativos nas camadas da pele: Comucel (complexo antienvelhecimento); Prio-xin (complexo antioxidante); Lumiskin® (clareador e atenuador de olheiras) e vitaminas A, C e K.   |

|   |          |   |  |
|---|----------|---|--|
| CVdentus                                      | CVD.     | <p>Ponta odontológica ultra-sônica constituída de uma pedra única de diamante depositada por CVD.</p> | <p>Alta durabilidade;<br/>Silencioso, indolor, preciso;<br/>Ausência de sangramento (não corta tecido mole);<br/>Não agressivo ao meio ambiente.</p>   |
| Nanocompósitos de polipropileno e polietileno | Braskem. | Nanocompósitos.   | <p>Aplicação no setor de embalagens, automobilístico, engrenagens, máquinas e equipamentos, eletroeletrônicos, eletrodomésticos, etc;<br/>Maior durabilidade, resistência ao calor, impermeabilidade à umidade e óleo.</p> |

Fonte: MCT (2007).

## **ANEXO III: Questionário de Pesquisa**

### **Sistema Nacional de Inovação em Nanotecnologia**

#### **Informações Cadastrais**

1. Nome:

2. Idade:

3. Tipo de Instituição (ões) em que trabalha

- Indústria (empresa)
- Universidade
- Instituto de pesquisa
- Órgão de fomento
- Órgão de financiamento
- Instância governamental (secretarias, ministérios, etc.)

4. Nome da (s) instituição (ões) em que trabalha

Instituição 1:

Instituição 2:

Instituição 3:

5. Área do conhecimento em que atua

- Engenharias
- Física
- Química
- Biofísica
- Bioquímica
- Farmácia
- Medicina
- Outros

## **2. Sistema Científico**

Neste momento, iniciamos nosso processo de entendimento de sua visão sobre o sistema nacional de inovação em nanotecnologia. Todas as afirmações subsequentes são de extrema importância e estão relacionadas ao ambiente nacional ligado diretamente às atividades de nanociência e nanotecnologia.

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. São realizados investimentos maciços em pesquisa básica em nanociência e nanotecnologia no país.

1    2    3    4    5    6

2. Foram criados fundos específicos destinados à pesquisa aplicada em nanotecnologia.

1    2    3    4    5    6

3. As pesquisas desenvolvidas em nanociência e nanotecnologia no país estão focadas no desenvolvimento de soluções para o meio industrial.

1    2    3    4    5    6

4. Estão sendo investidos recursos suficientes para formação de mestres e doutores em campos correlatos à nanotecnologia, com o intuito de formar capital intelectual para nossas pesquisas neste segmento.

1    2    3    4    5    6

5. Nossas instituições dispõem dos equipamentos necessários para realização de pesquisa de ponta em nanotecnologia.

1    2    3    4    5    6

6. Possuímos tradição científica, em nível mundial, nos campos da ciência que são base para nanotecnologia (engenharias, farmácia, física, química, biomedicina, biofísica, bioquímica, etc.)

1    2    3    4    5    6

7. Há muitas parcerias entre pesquisadores e entre instituições de pesquisa para desenvolvimento de projetos de nanociência e nanotecnologia.

1    2    3    4    5    6

8. O número de publicações científicas de pesquisadores nacionais em nanotecnologia é crescente.

1  2  3  4  5  6

9. O número de patentes registradas é crescente em nosso país.

1  2  3  4  5  6

### **3. Sistema Empresarial**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. Os setores industriais em que a nanotecnologia pode ser aplicada são historicamente inovadores no país.

1  2  3  4  5  6

2. O número de patentes registradas por empresas em nanotecnologia tem aumentado progressivamente.

1  2  3  4  5  6

3. As empresas nacionais possuem parcerias tecnológicas com fornecedores e clientes para desenvolvimento de competências tecnológicas e desenvolvimento de inovações.

1  2  3  4  5  6

4. As empresas nacionais investem alto em pesquisa e desenvolvimento.

1  2  3  4  5  6

5. As empresas nacionais têm o costume de se agregar a concorrentes para formação de parcerias tecnológicas.

1  2  3  4  5  6

6. As empresas nacionais têm capacitação tecnológica para absorver os desenvolvimentos tecnológicos realizados em nanotecnologia.

1  2  3  4  5  6

7. As empresas nacionais têm capacidade de criar produtos à base de nanotecnologia.

1  2  3  4  5  6

#### **4. Fluxo de Conhecimento entre os Sistemas Científico e Empresarial**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. É grande o número de parcerias tecnológicas entre empresas e universidades no intuito de desenvolver pesquisas em nanotecnologia.

1  2  3  4  5  6

2. Considera-se relativamente elevado o número de patentes em colaboração entre universidades, empresas e institutos de pesquisa.

1  2  3  4  5  6

3. As empresas estão investindo em projetos de desenvolvimento de nanotecnologia nos institutos de pesquisa e universidades nacionais.

1  2  3  4  5  6

4. É comum um pesquisador de destaque ir desenvolver projetos de tecnologia no setor industrial.

1  2  3  4  5  6

5. Há investimentos diretos de empresas em pesquisa básica e aplicada em nanotecnologia.

1  2  3  4  5  6

6. Os institutos de pesquisa e universidades desenvolvem projetos diretamente para formação de parcerias tecnológicas com a indústria.

1  2  3  4  5  6

#### **5. Relacionamento com o Ambiente Externo**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. O país tem parcerias de cooperação com outros países que beneficiam o desenvolvimento da nanotecnologia nacionalmente.

1  2  3  4  5  6

2. É regular o intercâmbio de pesquisadores entre o Brasil e outras nações.

1  2  3  4  5  6

3. Temos projetos internacionais de nanotecnologia sendo desenvolvidos no país.

1  2  3  4  5  6

4. A aquisição de tecnologia estrangeira é fato recorrente no ambiente científico brasileiro.

1  2  3  4  5  6

5. Há parcerias internacionais para desenvolvimento de projetos em nanotecnologia na indústria.

1  2  3  4  5  6

6. Há uma preocupação das instituições de fomento à inovação em conhecer como são desenvolvidas as políticas de inovação de nanotecnologia em outros países.

1  2  3  4  5  6

## **6. Sistema Educacional**

Neste momento, iniciamos uma etapa de afirmações mais genéricas, buscando identificar aspectos relevantes do ambiente que cerca as atividades de pesquisa e de produção industrial em nanotecnologia, em nosso país.

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. O governo investe os recursos necessários no ensino primário e secundário, criando condições de desenvolvimento profissional para toda a população.

1  2  3  4  5  6

2. Possuímos instituições de treinamento industrial competentes e diversificadas para atender à demanda da indústria nacional com qualidade.

1  2  3  4  5  6

3. As instalações das instituições de ensino estão preparadas para as necessidades educacionais e psicossociais dos nossos estudantes.

1  2  3  4  5  6

4. Os investimentos no ensino superior são suficientes para preparar adequadamente nossos estudantes para atuar diretamente no mercado de trabalho.

1  2  3  4  5  6

5. Os nossos currículos universitários priorizam a interdisciplinaridade e uma visão prática das profissões que serão exercidas.

1  2  3  4  5  6

6. Nossos estudantes de ensino superior recebem o treinamento adequado para trabalhar no mercado com atividades de tecnologia.

1  2  3  4  5  6

7. Temos políticas educacionais de longo prazo, voltadas para a melhoria das condições de vida da população e para a inserção de pessoas no mercado de trabalho.

1  2  3  4  5  6

8. Nossas universidades têm compreendido as novas necessidades de comunicação, gerenciamento da mudança, gerenciamento de tempo, trabalho em equipe e capacidade de adaptação e incluído estes aspectos nas atividades realizadas.

1  2  3  4  5  6

### **7. Sistema Regulatório**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. O país propõe-se a exercer o que está descrito em suas leis, preservando a ordem social e suas instituições.

1  2  3  4  5  6

2. O país possui leis que estimulam a formação de novas empresas.

1  2  3  4  5  6

3. As empresas de tecnologia possuem um sistema tributário diferenciado, para estimular a inovação.

1  2  3  4  5  6

4. As leis trabalhistas são flexíveis e permitem que o profissional da área de tecnologia obtenha facilidade de transitar do meio acadêmico-científico para os setores produtivos.

1  2  3  4  5  6

5. O país possui um sistema de patentes rápido e eficiente.

1  2  3  4  5  6



6. O país faz valer em seu território as leis que preservam a propriedade intelectual de empresas e de pesquisadores.

1    2    3    4    5    6

7. Há impostos mais baratos para permitir a importação de tecnologia e que possibilitem o aumento de competitividade de nossas indústrias.

1    2    3    4    5    6

### **8. Sistema Financeiro**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. Existem agências de financiamento especializadas no investimento nas atividades de inovação tecnológica.

1    2    3    4    5    6

2. Os recursos provenientes das instituições de apoio à inovação são suficientes para as necessidades de desenvolvimento tecnológico do país.

1    2    3    4    5    6

3. Existem fundos de *venture capital* focados em projetos de inovação tecnológica.

1    2    3    4    5    6

4. O sistema financeiro nacional (bancos comerciais) investe em inovação tecnológica no país.

1    2    3    4    5    6

5. A atuação de *business angels* (investidores que apóiam projetos de empresas de tecnologia) é uma realidade no mercado brasileiro de tecnologia.

1    2    3    4    5    6

6. Os bancos de fomento e desenvolvimento possuem linhas especiais, de longo prazo, destinadas a empresas de inovação tecnológica.

1    2    3    4    5    6

## **9. Políticas de Inovação**

Por favor, atribua graus de concordância de 1 a 6 (sendo 1 discordo totalmente e 6 concordo totalmente) às afirmações apresentadas.

1. O país possui instituições que promovam a articulação entre o sistema científico e o sistema industrial/empresarial.

1    2    3    4    5    6

2. Há uma articulação entre os governos locais, estaduais e federal para promoção de políticas industriais.

1    2    3    4    5    6

3. Há uma articulação entre as diversas instâncias do governo no país para investimentos e formação de instituições voltadas à promoção da inovação e tecnologia.

1    2    3    4    5    6

4. O país possui instituições e programas voltados para formação de novas empresas de base tecnológica.

1    2    3    4    5    6

5. O governo instituiu formas de promover o relacionamento entre as instituições de ensino, pesquisa e o setor produtivo.

1    2    3    4    5    6

6. O governo tem políticas seletivas de investimento focadas nas tecnologias em que o país pode ser mais competitivo.

1    2    3    4    5    6

## **10. Análise de Aspectos Gerais**

1. Enumere, de forma crescente (sendo 1 o maior), os problemas para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia no país.

- a) Falta de interação entre as instituições de pesquisa.
- b) Políticas governamentais inadequadas.
- c) Baixa disponibilidade de recursos governamentais.
- d) Falta de interação entre as empresas privadas e o meio científico.
- e) Falta de disponibilidade de recursos privados.

- f) Baixa utilização e aquisição de tecnologia estrangeira.
- g) Falta de interação com instituições de renome internacional.
- h) Capacitação técnica do pessoal.
- i) Indústria nacional inapta a absorver os conhecimentos proporcionados pelo ambiente científico.
- j) Baixa interação entre empresas para o desenvolvimento tecnológico de soluções com base em nanotecnologia.

2. Enumere em ordem crescente de importância (sendo 1 o mais importante) os aspectos abaixo, para o desenvolvimento da nanotecnologia no país.

- a) Disponibilidade de recursos.
- b) Interação entre as instituições de pesquisa.
- c) Interação entre as empresas.
- d) Aproximação entre as empresas e o meio acadêmico.
- e) Maior abertura ao que é desenvolvido internacionalmente.
- f) Equipamentos mais modernos.
- g) Capacitação técnica do pessoal.
- h) Políticas governamentais mais eficientes.
- i) Capacitação do setor industrial para absorção de tecnologia nacional.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)