

UFRRJ

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE CIÊNCIAS SOCIAIS
EM DESENVOLVIMENTO, AGRICULTURA E SOCIEDADE**

TESE DE DOUTORADO

**CIÊNCIA DO FUTURO: A COMUNIDADE DE PESQUISA E O
CICLO DA POLÍTICA DE NANOCIÊNCIA NO BRASIL**

JORGE LUIZ DOS SANTOS JUNIOR

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PÓS-GRADUAÇÃO DE CIÊNCIAS SOCIAIS EM
DESENVOLVIMENTO, AGRICULTURA E SOCIEDADE**

**CIÊNCIA DO FUTURO: A COMUNIDADE DE PESQUISA E O
CICLO DA POLÍTICA DE NANOCIÊNCIA NO BRASIL**

JORGE LUIZ DOS SANTOS JUNIOR

Sob a Orientação da Professora

Maria de Fátima Ferreira Portilho

Tese de Doutorado submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade.

Rio de Janeiro, RJ

Dezembro de 2011

620.5
S237c
T

Santos Junior, Jorge Luiz dos.

Ciência do futuro: a comunidade de pesquisa e o ciclo da política de nanociência no Brasil/Jorge Luiz dos Santos Junior / 2011.

176f.

Orientadora: Maria de Fátima Ferreira Portilho

Tese (doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Humanas e Sociais.

Bibliografia: f. 165-175)

1. Política científica - Teses. 2. Permeabilidade do Estado – Teses. 3. Nanotecnologia - Teses. 4. Riscos globais – Teses. I. Portilho, Maria de Fátima Ferreira. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE CIÊNCIAS SOCIAIS EM
DESENVOLVIMENTO, AGRICULTURA E SOCIEDADE**

JORGE LUIZ DOS SANTOS JUNIOR

Tese submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências Sociais**, no Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade.

TESE APROVADA EM 02/12/2011.

Dra. Maria de Fátima Ferreira Portilho. CPDA/UFRRJ
(Orientadora)

Dra. Maria Celina D'Araújo. PUC-RJ

Dr. Eduardo Cesar Marques. Dr. DCP/FFLCH/USP

Dr. César Augusto Miranda Guedes. DCE/ICHS/UFRRJ

Dr. Jorge Osvaldo Romano. CPDA/UFRRJ

*À Ercília e Jorge por minha educação primeira,
aos Irmãos pela minha razão, à Dolly pelo
companheirismo, à Miguel pela alegria de ser
humano.*

AGRADECIMENTOS

Nos agradecimentos que preparei para minha dissertação há alguns anos, tive a oportunidade de citar várias pessoas que me ajudaram a alcançar aquela etapa de formação. Assim, primeiramente, gostaria de estender esses agradecimentos a todos que naquele momento foram lembrados.

Quero agradecer também ao corpo docente e discente do CPDA, pela gentileza, harmonia, reflexões e conhecimentos, dádivas que pude compartilhar ao longo desses anos. No CPDA, além da produção científica, temos a oportunidade de experimentar valores e anseios dos mais nobres que se pode encontrar na vida acadêmica e social.

Agradeço à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial, ao Colegiado do Departamento de História e Economia do Instituto Multidisciplinar, que abriu mão de parte do meu tempo de trabalho permitindo minha busca por novos conhecimentos no curso de Doutorado.

Sou grato também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que concedeu uma Bolsa de Doutorado Sanduíche, possibilitando minha inserção temporária no Programa de Pós-Graduação em Ciência Política da Universidade de São Paulo.

Destaco que ao longo dessa empreitada várias foram as pessoas que me motivaram. De forma especial, agradeço à minha orientadora, Dra. Fátima Portilho, que sempre buscou encontrar pontos positivos nos devaneios existentes em manuscritos parciais, nas diversas etapas da construção dessa tese. Além dela, importante também foram as observações de minha banca de qualificação, o Dr. Jorge Romano e o Dr. Eduardo Marques. O primeiro, Jorge Romano, teve contato com a primeira fase de meu projeto de investigação, ainda no processo de seleção para o Doutorado. O segundo, Eduardo Marques, conheceu o projeto um pouco mais maduro, porém, ainda carente de muitos contornos. Eduardo me motivou intelectualmente em alguns encontros que tivemos por conta da bolsa de Doutorado Sanduíche na USP.

Além de Fátima, Jorge Romano e Eduardo Marques, agradeço ao Professor Dr. César Guedes e à Professora Dra. Maria Celina D'araújo pelos profícuos e enriquecedores comentários realizados durante a defesa dessa Tese.

Agradeço também às pessoas que dedicaram parte de seu tempo à leitura, correção e comentários sobre meu trabalho, em especial, Clarice Menezes, Wander Luiz e Robson Dias, mais do que leitores, foram grandes animadores para que a empreitada chegasse ao fim. Um grande obrigado também ao amigo Fabrício Marques pelas dicas na dinamização das tabelas que serviram de base para a construção das matrizes e da base de dados.

Quero agradecer à todos os meus amigos e familiares, que em muitas situações me viram ausentes de momentos importantes da vida social. Aqui está o resultado da motivação, carinho e alegria emanados de vocês. Deivid, já pode me chamar de Doutor!

E claro, agradeço à Dolly, minha companheira, por entender todos os “não posso” desse período, por me incentivar e, principalmente, por ter me dado durante o período de feitura da Tese a produção mais bela da natureza humana, meu filhote, o Miguel. Ele foi a maior motivação para a finalização do trabalho.

A atividade científica exige, como pré-condição, a existência de uma comunidade de pessoas que trabalham livremente, na utilização máxima de sua capacidade intelectual, em contato ativo com seus colegas dentro e fora do país, e recebendo para isto o apoio e o reconhecimento da sociedade. Para que este reconhecimento possa existir, no entanto, faz-se necessária sua recíproca: o aumento da responsabilidade social da própria comunidade científica.

Simon Schwartzman, “*Formação da comunidade científica no Brasil*”, 1979.

RESUMO

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz dos. **Ciência do futuro: a comunidade de pesquisa e o ciclo da política de nanociência no Brasil**. 2011. 215 p. Tese (Doutorado de Ciências Sociais em desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ. 2011.

A nanociência e a nanotecnologia (N&N), ao permitirem a manipulação de átomos individualizados para criar novos elementos e matérias (orgânicos e inorgânicos), podem ser compreendidas como a mais recente incursão do homem na tentativa de dominar, transformar e recriar a natureza. Despertam interesses diversos e acirram controvérsias, características de uma sociedade de risco, provocando olhares críticos acerca do futuro da humanidade, trazendo consigo um conjunto de incertezas e disputas que se consubstanciam na institucionalização desse setor. Nessa tese analisamos a participação da comunidade científica no ciclo da política de nanotecnologia e nanociência (N&N) no Brasil, através da identificação e interpretação das inter-relações entre os diversos atores que compõem uma complexa rede nesse campo de estudo. Para tanto, foram analisados os programas governamentais, a configuração dos grupos de pesquisa, a atuação dos movimentos sociais e o papel das empresas, tendo como marco de referência a Teoria da Agência, os Estudos Sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Sociologia Relacional. Traz também a Análise Estrutural de Redes Sociais como importante método de trabalho. Ao final do trabalho, concluímos que existe uma comunidade de pesquisa, composta majoritariamente por atores das áreas de física e química que têm entrada especial em todo o ciclo da política, caracterizando a permeabilidade do Estado no que toca às políticas de ciência e tecnologia. Tal fato contribui para a fragilização da política no que concerne aos estudos sobre impactos éticos, riscos ambientais e à participação de outros campos de pesquisa nas discussões sobre os rumos da ciência e da tecnologia no Brasil.

Palavras-chave: Laços sociais. Nanotecnologia. Comunidade de pesquisa.

ABSTRACT

SANTOS JUNIOR, Jorge Luiz dos. **Science of the future: the research community and the nanoscience policy cycle in Brazil.** 2011. 215 p. Thesis (Social Science Doctorate in Development, Agriculture and Society). Human and Social Sciences Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, RJ. 2011.

Insofar as nanoscience and nanotechnology (N&N) permit the manipulation of individual atoms to create new (organic and inorganic) materials and combinations they can be viewed as Man's latest incursion in the sphere of his efforts to dominate, transform and re-create nature. They arouse various kinds of interest and stir up controversies typical of a risk society, provoking critical views of the future of humanity and bringing with them a set of uncertainties and disputes that are consubstantiated in the institutionalization of this sector. This thesis analyses the participation of the scientific community in the nanoscience and nanotechnology policy cycle in Brazil by identifying and interpreting the inter-relations of the various actors that make up the complex network associated to this study area. To that end an analysis is made of the government programs, the configuration of the research groups, the performance of the social movements and the role of corporations, using as a reference framework Agency Theory, Social Studies in Science Technology and Society and in Relational Sociology. The Structural Analysis of Social Networks also serves as an important working method. The research concludes that a scientific community exists largely composed of actors from the fields of physics and chemistry, with special rights of entry in the entire policy cycle thereby revealing the State's effective permeability in questions of science and technology policies. The fact has led to a considerable weakness of policy in regard to studies of ethical impacts, environmental risks or the participation of other fields of research in the discussions on the directions of science and technology in Brazil.

Key words: Social ties. Nanotechnology. Research community.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de financiamento em P&D em nanotecnologia, 2008 – em Bilhões de US\$.....	56
Tabela 2 - Financiamento do setor público em P&D em nanotecnologia por país, 2008-2010, em Milhões de dólares.....	56
Tabela 3 - Produção científica em áreas selecionadas da N&N, 1996-2006.....	57
Tabela 4 - Recursos investidos pelo MCT na área de N&N, 2001-2008.....	107
Tabela 5 - Evolução dos pedidos de patentes por País de Prioridade.....	115
Tabela 6 - Publicações de pedidos de patentes na área de nanotecnologia por categoria de depositante – 2008-2010.....	116
Tabela 7 - Dinâmica das empresas “inovadoras” nas indústrias extrativa e de transformação brasileiras, 1998-2008 (Em %).....	118
Tabela 8 - Número de Atores da Rede por Área de Formação.....	125
Tabela 9 - Participação dos pesquisadores por Região.....	126
Tabela 10 - Número de atores da Rede por Instituição.....	127
Tabela 11 - Distribuição dos atores com Cargo Político nas Instituições.....	127
Tabela 12 - Participação dos atores por área de formação nas instituições de pesquisa.....	128
Tabela 13 - Frequência de laços de co-autoria da RedeNano.....	129
Tabela 14 - Categoria dos atores desconectados da RedeNano.....	131
Tabela 15 - Área de Formação dos atores desconectados da RedeNano.....	132
Tabela 16 - Instituição dos atores desconectados da RedeNano.....	133
Tabela 17 - Índice E-I para as Áreas de Formação da RedeNano.....	134
Tabela 18 - Índice E-I para o atributo “Instituições” da RedeNano.....	134
Tabela 19 - Coesão de laços no interior das áreas de formação.....	135
Tabela 20 - Padrão de conexões dos Ganhadores de projetos.....	148
Tabela 21 - Grau de importância dos impactos das inovações atribuída pelos empresários brasileiros, 1998-2008.....	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Breve Cronologia da Nanotecnologia	30
Quadro 2 - Alguns exemplos de aplicações das nanotecnologias	32
Quadro 3 - Algumas possibilidades da nanotecnologia para a agricultura.....	35
Quadro 4 - Risco, territorialidade e solução na Sociologia do Risco	46
Quadro 5 - Os cinco paradigmas técnico-econômicos de Freeman e Perez.....	52
Quadro 6 - Definindo a convergência BANGs.....	53
Quadro 7 - Marcos institucionais do desenvolvimento da N&N no País.....	59
Quadro 8 - Infraestrutura estatal brasileira para as atividades de P&D em N&N.....	60
Quadro 9 - Distribuição dos Grupos de Pesquisa por área no CNPq.	62
Quadro 10 - Exemplos de algumas empresas no Brasil que utilizam processos nanotecnológicos e os produtos derivados	62
Quadro 11 - Setores mais impactados pelas aplicações da nanotecnologia no Brasil.....	63
Quadro 12 - Taxonomia da Política Industrial	67
Quadro 13 - Breve cronologia da C&T no Brasil.....	70
Quadro 14 - Instituições do SNCT&I ligadas ao MCTI.....	102
Quadro 15 - Objetivos dos Editais do CNPq para a área de N&N, 2001-2010.....	108
Quadro 16 - Áreas estratégicas em N&N selecionadas nos Editais do CNPq, 2001-2010	109
Quadro 17 - Temas e Objetivos dos Editais da FINEP para a área de nanotecnologia.....	110
Quadro 18 - Elementos estruturais para a ARS.....	122
Quadro 19 - Mapa de Atributos da RedeNano	123
Quadro 20 - Grupo de articulação dos rumos da N&N no CNPq - 2000	141
Quadro 21 - Redes pioneiras na área de nanotecnologia no Brasil, 2001	141
Quadro 22 - Comitê Nano de avaliação das redes formadas em 2001, ano 2003	142
Quadro 23 - Institutos do Milênio na área de nanotecnologia, ano 2001	144
Quadro 24 - Grupo de Trabalho para a área de Nano – PPA: 2004-2007	145
Quadro 25 - Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologia do MCT, 2003-2011	146
Quadro 26 - INCTs na área de N&N aprovados em 2008	147
Quadro 27 - Coordenadores dos projetos vencedores no edital MCT/CNPq nº 013/2004.....	151
Quadro 28 - Lista de Editais do MCT/CNPq na área de N&N selecionados para a Análise de Redes – 2001 a 2010	176

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E MATRIZ

Figura 1 - Riscos reais e potenciais da aplicação de nanotecnologias.....	38
Figura 2 - Representação de um ciclo Schumpeteriano	50
Gráfico 1 - Patentes relacionadas com nanotecnologia publicadas para a mesma invenção em 3 ou mais países, por país do requerente (1985-2005)	55
Gráfico 2 - Evolução dos cursos de mestrado e de doutorado criados por período	75
Gráfico 3 - FNDCT: Execução Orçamentária -1970-2006, em R\$ milhões (ano base: 2006).....	80
Gráfico 4 - Participação por intensidade tecnológica dos setores no total das exportações brasileiras (Em %)	113
Gráfico 5 - Participação por intensidade tecnológica dos setores no total das importações brasileiras (Em %)	113
Figura 3 - Regiões da RedeNano.....	130
Matriz 1 - Matriz de distribuição dos laços por área de formação.	135
Gráfico 6 - Distribuição hierárquica dos atores da RedeNano	137
Figura 4 - Comunidade Brasileira de Pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia.....	138
Figura 5 - Núcleo Forte da Comunidade de Pesquisa em Destaque (Nano)	139
Figura 6 - Sub-grupos da Comunidade Nano, conforme qualidade dos laços	140
Figura 7 - União das Redes Egocentradas dos coordenadores de rede do Edital CNPq Nano 01/2001.....	142
Figura 8 - União das Redes com dois passos de três atores do CA-NANO, ano 2003.	143

LISTA DE SIGLAS

ABC	Academia Brasileira de Ciência
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABIPTI	Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica
Anpei	Associação Nac. de Pesq. e Desenv. de Empresas Inovadoras
Anprotec	Associação Nac. de Entidades Promotoras de Empreend. Inovadores
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil
ARS	Análise Estrutural de Redes Sociais
BANG	Bytes, Átomos, Neurônios e Genes
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C,T&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
C&T	Ciência e Tecnologia
CA-NANO	Comitê Assessor para as propostas de N&N
Capes	Campanha Nac. de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior
Cateme	Câmara Técnica de Medicamentos
CBAN	Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia
CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CD-CNPq	Conselho Deliberativo do CNPq
Cepal	Comissão Econômica para América Latina e Caribe
Cetene	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CMCH	Meteorologia, Climatologia e Hidrologia
CNI	Conselho Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Concea	Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
Coope	Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Grad. e Pesq. em Engenharia
Cpesp	Complexo Público de Ensino Superior e de Pesquisa
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
ECTS	Estudos Sociais de Ciência, Tecnologia e Sociedade
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fapesp	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAPs	Fundações Estaduais de Fomento à Pesquisa
Finep	Financiadora de Estudos e Projetos
Firjan	Federação das Indústrias do Rio de Janeiro
Funtec	Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico
GT	Grupo de Trabalho
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICT	Instituições Científicas e Tecnológicas
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia
Inpe	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Inpi	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
LNLS	Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
LNNA	Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio
Mapa	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCT	Ministério de Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
MEC	Ministério da Educação
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
N&N	Nanociência e Nanotecnologia

NBIC	Nanotecnologia, Biotecnologia, Informática e Ciência Cognitiva
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
P,D&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PACE	Programa de Apoio ao Comércio Exterior
PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PADCT	Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBNano	Programa Brasileiro de Nanociência e Nanotecnologia
PCT	Política Científica e Tecnológica no Brasil
PDN&N	Programa de Desenvolvimento de Nanociência e Nanotecnologia
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PED	Plano Estratégico de Desenvolvimento
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PLACTS	Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade
PNN	Programa Nacional de Nanotecnologia
PPA	Plano Plurianual
SBPC	Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
Secex	Secretaria de Comércio Exterior
SNCT&I	Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
SNDCT	Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
TIB	Tecnologia Industrial Básica
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	16
INTRODUÇÃO	19
CAPÍTULO I - DA REVOLUÇÃO INVISÍVEL AO RISCO GLOBAL: NANOTECNOLOGIA, UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO?	24
1.1 <i>FAIRY TALES</i> CIENTÍFICOS: IDÉIAS, SONHOS E PESADELOS ATÔMICOS	24
1.1.1 A inquisição das idéias e a materialização dos sonhos	24
1.1.2 O átomo e os novos espaços: o invisível que salta aos olhos	26
1.1.3 Máquinas moleculares: o pesadelo de novas (des) aventuras.....	27
1.2 DO “ <i>FAIRY TALE</i> ” AO “ <i>SCIENTIFIC TOOL</i> ”: A NANOTECNOLOGIA.....	29
1.2.1 Uma nanodefinição	29
1.2.2 Redenção: Promessas das Nanotecnologias	30
1.3 DO “ <i>SCIENTIFIC TOOL</i> ” AO <i>GREY GOO</i> : AS CRÍTICAS.....	37
1.3.1 O sacrifício: perigos e riscos associados	37
1.3.2 O cientista redentor e o público fiel: riscos, conflitos e diálogos.....	40
1.3.3 Contribuições da Sociologia do Risco para a análise de novas tecnologias.....	46
1.4 PARADIGMAS TÉCNICO-CIENTÍFICOS E MUDANÇAS	49
1.4.1 A destruição criativa dos ciclos inovativos	49
1.4.2 Afinal, é a nanotecnologia uma inovação radical capaz de promover mudança de paradigma?	53
1.5 ESTADO DA ARTE DAS N&NS NO BRASIL: BREVE HISTÓRIA E INVENTÁRIO DAS AÇÕES	57
1.5.1 As primeiras experiências e as institucionalidades.....	58
1.5.2 Alguns resultados e prospecções	61
CAPÍTULO II - IDEOLOGIA E POLÍTICA INDUSTRIAL E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL	64
2.1 POLÍTICA INDUSTRIAL COMO POLÍTICA PÚBLICA.....	65
2.2 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PCT NO BRASIL: MARCOS HISTÓRICOS E BREVE ANÁLISE DAS POLÍTICAS.....	69
2.2.1 Alguns marcos teóricos e históricos da PCT brasileira.....	69
2.2.2 As primeiras ações: as décadas de 1950-60	71
2.2.3 Auge e declínio: a PCT brasileira nas décadas de 1970-80.....	74
2.2.4 Entre os 1990 e os 2000: um resgate do planejamento e das instituições?	80
2.3 AS CONFORMAÇÕES POLÍTICAS E AS CRÍTICAS ÀS PCTS NO BRASIL	83

2.4 PCTS: AGENCIAMENTO, REDES E COMUNIDADES DE PESQUISA	87
2.4.1 PCTs sob a perspectiva da Teoria da Agência (ou Agente-Principal).....	88
2.4.2 PCTs e a Análise de Redes Sociais	92
2.4.3 PCTs sob a perspectiva das comunidades de pesquisa	94
CAPÍTULO III - <i>POLICY</i> E <i>POLITICS</i> DO SETOR DE N&N NO BRASIL: OS LAÇOS DA REDE.....	99
3.1 ASPECTOS METOLÓGICOS DA ANÁLISE.....	99
3.2 O ATUAL SISTEMA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO....	101
3.3 <i>POLICY</i> : AS POLÍTICAS EXPLÍCITAS PARA N&N NO BRASIL	103
3.3.1 Os Macroplanos da Política Brasileira de Nanotecnologia.....	103
3.3.2 Os editais de pesquisa e fomento e a execução da política	108
3.3.3 Análise da orientação da política	111
3.4 <i>POLITICS</i> : AS REDES E A COMUNIDADE DE PESQUISA.....	120
3.4.1 A metodologia da ARS	120
3.4.2 Análise Estrutural da Rede de Nanotecnologia e Nanociência	125
3.4.3 Comunidade de Pesquisa e o ciclo da política.....	137
3.5 SOBRE AS PREOCUPAÇÕES FUNDAMENTAIS DA TESE	150
3.6 RESULTADOS DA <i>POLICY</i> E DA <i>POLITICS</i> : UM BALANÇO ANALÍTICO.....	154
REFERÊNCIAS	165
APÊNDICES.....	176

APRESENTAÇÃO

Meu ingresso no Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade, da UFRRJ, com um projeto sobre nanociência e nanotecnologia (N&N) despertou a curiosidade, não somente dos meus colegas de sala como também de muitos professores, muitos dos quais acostumados com os temas mais tradicionais desse complexo campo de análise que é o desenvolvimento social, em especial os problemas relacionados ao mundo rural. Mas foi a abertura deixada pela Linha de Pesquisa “Instituições, Mercados e Regulação” que me fez optar por este programa, tendo em vista que, desde a graduação em Ciências Econômicas, já desertara dos estudos clássicos do “*mainstream*” do pensamento econômico.

As N&Ns e algumas das controvérsias que as permeiam me foram apresentadas nas aulas de “Economia da Inovação e do Meio ambiente”, no Programa de Mestrado em Teoria Econômica, da Universidade Federal do Espírito Santo, cursado entre os anos de 2003 e 2005. Desde então, meu interesse pelas nanotecnologias foi aumentando, assim como o número de publicações e a notoriedade dessa área das ciências, sobretudo no Brasil.

Para meu ingresso no doutorado, apresentei um projeto de pesquisa que buscava responder à seguinte questão: Quais são os atores sociais, com seus interesses e crenças, envolvidos no atual processo de construção do aparato regulatório para as nanotecnologias e, em que medida, a correlação de forças existente pode ser capaz de resguardar o meio ambiente e a sociedade de possíveis danos causados por essas novas tecnologias?

Hoje, analisando a questão inicial, percebo que eu pretendia trilhar um caminho ainda bastante hermético, que é a construção de um marco regulatório. O projeto apresentava os resquícios de minhas impressões apaixonadas sobre as leituras acerca do tema e da participação em um seminário que tratava especificamente sobre nanotecnologia e suas implicações sociais. Pela complexidade do tema, estava mergulhado emocionalmente no emaranhado de questões suscitadas, sobretudo por vislumbrar os riscos envolvidos com aquelas novas tecnologias e a necessidade premente de construção de um marco regulatório.

Mas, antes mesmo de finalizar o processo de seleção, eu já havia admitido que uma análise do marco regulatório para as nanotecnologias no Brasil era uma tarefa impossível, seja pela ausência de qualquer legislação específica para o setor e pela falta de qualquer sinalização do governo para uma incursão sobre o tema, seja pelas grandes controvérsias existentes entre entusiastas e críticos. Porém, parecia-me cada vez mais evidente e instigante a emergência de um conflito ideológico acerca dos rumos do paradigma das N&Ns, tanto no Brasil como no resto do mundo.

Já após ter ingressado no doutorado e freqüentado algumas disciplinas percebi que o tema, ao contrário do que, involuntariamente, me faziam acreditar alguns colegas, encaixava-se perfeitamente nos estudos das ciências humanas e sociais. Nesse desenvolvimento, foi importante o contato com minha orientadora que com sua experiência acerca de temas como riscos ambientais, sociologia das tecnologias, mudança dos padrões de consumo e movimentos sociais, forneceu leituras importantes que ampliaram minha perspectiva de análise. Assim, passei a focar minhas observações na maneira como os diversos atores pensavam o tema e analisavam o desenvolvimento das nanotecnologias.

Através das aulas de Teoria das Sociedades Contemporâneas e Sociologia Econômica, tive contato com autores que contribuem para a compreensão da Sociedade do Risco e da Sociedade Reflexiva (Anthony Giddens, Úlrick Beck, Scoth Lasch); que teorizam sobre as

características da modernidade contemporânea (Alain Touraine, Anthony Giddens, David Harvey, Jean F. Lyotard, Jeremy Rifkin), e que exploram a contribuição de uma análise social baseada na perspectiva de redes (Mark Granovetter, Michel Callon, John Law). Essas leituras me ajudaram a ampliar o escopo de minha visão e me ajudaram a dar novos contornos ao projeto de tese que se construía. Além disso, na disciplina “Habermas, ação comunicativa e esfera pública” pude ampliar meu olhar acerca da constituição dos espaços onde se criam consensos e dissensos em torno da atuação do Estado. Isso me conduziu a algumas leituras no campo das políticas públicas.

Em meu objeto de estudo passei então a observar claramente a existência de forças antagônicas que emergiam no Brasil, quais sejam: a) grupos de cientistas entusiastas que se multiplicavam em redes e grupos de pesquisas sobre nanotecnologia em suas mais diversas aplicações; b) um incipiente movimento contestatório, organizado principalmente em torno da Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma), que promovia ações no sentido de levar ao público “leigo” informações sobre os possíveis impactos negativos advindos do uso sem controle dessas novas tecnologias; c) cientistas preocupados com as incertezas provenientes da manipulação da nova tecnologia e com a falta de estudos sobre os riscos e d) um setor público eufórico pela promoção da competitividade através de investimentos na nova tecnologia. Curioso notar que aquilo que chamamos de “sociedade civil” parecia estar alheia a tudo isso.

Meu projeto então tomou outro rumo, passando a ter a politização de novas tecnologias como questão central. Porém, temia cair, mais uma vez, numa análise apaixonada do tema devido às minhas impressões pessoais sobre a forma como as coisas caminhavam e à minha proximidade com a Renanosoma. No entanto, tornava-se cada vez mais forte a curiosidade acerca da disparidade entre a opinião leiga e a especializada, além das controvérsias internas à ciência. Identifiquei que, ao longo de dois anos, a nanotecnologia deixava a “caixa preta” e ganhava espaço no campo das ciências sociais e na mídia de grande circulação, onde aparecia na maioria das vezes como uma tecnologia redentora. Além disso, as N&Ns ganhavam cada vez mais espaço na agenda do governo e multiplicaram-se nas agências de fomento os editais de financiamento e subvenção para grupos de pesquisa e empresas interessados em investir nessa área. No ano de 2008, as nanotecnologias passaram a ser tratadas como prioridade na Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP) do governo brasileiro.

Depois de percorrer essa trajetória inicial de reflexão e investigação, enveredando pelos mais tortuosos caminhos das novas tecnologias e suas implicações sobre o desenvolvimento social, percebi que havia uma questão recorrente em minha curiosidade, qual seja: como os diversos atores interagem e se enfrentam e qual é o resultado dessa interação e enfrentamento para os rumos das políticas públicas para o setor? A partir dessa percepção materializei meu projeto de tese que, para além do caso das nanotecnologias, busca entender o pano de fundo por trás da construção de uma trajetória tecnocientífica que conta com o aval de instituições políticas e forças diversas que auxiliam ou inibem a construção e o fortalecimento de um determinado campo de pesquisa. Portanto, me aproximei da investigação sobre a “permeabilidade do Estado”, tal qual tratada por Marques (1998), que identificou um tipo específico de entrada de redes sociais no aparelho estatal e que não pode ser captado por fundamentos teóricos tradicionais como mandonismo, paternalismo, corporativismo, *lobby*, etc.

Sempre me perguntei como determinados temas e visões de mundo entram na pauta de ações e nos diversos programas de governo. A resposta parece ser relativamente simples; o Estado, expressão do poder social, não é uma simples máquina mecânica, e talvez não mais

um orgânico leviatã hobessiano, mas sim, materializado num corpo governamental, torna-se um sistema “*cyborg*” constituído de uma junção bem sucedida entre máquinas e pessoas. Mas apesar do sucesso, por ser orgânico, mais do que máquina, o governo ainda padece de falhas provenientes do inadequado distanciamento entre os interesses privados e públicos. Esse *cyborg* é constituído por pessoas privadas na qualidade de agentes do público, e a falha aparece quando surgem *clusters* privados permeando o espaço público. Assim, a força de relacionamentos e posicionamentos de determinados grupos ou indivíduos tem poder para determinar a agenda do governo.

Porém, apesar da simplicidade da resposta que apresentamos para o problema, a análise das relações que conformam essa agenda é bem mais complexa, já que envolve uma enormidade de grupos e indivíduos, ideologias, projetos e interesses que não são estáticos. A força das relações é dinâmica e muda com as alterações ocorridas na arena política. No caso do setor de ciência e tecnologia, foco de nossa análise, existe uma heterogênea comunidade de profissionais que, muitas vezes, se confundem com os capitais envolvidos em diversas áreas já que a aplicação de determinadas inovações pode levar a lucros de monopólio. As redes de relações ajudam a explicar a prática política, a elaboração de projetos e as diferentes visões de mundo.

Compreender a permeabilidade do Estado nas questões relativas à Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I) no Brasil tornou-se para mim uma empreitada empolgante, já que alia meu antigo interesse pelo desenvolvimento da sociedade informacional com uma análise sobre os meandros inerentes à elaboração de políticas públicas. Para tanto, a técnica de análise estrutural de redes sociais (ARS) apareceu como o elemento metodológico indispensável para se levar a cabo a investigação. Mais uma vez, o trabalho de Marques (1998) foi fundamental ao fornecer as pistas necessárias.

Assim, essa tese apresenta-se interdisciplinar já que percorri as contribuições postas pela economia da tecnologia e da inovação, pela sociologia relacional e dos riscos e pela teoria política do Estado. Além disso, a ciência da informação apareceu como força auxiliar nessa empreitada e, ao fim e ao cabo, o trabalho se aproxima de algumas reflexões contidas nos Estudos Latinoamericanos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS). Creio que os resultados poderão fornecer uma boa interpretação sobre o processo que se encontra em conformação, além de contribuir para explicar processos similares que, certamente, podem ser resgatados da história recente do desenvolvimento tecnológico no Brasil.

Por conta das várias contribuições que recebi ao longo da empreitada de elaboração dessa Tese, a partir de agora ela a ser escrita na primeira pessoa do plural. Já que sem o processo colaborativo, talvez o projeto não tivesse caminhado para nenhum resultado, e talvez eu ainda estivesse perdido no hermético terreno dentro do qual deve-se de trilhar para que seja gestada e materializada uma investigação de tal monta.

INTRODUÇÃO

Ciência, Tecnologia e Inovação não aparecem como privilégio do mundo moderno¹ tal qual conhecemos, já que as características das relações sociais e de produção atuais derivam, entre outras coisas, de um constante processo de desenvolvimento de novos conhecimentos e artefatos que transformaram as sociedades e promoveram ajustes importantes na forma de organização social. Mas essas três atividades, mesmo que muito próximas, não necessariamente se referem a processos contínuos e integrados. Nem mesmo os atores envolvidos são os mesmos, sendo então possível delinear *lócus* diferenciados para a atividade científica, para o desenvolvimento da técnica e para a busca da inovação. Talvez a única regularidade seja a presença da sociedade no entremeio dessas atividades.

A comunidade científica da era moderna, responsável por levar a cabo as investigações no âmbito daquilo que chamamos de “ciência básica”, se expressa na intelectualidade abrigada em universidades e instituições de pesquisa, onde executam seus projetos, replicando e multiplicando conhecimentos que podem ou não ser incorporados a aparatos úteis do cotidiano social. Já a técnica não se desenvolve em um lugar determinado, trata-se de um processo em constante desenvolvimento a partir de problemas que se apresentam no desenrolar da vida prática, podendo ou não envolver motivações econômicas. Quanto à inovação, esta sim é datada historicamente, e, corrigindo o que foi dito anteriormente, trata-se de um privilégio do mundo moderno na medida em que se liga ao desenvolvimento do capitalismo concorrencial².

A ciência e a técnica em muito transformam a sociedade, ajudam a “libertá-la” da *tabula rasa* que se diz aprisioná-la no tempo e no espaço, promove a transformação das paixões em “razão instrumental”. Desse modo, as características materiais do ambiente construído e de alguns aspectos da cognição e cultura da sociedade atual aparecem com a difusão dos produtos da atividade racional, científica, tecnológica, administrativa, implicando na diversificação política, econômica, familiar, religiosa, artística. Controlar a natureza e torná-la uma aliada para o desenvolvimento da sociedade torna-se, não somente um desejo público, mas também um tema de políticas públicas. Para Tourraine (1994, p. 72),

[...] a idéia de progresso afirma a identidade entre políticas de desenvolvimento e triunfo da razão; ela anuncia a aplicação da ciência à política e por isso identifica uma vontade política com uma necessidade histórica.

É nesse sentido que a sociedade vem se modificando material e cognitivamente, na medida em que os instrumentos e ferramentas, fruto da atividade racional, se incorporam ao cotidiano social, partindo de aparatos simples (por exemplo, vestimentas) e alcançando os domínios mais complexos da existência humana (tal qual o funcionamento do sistema corporal). No entanto, esse processo não ocorre em constante harmonia, e em muitos casos a

¹ Nessa tese o termo modernidade é utilizado apenas para destacar o atual estágio em que se encontram as economias que participam do regime de produção capitalista. Assim, não nos prendemos a nenhuma das inúmeras e contrastantes discussões acerca das características dessa modernidade (ou pós-modernidade, ou alta-modernidade ou hiper-modernidade, etc.).

² Utilizamos o termo inovação de forma bastante específica, referindo-se às invenções promovidas no empreendimento capitalista e que têm como motivação a produção de lucros diferenciados. Nesse sentido, a inovação é localizada no momento histórico do desenvolvimento dos primeiros oligopólios e em suas derivações.

mesma sociedade que almeja e chancela as transformações, também promove movimentos de rechaço. Aqui a sociedade se transforma em esfera pública de debate e reflexão³.

Um fato que explica o envolvimento do público em ações coletivas é a “ameaça da ordem”. Entendemos essa expressão como qualquer evento que altere o *status quo* e que promova, com sua existência, processos desiguais. Para exemplificar, podemos recorrer ao tradicional debate sobre a apropriação privada da terra sob a forma de latifúndio, que enseja, sobretudo no Brasil, contendas acerca da reprodução social da vida camponesa e do envolvimento efetivo da população nessas disputas.

Ainda como exemplo de “ameaça da ordem”, e de especial interesse nesse trabalho, é a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. O desenvolvimento científico, consubstanciado em novas tecnologias, aparece como elemento redentor na obstinada busca do homem pela “sobrevida”, autonomia sobre os desígnios impostos pela natureza ao humano. Não obstante o progresso obtido nessa empreitada, o avançar da ciência expõe a sociedade a novas incertezas, fruto dessa busca pelo “admirável mundo novo”, promovendo a participação do público em seus debates.

É nessa trajetória que surge a nanotecnologia como a mais recente incursão do homem nessa obstinação pelo domínio completo da natureza. Dessa atividade surge a transversalidade das pesquisas em Bytes, Átomos, Neurônios e Genes (BANGs), ampliando-se em Nanobiocognostecnologia. Mas é aí que as incertezas, características de uma Sociedade do Risco⁴, permeiam as discussões mais críticas sobre o futuro da humanidade a partir do emergir das nanociências do laboratório e das nanotecnologias do mercado (N&N). Enquanto a sociedade ainda tenta entender o prefixo nano, a comunidade científica e o mercado vão, sob os auspícios do governo federal (no caso brasileiro), desenvolvendo e experimentando a N&N, sem se debruçar aos históricos apelos comedidos pela precaução.

No Brasil, desde o ano de 2001, as N&Ns fazem parte da política científica e tecnológica, tendo sido criadas linhas de financiamento e instituições de coordenação específicas para garantir o “progresso” científico nessa área. Porém, nos parece que o desenrolar dessas políticas durante os anos 2000 vem apresentando vicissitudes recorrentes nas mais diversas experiências de política para a ciência e tecnologia brasileiras. Algumas já foram cuidadosamente analisadas no passado, como é o caso da descontinuidade dos recursos, outras, porém, ainda aparecem como campo aberto de investigação, tal qual os conflitos e jogos de interesse nas arenas decisórias nessa área das políticas públicas.

Nossa trajetória de pesquisa, destacada na apresentação dessa tese, nos levou a um conjunto de questionamentos que fazem parte das preocupações fundamentais dessa investigação. Quando olhamos para o passado, observamos que a política científica e tecnológica no Brasil (PCT) é um fenômeno recente, iniciado no final do século XIX, mas com grande evolução na segunda metade do século XX, ligando-se intimamente a uma crescente ideologia do desenvolvimento. É claro que não negligenciamos todas as experiências científicas do passado, sejam aquelas ligadas a uma ciência mais naturalista (Museu Nacional e Jardim Botânico), ou as de cunho médico e de saúde pública (como as ligadas à Escola Tropicalista Baiana), ou mesmo aquelas que tinham como propósito transformar o Brasil num celeiro mundial (Escola Superior de Agricultura, Escola Nacional de Veterinária). Porém, a partir dos anos 1950, com o reconhecimento de que a industrialização

³ Utilizamos o termo ‘esfera pública’ em conformidade com os escritos de Habermas (1991). Para ele, o termo ‘público’ ou ‘esfera pública’ refere-se à participação coletiva. É o sujeito, portador da opinião pública e sua opinião e juízo crítico, que faz do caráter público de um evento algo significativo (HABERMAS, 1991, p.02)

⁴ As características da Sociedade do Risco foram detalhadas por Beck (1992). Ainda nessa tese mostraremos como esse conceito se conecta à discussão sobre novas tecnologias.

deveria fazer parte de uma estratégia de crescimento sustentado, o governo federal inaugura uma trajetória crescente de criação de instituições que vão coordenar o avanço científico e tecnológico no País.

No entanto, ao longo de várias décadas de políticas, os resultados alcançados foram muito incipientes se comparados aos objetivos pretendidos. Nesse período, parece ter ocorrido um conjunto de descaminhos das políticas, dentre os quais podemos sumarizar: visão de curto prazo, descontinuidade de recursos, interpretação simplista dos problemas, entre outros. Além disso, destacamos a presença forte de uma ideologia que parece supor que o aumento das atividades científicas significa, inexoravelmente, aumento de tecnologia, sendo esta última entendida como sinônimo de desenvolvimento.

Essa visão tem sido amplamente criticada, sobretudo através dos Estudos Sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Para nós, essa perspectiva se constrói nas instituições decisórias compostas por indivíduos que compartilham de ideologias e quereres privados, fazendo da política pública espaço ampliado desses domínios. Assim, argumentamos que existe um processo de penetração no aparato institucional do Estado de frações da comunidade científica, ditando as regras do jogo, construindo agendas e direcionando as diversas fases da política.

A Política Brasileira de N&N nos é de especial interesse tendo em vista que compartilhamos da visão de que o potencial de penetração dessas atividades, nos mais diversos espaços e domínios da ciência e da técnica, se sobressai a tudo que já observamos com as inovações tecnológicas anteriores. As possibilidades de transformação dos mercados nacionais e internacionais e o tipo de técnica que toca na menor parte da matéria nos fazem crer que políticas equivocadas podem ser profundamente prejudiciais, não somente para o pouco que temos de competitividade em algumas áreas, mas, sobretudo, para o meio ambiente e para a sociedade expostas ao desenvolvimento dessas novas tecnologias.

Assim, as diversas questões que orientam nosso estudo são: de onde vieram os temas das PCTs para a N&N no Brasil? Como tem evoluído a parceria entre comunidade de pesquisa e empresas? Quem são os atores que fazem parte das decisões e que participam dos comitês que selecionam os projetos aptos a serem financiados? Qual é a influência dos setores externos à comunidade de pesquisa? Como são avaliados os resultados dentro das instituições que planejam e fomentam essas políticas? Qual é a orientação da política científica e tecnológica para o setor de nanotecnologia no Brasil e quais são os resultados dessa orientação para o desenvolvimento social, ambiental e prevenção dos riscos relacionados com a N&N?

Como objetivo principal de nossa tese, buscamos analisar o papel desempenhado pelos cientistas na elaboração de políticas científicas e tecnológicas (PCTs) para a área de Nanotecnologia e Nanociência no Brasil nos anos 2000. Trabalhamos com a hipótese de que existe uma comunidade de pesquisa, formada no interior da universidade e de alguns institutos públicos de pesquisa, determinando a agenda de pesquisa nesse campo do conhecimento científico. Isso faz com que a entrada de certos temas relevantes que envolvem novas tecnologias e, principalmente, as nanotecnologias (análise de risco, participação social, relevância social das inovações) também seja determinada por essa comunidade.

Considerando essa hipótese, percorremos ao longo dos capítulos diversos caminhos a fim de alcançar os seguintes objetivos específicos: a) descrever o papel que a comunidade de

pesquisa, inserida num Complexo Público de Ensino Superior e de Pesquisa⁵ desempenha no ciclo da política, mapeando os atores e redes envolvidos de forma deliberativa e executiva na *Policy*; b) analisar o conteúdo explícito da política, os procedimentos de execução, as estratégias e diretrizes formuladas, buscando identificar sua orientação; c) verificar o papel atribuído ao histórico gargalo da interação universidade-empresa e o reflexo desse em termos de promoção da competitividade da empresa nacional; d) destacar as instâncias decisórias, sua visão de futuro e seus reflexos na operacionalização das políticas; e e) descrever como a questão do risco e da participação social aparece nos textos oficiais.

O entendimento da forma como tem se processado a institucionalização da N&N no Brasil pode contribuir para uma melhor compreensão da participação dos diversos atores no próprio processo de desenvolvimento brasileiro, a partir de uma visão que vá além do economicismo das análises de competitividade, incorporando outros elementos tais como a ética, a percepção de risco e a dinâmica da esfera pública num contexto de permeabilidade.

A participação efetiva da sociedade na discussão e na definição de políticas públicas é um tema amplamente debatido em diferentes áreas no campo das ciências humanas e sociais. Cada disciplina, apoiada em um método específico, busca entender não somente como se constroem os espaços em que se levam a termo as ações coletivas, como também reconstruir os fatores que vão determinar a legitimação ou exclusão dessa participação pública. Ainda são poucos os trabalhos que analisam a elaboração de políticas públicas a partir do enfoque das redes sociais. Assim, pretendemos colaborar para a redução dessa lacuna através de um olhar específico para o processo de elaboração das políticas de ciência, tecnologia e inovação. Como destaca Marques (1999, p. 47), o enfoque das redes no âmbito da sociologia relacional

[...] parte do estudo de uma série de situações concretas para investigar a interação entre, de um lado, as estruturas presentes, constituídas pelos padrões de interações e trocas e as posições particulares dos vários atores e, de outro, as ações, estratégias, constrangimentos, identidades e valores de tais agentes.

Buscamos com esse estudo destacar o campo da democracia na construção de políticas públicas no Brasil. Esperamos que possa evidenciar fragilidades ou mesmo possibilidades na forma como tem se dado a participação política dos diversos atores sociais na esfera pública brasileira, além de proporcionar uma visão mais acurada da relação entre Estado, Mercado, Comunidade Científica e Sociedade.

A sociedade civil, que aqui se admite como sinônimo o termo “o público”, referindo-se a um corpo de cidadãos que experimentam a vida em sociedade, não está alheia aos avanços científicos e seus vícios e virtudes, o que se mostra seja em campanhas como, por exemplo, “Por um Brasil livre de transgênicos”, ou na moratória do uso de energia nuclear (vide o caso Alemão). No entanto, talvez seja verdade que alguns empreendimentos tecnocientíficos são de complexa tradução e interpretação para mentes não treinadas a pensá-los. Supomos, em nossa tese, a partir de algumas observações empíricas, que esse é o caso das N&Ns no Brasil.

Essa ausência relativa de um olhar público acerca dos avanços científicos se revela problemática na medida em que a possibilidade de intervir no curso dos aparatos está relacionada não somente com a perspectiva crítica, mas também com o estado da arte em que se encontram as novas tecnologias. E, quando a agenda de pesquisa se torna agenda de políticas públicas, diante dessa “anomia” tecnológica do público, passa-se integralmente para o governo a responsabilidade de cancelar determinados cursos.

⁵ Apropriamos-nos aqui da expressão “Complexo Público de Ensino Superior e de Pesquisa” (CPESP) apresentado por Dagnino (2007), para representar o *locus* principal onde se localiza a comunidade científica e onde se desenvolve a maior parte da ciência brasileira.

Esperamos também apresentar nessa tese uma reflexão crítica acerca do papel dos cientistas sociais na esfera da produção de C&T. Como disseram Premebida, Neves & Almeida (2011, p. 39):

Já que as ciências humanas não participam ativamente da produção laboratorial, têm, ao menos, o papel de tornar pública a rotina de produção dos artefatos tecnológicos, dos interesses envolvidos, das tendências de conjunção da tecnologia, da produção discursiva e dos possíveis impactos socioambientais provenientes da sua disseminação.

Para atingir os fins propostos, essa tese foi organizada em três capítulos, além desta introdução e das conclusões. O primeiro capítulo tem por finalidade introduzir o leitor no universo em que é selecionada a problemática do estudo, evidenciando o cenário que envolve a produção do conhecimento científico. Mostramos como as N&Ns surgem no âmbito das idéias, nos remetendo a uma visão romântica acerca de uma ciência pura, sem vícios, promotora e entusiasta do progresso. Na sequência, o romance é desfeito ao apresentarmos um lado sombrio associado aos usos descabidos da ciência e da técnica. Assim, introduzimos a discussão acerca dos riscos tecnológicos que se explicam, sobretudo, pelo uso de tecnologias revolucionárias. É nesse momento que empreendemos uma reflexão sobre paradigmas técnico-econômicos, buscando mostrar porque consideramos as N&Ns um novo paradigma de desenvolvimento. Finalizamos o capítulo mostrando o estado da arte (de pesquisa, fomento e regulação) dessa área no Brasil.

No segundo capítulo, descrevemos a evolução das políticas científicas e tecnológicas no Brasil a partir da segunda metade do século XX. O objetivo é mostrar como essas políticas foram contínuas no que se refere à ideologia de progresso, e descontínuas no âmbito dos mecanismos de financiamento e do aparato institucional. Percebemos um contingenciamento histórico que deixa as políticas de ciência e tecnologia à mercê da evolução da macroeconomia nacional e empreendemos um conjunto de observações críticas que analisam os prós e contras das ações do Estado brasileiro. Ao final do capítulo, apresentamos três perspectivas teórico-analíticas que contribuem para a análise das políticas científicas e tecnológicas, a saber: a Teoria da Agência, a Sociologia Relacional com uso da Análise Estrutural de Redes Sociais e os Estudos Sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade.

É no terceiro e último capítulo que está o cerne de nossa análise. Apropriamo-nos das interpretações apresentadas ao final do segundo capítulo para analisar em detalhes a política de ciência e tecnologia para a área de N&N no Brasil. Inicialmente, focamos no desenvolvimento das políticas explícitas, aquelas que estão nos textos oficiais, buscando entender os objetivos, as ideologias e as perspectivas das políticas. Na sequência, analisamos os resultados práticos dessas ações, contrastando com os objetivos propostos. Em seguida, realizamos a análise estrutural da comunidade de pesquisa responsável pelo desenvolvimento dessa área no Brasil. Esse capítulo também conta com um balanço analítico em que são resgatadas as principais contribuições e observações do capítulo, as quais são analisadas, sobretudo, a partir dos conceitos de campo científico e capital científico do sociólogo francês Pierre Bourdieu.

As conclusões apontam para um conjunto de fragilidades ligado à forma como se constroem os espaços públicos de formulação da agenda e execução das políticas, fruto de uma entrada privilegiada da comunidade de pesquisa nos principais espaços e fóruns de decisão em detrimento da participação de outros atores importantes no processo de construção democrática da pauta de políticas públicas.

CAPÍTULO I - DA REVOLUÇÃO INVISÍVEL AO RISCO GLOBAL: NANOTECNOLOGIA, UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO?

Este capítulo tem como objetivo apresentar os temas fundamentais que envolvem as novas tecnologias, em especial a nanotecnologia. Essa apresentação se faz necessária já que o tema costuma ser diretamente associado ao campo das engenharias, ou das chamadas ciências “duras” em geral, não tendo em princípio relações com uma tese de ciências sociais. Assim, inspirados nas reflexões da sociologia da ciência, sociologia relacional e em alguns outros estudos teóricos, buscaremos mostrar a relevância de se tratar as novas tecnologias como temática transdisciplinar.

Nas primeiras seções desse capítulo, nos dedicamos a fazer um detalhamento sobre a concepção das nanotecnologias. Fazemos isso com o objetivo explícito de mostrar sua relação com o desenvolvimento humano e social, considerando, conforme Santos (2003, p. 12), que as questões sociais e econômicas ligadas ao desenvolvimento tecnológico “[...] são sempre sociotécnicas e devem ser encaradas pela sociedade como de interesse público”. Além disso, nessas seções, destacamos alguns aspectos inerentes à atividade científica, “virtudes e vícios”, e os conectamos a uma discussão ampliada sobre os riscos provenientes da empreitada investigativa no âmbito da ciência e seus desdobramentos em bens materiais.

A discussão sobre riscos é complementada com o tema da participação pública nas arenas decisórias sobre o que e por que financiar (monetária ou cognitivamente) algumas trajetórias tecnológicas, dentro de determinados paradigmas tecnoeconômicos. A discussão sobre paradigmas também surge nesse capítulo a fim de apresentar uma reflexão sobre em que medida o emergir da N&N pode ou não ser considerado como mudança paradigmática.

Por fim, apresentamos um breve retrospecto histórico e institucional das atividades de N&N no Brasil. Uma análise da política de ciência e tecnologia nessa área será conduzida após passarmos por uma discussão e uma análise mais geral sobre as PCTs brasileiras, fazemos isso, respectivamente, no terceiro e segundo capítulos.

1.1 FAIRY TALES CIENTÍFICOS: IDÉIAS, SONHOS E PESADELOS ATÔMICOS

Iniciamos a tese fazendo uma espécie de ensaio e/ou breve incursão sobre a história da ciência atômica, buscando mostrar como as questões científicas apareceram inicialmente como sonhos, que por sua recorrência ganharam o *status* de mitos. E foram esses mitos que se tornaram realidade em algum momento da história, quando a humanidade criou o ambiente instrumental e psicológico adequado para materializá-los e incorporá-los como aliados do desenvolvimento social e/ou científico. Foi assim que passamos do sonho atômico para a ferramenta nanotecnológica.

1.1.1 A inquisição das idéias e a materialização dos sonhos

Muitas tecnologias ou processos tecnológicos nascem idealizados nas mentes férteis de indivíduos diferentes (de filósofos naturalistas a cientistas) que possuem a capacidade de olhar para além da materialidade, natural ou construída, que os cerca. Eles costumam compartilhar suas idéias que, não raras vezes, são vistas como devaneios ou imaginações que

se aproximam dos feitos dignos apenas dos mais criativos contos de fadas (*fairy tales*). Porém, também não raras vezes, esses devaneios se materializam e se tornam tão comuns em nosso cotidiano que não nos damos conta dos percalços de sua trajetória criação-difusão. Como exemplos dessas materializações, podemos elencar o automóvel, a energia elétrica, o rádio, a televisão, o computador e o telefone celular; tecnologias que, se fossem descritas há pouco mais de 100 anos, poderiam até mesmo levar seus “contadores” à privação da vida comunitária.

Há cerca de 20 anos estamos presenciando o emergir de um novo ramo da atividade científica que promete evoluir para inúmeras novas tecnologias, radicais e incrementais, onde as possibilidades inventivas perpassam os mais diversos campos do conhecimento e de produção, possibilitando novas soluções para velhos problemas e oferecendo novas ferramentas para demandas ainda inexistentes. Estamos falando, como já apontado na introdução, da nanociência e da nanotecnologia, que aparecem como o mais amplo salto em direção ao controle e à manipulação de átomos, antigo sonho de muitos cientistas e que já foi capítulo de alguns “contos de fadas científicos”.

Vale lembrar que desde os tempos de Leucipo de Mileto e Demócrito de Abdera (Séc. V a.C) já havia uma suspeita de que a matéria era composta de pequenas estruturas que seriam a sua parte indivisível. Ao contrastar a aparência de um tronco de árvore com as cinzas (produto de uma mesma unidade – a árvore), os atomistas gregos não encontraram nada em comum. Intuíram, então, a existência de uma estrutura capaz de explicar a relação entre os dois elementos. Daí provém o nome átomo, ou melhor, á-tomo, ou seja, aquilo que não pode mais ser quebrado ou dividido em partes⁶.

Porém, até o século XX, qualquer referência aos átomos era considerada como um “ato de fé”. Muitos investigadores foram até mesmo criticados por seus pares, justamente porque, por muito tempo, não possuíam os meios e os mecanismos necessários para a comprovação da existência daquelas estruturas que se apresentavam apenas no plano das suposições teóricas. Regis (1997, p. 33) nos apresenta alguns exemplos da total incredulidade que pairava no meio científico com relação à possibilidade de existência de partículas tão pequenas como o “átomo”. O autor cita, por exemplo, a visão de Willian Proust (1785-1850) que afirmava ser o átomo nada menos do que “ficção útil para os cientistas”, ou as palavras de Pierre Marcellin (1827-1907) se referindo ao átomo como uma “concepção mística”.

Bem diferente dos planetas, que em alguns momentos podem ser observados até mesmo a olho nu, os átomos demandavam instrumentos específicos e inexistentes por muito tempo. Assim, apesar das intuições, nos últimos séculos não foi possível visualizar a estrutura primeira, a edificadora de todas as espécies animadas e dos sistemas inanimados. Apesar disso, e contrariando as visões céticas, vários modelos intuitivos foram desenvolvidos para descrever o átomo, com destaque para: John Dalton (1766-1844), que, em 1807, resgatou do esquecimento o modelo atômico; Joseph John Thomson (1856-1940), que, em 1897, descobriu a existência de partículas negativas (os elétrons); e Ernest Rutherford (1871-1937) juntamente com Niels Bohr (1885-1962) que, em 1911 e 1913, respectivamente, exploraram a existência de um núcleo e de elétrons orbitando em torno do mesmo (REGIS, 1997; MARTINS, 2002).

Somente com o desenvolvimento de novos e poderosos microscópios foi possível estudar exaustivamente os átomos e teorizar mais substancialmente sobre suas características e seu comportamento. Finalmente, na década de 1980, foi desenvolvida uma das mais poderosas ferramentas para o estudo dos átomos, o microscópio de tunelamento. A partir daí

⁶ Para uma breve revisão sobre a história do átomo ver, por exemplo, Regis (1997) e Martins (2002).

os cientistas começaram a ampliar os esforços na tentativa de dominar a atividade de manipulação útil dos átomos.

Podemos dizer então que as nanotecnologias surgem dessa curiosidade. Na história do seu desenvolvimento, dois nomes se destacam por intuírem a possibilidade de manipulação de átomos individualmente a fim de construir novos elementos: Richard Feynman (1918-1988) e Kim Eric Drexler (1955), cujas considerações apresentamos brevemente nos parágrafos a seguir.

1.1.2 O átomo e os novos espaços: o invisível que salta aos olhos

Apesar de ser uma estrutura demasiadamente pequena, nano, os átomos vinham “saltando aos olhos” de muitos cientistas, como aconteceu ainda no século XIX, com Robert Brown (1773-1858), um daqueles “sonhadores de curiosidade aguçada”, capaz de perceber movimentos atômicos em grãos de pólen. Mas o místico movimento browniano somente foi explicado por Albert Einstein (1879-1955), já no século XX (REGIS, 1997, p. 32-35). Brown é um exemplo de cientista de vanguarda, capaz de enxergar o futuro sem o auxílio de instrumentos.

Depois de sair da escala dos sonhos e superar a categoria de mito, no século XX os estudos que envolviam átomos se tornaram uma trajetória científica, trilhada por diversos pesquisadores, sobretudo no campo da física. Foi então que, já em 1959, Richard Feynman (Prêmio Nobel de Física no ano de 1965), na Reunião Anual da Sociedade Americana de Física, apresentou as possibilidades existentes na escala nano, sendo esse momento considerado o marco histórico da evolução das nanotecnologias.

Em sua palestra, intitulada “*There's Plenty of Room at the Bottom*”, Feynman alertou os cientistas para a possibilidade de construção de novos materiais a partir do manuseio de átomos. Para Feynman, desde que respeitadas as leis da natureza, seria possível manipular átomos, a base de todas as coisas animadas e inanimadas, criando novos elementos não encontrados naturalmente no ambiente e/ou reproduzindo os existentes. Feynman provocou a platéia perguntando: “Por que não podemos escrever os 24 volumes inteiros da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete?” Alertou seus atentos e atônitos espectadores de que a resposta não estava na miniaturização, que para ele tratava-se de uma tecnologia ultrapassada, mas sim na criação de instrumentos capazes de manipular coisas muito pequenas⁷.

Ao expor as possibilidades de criação de novas técnicas atômicas, Feynman afirmou que “toda a informação que o homem cuidadosamente acumulou em todos os livros do mundo poderia ser escrita [...] em um cubo de material com um ducentésimo de polegada de largura” que é a menor partícula de poeira que os humanos podem observar sem o uso de instrumentos. Para Feynman; os físicos, químicos e biólogos deveriam procurar uma forma de emular o funcionamento do processador humano (o cérebro). Nas palavras do Professor:

O exemplo biológico de escrever informação em uma escala pequena inspirou-me a pensar em algo que pudesse ser possível. A biologia não é simplesmente escrever informação; é fazer algo com ela. Várias das células são muito pequenas, mas podem ser muito ativas; elas fabricam várias substâncias; deslocam-se; vibram; e fazem todos os tipos de coisas maravilhosas - tudo em uma escala muito pequena. Além disso, armazenam informação. Considerem a possibilidade de que nós também

⁷ A versão original da Palestra pode ser encontrada no *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 1, n. 1, de março de 1992. A tradução utilizada nesse artigo foi feita por Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa e publicada na revista eletrônica *Comciência*, em 2002. Cf. Feynman (2002).

possamos construir algo muito pequeno que faça o que queiramos - que possamos fabricar um objeto que manobra naquele nível (FEYNMAN, 2002)⁸.

Na seqüência de sua palestra, o físico falou das possibilidades de redução do tamanho dos processadores eletrônicos e de superar os vários desafios que se apresentavam para a árdua empreitada. Segundo ele, não havia nenhum impedimento físico capaz de anular a manipulação de átomos. Feynman apresentou possibilidades para a área de medicina através da criação de nanomáquinas capazes de adentrar o corpo humano. Assim falou o nobre pesquisador:

Um amigo meu (Albert R. Hibbs) sugere uma possibilidade muito interessante para máquinas relativamente pequenas. Ele diz que, embora seja uma idéia bastante selvagem, seria interessante se, numa cirurgia, você pudesse engolir o cirurgião. Você coloca o cirurgião mecânico dentro da veia, e ele vai até o coração e “dá uma olhada” em torno. (Naturalmente, a informação tem que ser transmitida para fora.) Ele descobre qual é a válvula defeituosa, saca uma pequena faca e corta-a fora. Outras máquinas pequenas poderiam ser permanentemente incorporadas ao organismo para assistir algum órgão deficiente (FEYNMAN, 2002).

Apesar das predições de Feynman terem sido feitas ainda em 1959, somente em 1981 é possível falar no nascimento da nanotecnologia e consolidação da nanociência enquanto campo de investigação profícuo. Foi nesse ano que Gerd Binnig e Heinrich Rohrer terminaram a construção do microscópio eletrônico de tunelamento (*Scanning Tunneling Microscope*- STM), que se tornou a base sólida dos experimentos nanocientíficos ao possibilitar a manipulação dos átomos de forma individual (REGIS, 1997).

Após a criação do STM, as nanociências avançaram sobremaneira. Muito daquilo que soava como devaneio e sonho na palestra de Feynman foi, não somente alcançado, como também superado em muito (como no caso da área de microeletrônica). A física criou novos espaços, potencializou ferramentas e a nanotecnologia ganhou materialidade (pequena, porém grandiosa).

O átomo agora salta aos olhos dos cientistas, não somente pelo seu movimento independente, mas pelos vislumbres das possibilidades de se construir novos elementos através da manipulação atômica. O que era difícil de ser visto passa agora a ser manipulado, o objetivo é controlar aqueles movimentos observados por Brown tornando-os úteis ao progresso científico. A questão é que esses movimentos não parecem ser saltos aleatórios das pequenas partículas, isso fomenta o surgimento de preocupações com o poder de auto-organização dos átomos.

1.1.3 Máquinas moleculares: o pesadelo de novas (des) aventuras

Kim Erick Drexler, após e sem tomar ciência das proposições de Feynman, desenvolveu a idéia de uma máquina molecular capaz de produzir qualquer coisa. Segundo Regis (1997, p. 56), Drexler partia da premissa de que as técnicas de engenharia genética poderiam ser aperfeiçoadas até o ponto em que algumas novas moléculas (ex.: novas proteínas) poderiam ser sintetizadas pelas células.

Para Drexler, se essas moléculas fossem acertadamente projetadas, seria possível fazer com que elas se auto-arranjassem em estruturas mais complexas. Essa idéia partiu da observação de que a maioria das estruturas complexas poderia ser quebrada em estruturas

⁸ Tendo em vista que se trata de uma publicação eletrônica a citação não possui indicação de página.

mais simples, e que, dadas as condições ideais, elas retornariam à etapa complexa. Tudo dependia da programação correta.

A hipótese final de Drexler era a de que, uma vez criadas essas máquinas que se auto-arranjavam, e através de sua adequada programação, seria possível construir dispositivos mecânicos melhores, mais complexos e ainda mais hábeis. Essas máquinas criadas poderiam se autorreplicar em um número arbitrário de cópias idênticas (REGIS, 1997, p. 57).

Esse tipo de máquina molecular preconizada por Drexler poderia ser capaz de resolver muitos problemas humanitários na medida em que diversos componentes, matérias, organismos, produtos diversos poderiam ser obtidos a partir de poucos insumos. Como tudo é feito de átomos, uma estrutura capaz de combinar, organizar e programá-los poderia fazer qualquer coisa se transformar em quaisquer outras coisas. Estaria assim consumado um exímio produto Nanotecnológico, uma nanofabricação.

Porém, a tecnologia redentora perturbou Drexler quando refletiu sobre as seguintes questões: a) uma longa seqüência de eventos premeditados ocorreria sem nenhuma falha? O que aconteceria se essas máquinas moleculares saíssem do controle e comesçassem a abrir seu caminho para fora do laboratório, para as ruas? Drexler passou a refletir sobre o perigo de ser criado um mecanismo capaz de operar e se replicar na natureza autonomamente, consumindo matéria orgânica, sem predadores naturais, o que poderia destruir a Biosfera (REGIS, 1997, p. 65).

O sonho de Drexler, de máquinas capazes de acabar com a fome e com muitas doenças, se transformara em um pesadelo. O pesadelo de nanomáquinas, nanorobôs autorreplicantes, que poderiam ameaçar a vida no Planeta⁹. A aventura científica sonhada por Drexler de uma máquina molecular poderia colocar em risco a humanidade dada às desventuras de cientistas sem comprometimento político e ético, e foi o conflito ideológico de Drexler que o fez abandonar o projeto de nanomáquinas moleculares durante vários anos.

Essa breve passagem pelos dilemas que assombraram Drexler é emblemática para representar os medos e anseios que invadem a sociedade a partir do vislumbre ou do emergir real de novas possibilidades tecnológicas. Muitas vezes, essas possibilidades ainda são remotas ou mesmo especulativas, mas as angústias sociais são reais e costumam ser genuinamente tratadas e antecipadas pela ficção científica¹⁰.

Em 1927, o filme “Metrópolis” tinha como enredo uma sociedade escravizada pela mecanização em linhas de produção; em 1960, o livro “O Enigma de Andrômeda” já tratava de ameaças biológicas provenientes de novas tecnologias. A preocupação com a rebeldia da inteligência artificial foi tratada na obra “2001: uma odisséia no espaço”, de 1968. Em 1970, George Lucas, no filme “THX 1138”, também explorou esses medos e angústias ao apresentar o futuro sombrio de uma sociedade que foi consumida pelo avanço tecnológico desenfreado. Nos anos 1980, “*Blade Runner*: o caçador de andróides” elencou muitas desventuras de uma sociedade tecnológica.

As desventuras do conhecimento e da técnica avançada, símbolo da modernidade tecnológica, também aparecem como enredo de inúmeros outros filmes, tais como: “O exterminador do Futuro”, “Eu, Robô” e “Matrix”. Para finalizar os exemplos, as angústias de Drexler foram parcialmente e previamente retratadas na ficção “Viagem Fantástica”, de 1966.

⁹ Se concebermos o fato de que os vírus se assemelham à idéia de um nanorobô replicante, podemos considerar que o pesadelo de Drexler não estava deslocado das possibilidades reais.

¹⁰ As obras de ficção científica, as canções, as obras de arte e a arte em geral, em muitos casos, conseguem expressar preocupações e anseios sociais às vezes ainda não vislumbradas pela comunidade científica.

A figura do sabotador, presente naquela ficção, se aproxima dos nanorobôs autorreplicantes, que desvirtuam a missão da máquina molecular de Drexler.

Para que possamos entender melhor as angústias de Drexler e de muitos outros atores sociais, cabe-nos apresentar uma definição daquilo que estamos chamando de N&N e o significado prático da manipulação atômica. Na seção seguinte (1.2) destacamos uma definição simples e útil da nanotecnologia e fazemos uma breve apresentação dos “sonhos” e esperanças proporcionadas pela nova tecnologia. Já na seção 1.3, ampliamos a discussão acerca dos riscos e das perspectivas negativas desse empreendimento, o que nos ajuda a entender o debate acerca da participação social e da visão “leiga” nos assuntos de alta tecnologia.

1.2 DO “FAIRY TALE” AO “SCIENTIFIC TOOL”: A NANOTECNOLOGIA

1.2.1 Uma nanodefinição

A nanotecnologia é uma atividade meio e fim, ao mesmo tempo. Ela pode aparecer como ferramenta das atividades nanocientíficas para auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, os quais podem ou não ser nanotecnologia, dependendo do tamanho em que são materializados. Buscamos a seguir apresentar uma definição de nanotecnologia diferente do conceito comumente apresentado pelos meios de divulgação em massa e por vários artigos científicos, que a trata como a arte da miniaturização.

Epistemologicamente, a palavra “nano” vem do latim “*nanus*” e é utilizada para representar coisas muito pequenas. Os cientistas se apropriaram desse prefixo para representar partículas de magnitude demasiadamente pequenas, numa atividade científica batizada de nanociência que tem como ferramenta e produto a nanotecnologia.

Nano também serve como parâmetro de medida, um nanômetro (nm) equivalendo à bilionésima parte de um metro. Uma nanoestrutura que pode ser representada, por exemplo, pela dimensão dezenas de mil vezes menor do que a do diâmetro de um fio de cabelo humano. Para termos uma noção mais clara, um átomo mede cerca de dois décimos de um nanômetro (0,2 nm) e um vírus cerca de cem nanômetros (100nm).

Salamanca-Buentello *et.al.* (2005) definem atividade nanotecnológica como:

[...] estudo, design, criação, síntese, manipulação e aplicação funcional de materiais, equipamentos e sistemas através do controle da matéria na escala nanométrica (de um a 100 nanômetros, onde um nanômetro equivale a 1×10^{-9} parte de um metro), isto é, no nível atômico e molecular; além da exploração dos fenômenos e propriedades originais da matéria nessa escala (Tradução nossa).

Na nanoescala, a matéria apresenta propriedades diferentes daquelas observadas na escala macroscópica.

Na escala nanométrica as propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais diferem, fundamentalmente, daquelas observadas na matéria em macroescala. Ao manipular de forma isolada os elementos químicos podem-se mudar suas propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas e eletrônicas, bem como a sua reatividade química, levando a novas aplicações para produtos de saúde, indústria e bens de consumo diversos (RENN & ROCO, 2007, p. 06, tradução nossa).¹¹

¹¹ Confira também Juma e Yee-Cheong (2007, p.70).

A novidade em relação a outras tecnologias revolucionárias é que, até o chamado Paradigma das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), considerado a mais recente revolução tecnológica, as inovações foram criadas da dissociação de elementos, uma construção de cima para baixo, ou de fora para dentro (tecnologia *Top down*), como um artesão esculpindo sua obra. Já o âmago da nanociência, trata-se de uma construção de baixo para cima, de tecnologias a partir de sua menor estrutura (tecnologia *Botton Up*).

No quadro a seguir fazemos uma breve cronologia dos principais eventos ligados ao desenvolvimento e à evolução das atividades de N&N.

Quadro 1 - Breve Cronologia da Nanotecnologia

1959	Conferência de Richard Feynman, na Reunião Anual da Sociedade Americana de Física.
1966	Lançamento do filme Viagem Fantástica, baseado no livro de Isaac Asimov ¹² .
1974	Norio Taniguchi cunha o termo nanotecnologia
1981	Criação do microscópio eletrônico de tunelamento (<i>Scanning tunneling microscope</i>) por Gerd Binnige e Heinrich Rohrer.
1985	Descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley.
1986	Publicação do livro de Eric Drexler, " <i>Engines of Creation</i> ".
2000	Administração Clinton lança no <i>Califórnia Institute of Technology</i> a " <i>National Nanotechnology Initiative</i> ".
2001	Cees Dekker, biofísico holandês, demonstra que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos.
2001	Equipe da IBM (EUA) constrói rede de transistores usando nanotubos, mostrando mais tarde o primeiro circuito lógico à base de nanotubos.
2002	Chad Mirkin, Químico da Northwestern University (EUA), desenvolve plataforma, baseada em nanopartículas, para detecção de doenças contagiosas.

Fonte: Elaborado por Dalcomuni (2006) para apresentação no II Seminário (Slide)

Cabe ressaltar que a ascensão das nanotecnologias não significa a aceleração dos processos de miniaturização, pois estes se tratam de uma redução daquilo que é demasiado grande, como aconteceu com os processadores informáticos. Ao contrário, a lógica da nanotecnologia está justamente em combinar as menores partículas de possível manipulação na natureza a fim de criar estruturas funcionais para a sociedade. Uma analogia possível seria a utilização de areia para fabricação de blocos e, conseqüentemente, de prédios.

A possibilidade de manipular átomos de forma individualizada suscita entre os cientistas a vontade de usar nanotecnologias em vários campos científicos (como a física, química e biologia) e nas diversas áreas das ciências aplicadas (engenharia, medicina, farmácia, etc.), o que também ressalta o conteúdo eminentemente revolucionário desse empreendimento tecnocientífico. A seguir, apresentamos um pouco daquilo que têm sido desenvolvido e vislumbrado a partir dos novos procedimentos científicos e das novas ferramentas.

1.2.2 Redenção: Promessas das Nanotecnologias

Toda e qualquer nova tecnologia torna-se notória, geralmente, pela percepção social de seu potencial redentor. Ou seja, aparece como a solução de muitos problemas da humanidade, o que não deixa de ser parcialmente verdade, já que é possível observar,

¹² O filme tem como roteiro uma equipe de especialistas que adentram o corpo humano à bordo de um nanosubmarino nuclear com o objetivo de salvar a vida de um imprescindível cientista.

historicamente, melhoria na qualidade de vida de pelo menos parte da população mundial, como fruto de avanços científicos e tecnológicos. Daí a noção de que novas tecnologias representam uma redenção.

Exemplos não faltam na área de saúde (vacinas, medicamentos, procedimentos de diagnóstico e cirúrgicos); energia (à combustão, hidroelétrica, nuclear); agricultura (hibridização, fertilização de solos, sistemas de irrigação); áreas em que tecnologias moveram o *status quo*, não somente da produção de bens e serviços, mas também de toda a base do conhecimento e das trajetórias de pesquisa.

No caso das N&Ns, o que chama atenção é seu o poder de penetração concomitante nos mais diversos campos científicos e atividades produtivas. Não se trata mais de uma única tecnologia modificando ou criando determinados procedimentos, mas sim de famílias diversas de inovações radicais e incrementais que penetram em todos os campos do conhecimento, destacando seu potencial revolucionário¹³.

Salamanca-Buentello *et.al.* (2005) elencaram dez usos imprescindíveis para as nanotecnologias (*Top Ten Nanotechnologies*) que poderiam reduzir os problemas encontrados nos países em desenvolvimento, em áreas como qualidade e quantidade de água, nutrição, saúde, energia e meio ambiente. Nesse mesmo caminho, um projeto das Nações Unidas denominado “*Task force - science, technology and innovation: applying knowledge in development*” (Juma e Yee-Cheong, 2005) elencou cinco metas para o desenvolvimento do milênio, em que o avanço do desenvolvimento científico e tecnológico, inclusive com uso das N&Ns, aparece como elemento de destaque. As áreas prioritárias destacadas por aqueles estudos foram: bem-estar humano, energia, saúde, água e saneamento e estabilidade política e econômica global.

No Quadro 2, a seguir, destacamos a aplicação das nanotecnologias que estão em uso ou em diversas etapas de criação, ou mesmo em sonhos.

¹³ O caráter revolucionário das N&Ns será discutido na seção 1.4 desta Tese.

Quadro 2 - Alguns exemplos de aplicações das nanotecnologias

ÁREA	EXEMPLOS
Novos Materiais	Materiais leves, mais resistentes, mais maleáveis. Catalisadores mais eficientes, ferramentas de corte mais duras, fluidos magnéticos inteligentes, etc. Novos microscópios e instrumentos de medida, ferramentas para manipular a matéria em nível atômico, bioestruturas, etc.
Nanoeletrônica e Tecnologia computacional	Nanofios, nanodiodos e nanotransistores, fotoisomerismo, computadores quânticos. Aumento da eficiência no armazenamento de dados e velocidade de processamento, além de uso reduzido de energia. Aumento de eficiência nos negócios de mercado, entretenimento e defesa. Com a tecnologia do Fotoisomerismo é possível armazenar o conteúdo de 300 DVD's Convencionais num cubo do tamanho de um dado. (CIÊNCIA HOJE, 2005)
Agricultura	Agricultura de precisão, certificados de qualidade (língua eletrônica a base de nanosensores), Desenvolvimento de revestimentos comestíveis em frutas através de biopolímeros. Com os biopolímeros haverá Impactos nos sistemas agroalimentares na medida em que aumentará a durabilidade dos alimentos, o que aumenta a qualidade de produtos para exportação.
Medicina	Terapia Fotodinâmica, Cosméticos – nano, aumento da velocidade dos diagnósticos, medicina menos invasiva, redução de rejeições em transplantes. Novos medicamentos baseados em nanoestruturas, kits de autodiagnóstico, materiais para regeneração de ossos e tecidos, etc.
Segurança e aeronáutica	Detectores de agentes químicos e orgânicos, circuitos eletrônicos mais eficientes, sistemas de observação miniaturizados, tecidos mais leves, confecção de coletes à prova de balas, vidros blindados. Aviões equipados com nanosensores e inteligência artificial à base de computação quântica.
Eletrônica	Diodo orgânico emissor de luz (<i>Organic Light-Emitting Diode</i> – OLED). As vantagens dos OLEDs, em comparação com os atuais displays de cristais líquidos (LCDs), incluem baixo consumo de energia elétrica, mobilidade de transporte, economia de espaço e preço baixo.
Meio ambiente	Nanoimãs hidrofóbicos que quando dispersos em uma mistura água/óleo dispersam-se na fase óleo tornando-o magnético, facilitando sua remoção da água.
Automotiva	Materiais mais leves, pneus mais duráveis, plásticos não-inflamáveis e mais baratos, etc.
Energia	Novos tipos de bateria, fotossíntese artificial, economia de energia ao utilizar materiais mais leves e circuitos menores, etc.

Fonte: Elaboração própria. Quadro sistematizado pelo autor a partir das informações obtidas em Roco, Willians e Alivisatos (1999); Salamanca-Buentello *et.al.* (2005) e Ciência Hoje (2005).

Em 2002, o governo dos Estados Unidos já havia publicado o documento “*Converging Technologies for Improving Human Performance*” (Roco e Bainbridge, 2002) onde apresentava muitas possibilidades de uso das tecnologias convergentes (Nano-Bio-Info-Cogno) para melhorar a vida no Planeta. Esse estudo congregou as possibilidades redentoras da convergência no que se refere à ampliação das capacidades cognitiva e física dos humanos, contribuições para as ciências ambientais, projetos para a área de segurança nacional e propostas para uma mudança de paradigma no sistema educacional. Para todas as áreas foram destacados estudos que já se encontravam em desenvolvimento naquele ano, além de projetos visionários que surgiam como agenda de pesquisa de médio prazo.

O Quadro 2 apresentado acima justifica o grande entusiasmo existente com as promessas e possibilidades que emergem a partir do uso de nanotecnologias, seja no âmbito da pesquisa ou mesmo em áreas de governo responsáveis pelo desenvolvimento dos países. Isso é perfeitamente compreensível, já que as N&Ns inauguraram uma nova fase do desenvolvimento científico e tecnológico. A humanidade parece estar caminhando para um estágio avançado de convergência de tecnologias, muitos anseios científicos e sociais até o momento distantes aparecem agora como realidade possível e próxima. Acredita-se estar na iminência de se alcançar o paraíso das ciências, onde se espera resultados sem precedentes.

Os novos materiais aparecem como revolução na medida em que a manipulação dos átomos ao nível individual possibilita a criação de materiais com propriedades diferentes daquelas que encontramos comumente na natureza, e, ao mesmo tempo, a junção de diferentes e vastas propriedades num único material. Essa criação de novos elementos destaca as diferentes propriedades da matéria (mecânicas, óticas e magnéticas) na escala atômica. Por exemplo, já se foi possível criar materiais novos como polímeros (impermeáveis, duradouros e leves), ligas metálicas (fortes, flexíveis e dúcteis), vidros e cerâmicas (estéticas, resistentes ao calor e duradouras). Ou seja, a nanotecnologia possibilitaria a reunião de diversas propriedades num único material.

Um dos novos materiais mais promissores criado é o nanotubo de carbono. Como destaca Martins (2006, p. 129), o nanotubo:

“[...] Tem por característica ser muito mais leve que o alumínio e muito mais resistente que o aço. O elemento químico carbono já era conhecido, mas os nanotubos de carbono só foram possíveis de serem fabricados com o desenvolvimento da nanotecnologia nos anos 90 do século passado. [...] nanotubos de carbono não se encontravam presentes em nossa natureza, que agora poderá passar a contar com estes produtos.

Já as aplicações no campo da micro e nanoeletrônica e da tecnologia computacional têm obtido grande avanço na criação de telas cada vez mais finas e cada vez mais poupadoras de energia e que projetam em três dimensões, no desenvolvimento de processadores de alta velocidade e de sistemas de armazenamento cada vez mais eficazes no que se refere à relação entre o volume de dados e o volume físico. Produtos como o *Ipod Nano* e o *Macbook air* e os cada vez menores discos rígidos portáteis são exemplos de tecnologias derivadas da aplicação da nanotecnologia na informática.

Além disso, a nova tecnologia computacional tem contribuído muito para a nanomedicina, possibilitando a utilização de *softwares* revolucionários indispensáveis para os novos procedimentos cirúrgicos, o processamento de exames médicos e a otimização do uso de microscópios eletrônicos.

A revolução no campo da nanomedicina, preconizada por Feynman, já está sendo possível através do uso de sistemas nanotecnológicos. No Brasil, por exemplo, desde 2002, vem sendo desenvolvido e aperfeiçoado um manipulador robótico controlado por computador, para ser utilizado em cirurgias minimamente invasivas (ALVES FILHO e GARDENAL, 2002). Essas promessas soam como uma espécie de alento, na medida em que poderão proporcionar mais precisão no diagnóstico, redução de riscos cirúrgicos e eficácia na recuperação dos pacientes¹⁴.

¹⁴ Conforme Juma e Yee-Cheong (2005, p.72, tradução nossa) as aplicações de nanotecnológicas ligadas a saúde nos países em desenvolvimento são especialmente promissoras para: produção de ferramentas de diagnósticos, entrega de drogas e vacinas, construção de materiais cirúrgicos e próteses. As nanotecnologias podem servir para a criação de métodos de diagnósticos e prevenção mais eficazes e de drogas mais eficientes que as existentes. Também podem ajudar na detecção mais eficaz de patogenias graves, tal qual a infecção por HIV.

Nas palavras do físico brasileiro Cylon Gonçalves, destacadas por Alves Filho e Gardenal (2002, p. 02), vê-se as expectativas alçadas para a nanomedicina. De acordo com o físico, num prazo máximo de 10 anos,

“[...] um indivíduo engolirá uma cápsula que terá em seu interior sensores nanométricos. Essa pílula percorrerá o seu organismo e realizará uma série de análises clínicas, podendo inclusive gerar imagens. Com isso, será possível identificar, por exemplo, uma célula inicial na qual viria a se instalar um tumor”.

A esperança é de que haja uma democratização acentuada na área de saúde, principalmente dos países em desenvolvimento, através da redução dos custos, já que os cientistas estão em busca da criação de drogas mais eficazes, que reduzam os desperdícios e os efeitos colaterais que acabam demandando drogas auxiliares em diversos tratamentos.

No que se refere às aplicações nanotecnológicas nas ciências ambientais (*Green Nanotechnology*), estas possíveis possuem três objetivos complementares, quais sejam: a prevenção da poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente; o tratamento ou remediação da poluição; e a detecção e monitoramento de poluição (QUINA, 2004; CABALLERO, 2005)

Para o primeiro objetivo, tem-se buscado a redução do uso de matérias-primas em diversos produtos através de maior aproveitamento dos materiais utilizados no processo produtivo. Além disso, destaca-se a criação de materiais e sistemas mais eficientes no que se refere ao uso de energia, como é o caso da utilização de nanoestruturas de origem biológica na fabricação de dispositivos eletrônicos. Para Caballero (2005), com a nanotecnologia é possível fazer o uso de catalisadores não tóxicos, reduzindo ao mínimo a produção de poluentes.

Quanto ao objetivo de tratar ou remediar a poluição, busca-se desenvolver mecanismos capazes de aumentar a eficácia no processo de despoluição, sobretudo de sistemas aquíferos. No Brasil, tem-se como exemplo concreto a criação de nanoimãs capazes de absorver óleo derramado na água¹⁵.

Quanto ao último objetivo, os avanços vão ao sentido de desenvolver sensores mais adequados e rápidos para detecção de poluentes em solos, água ou ar, ou mesmo em alimentos e outros bens de consumo. Isso, por exemplo, poderia gerar maior eficiência nos trabalhos desempenhados por equipes de vigilância sanitária, segurança do trabalho e regulação ambiental. Um caso concreto desse avanço está na “Língua eletrônica¹⁶” desenvolvida por pesquisadores da Embrapa.

A alta tecnologia também está sendo desenvolvida para a agricultura. As possibilidades nanotecnológicas, de fato, apontam para o limiar de um novo processo de industrialização agrícola; mais do que isso, a revolução científica presente nas atividades de N&N promete ser muito mais profunda do que a ascensão dos fertilizantes, corretivos e dos Organismos Geneticamente Modificados (OGMs). O Quadro 3 a seguir destaca os vários avanços que estão ocorrendo na área da agricultura.

¹⁵ Projeto que envolveu pesquisadores das Universidades de Brasília, de Goiás e do Rio de Janeiro. Para mais informações ver COMciência (2002).

¹⁶ Trata-se um verificador eletrônico de qualidade da água e degustador de bebidas. Possui grande rapidez e alta sensibilidade nas análises das características dos líquidos.

Quadro 3 - Algumas possibilidades da nanotecnologia para a agricultura

ÁREA	PRODUTO
Terapia genética para plantas	Introdução de DNA sintético estranho para dentro das células elaboradas à base de chip de sílica a fim de reproduzir novas proteínas e novos traços nas plantas. Sementes com maior potencial de absorção de nutrientes.
Sementes atômicamente modificadas	Mudança das características físicas de plantas, como, por exemplo, cor, cheiro, paladar.
Plantio	Detecção rápida e tratamento molecular de doenças.
	Sistemas de georeferenciamento via satélites globais, dispositivos de sensoriamento remotos, sistemas de dados centralizados sobre solos, sistemas de monitoramento via sensores ultra-sensíveis, sensores autônomos ligados a sistemas de GPS com monitoramento em tempo real, possibilidades para irrigação e correção a partir de fertilidade inteligente.
	Sistemas inteligentes de “ <i>delivery</i> ” para combate a vírus e patógenos
	Identificação de possíveis doenças antes de sua observação pelo agricultor e envio do correspondente agroquímico para combatê-la (pesticidas nanoencapsulados, nanoemulsão).
	Regulador de crescimento.
	Combate a pragas de algodão, arroz, amendoim, soja (nanoencapsulamento)
Colheita	Máquinas agrícolas ultraleves.
Processamento	Alimentos interativos.
	Alimentos preservados de acordo com a demanda, Revestimentos de biopolímero comestíveis para conservação de frutas.
	Língua eletrônica para classificação através de processo nanoeletrônico de degustação.
	Embalagens inteligentes.

Fonte: Baseado em ETC Group (2004; 2005) e Juma e Yee-Cheong (2005). Sistematizado pelo autor.

Para Dullely (2006, p. 223), recentemente o desenvolvimento científico e tecnológico indica que a industrialização quase total da agricultura deverá com certeza ocorrer, ainda que não se saiba em qual prazo. Para o autor, isso ocorrerá com a convergência dos mais recentes avanços no campo da biotecnologia e nanotecnologia molecular, informática e microeletrônica.

Dullely (2006) destaca ainda que a natureza da nanotecnologia molecular no presente, seu estado da arte e a literatura atual disponível permitem inferir que esta poderá ter a capacidade de, em conjunto com outras tecnologias, alterar drasticamente as históricas características da agricultura. Ribeiro (2006, p. 197) complementa que, nas próximas décadas, a convergência de nanotecnologia com outras tecnologias criará impactos muito maiores do que os da “revolução verde”, assim como novos debates sociais, especialmente a partir do impacto na alimentação e na agricultura, mas também acerca de outros aspectos relativos à concentração corporativa e à utilização destas tecnologias, que vão mudar não só o modo de vida dos agricultores e camponeses, mas também a própria forma como se fará a produção e seu peso na sociedade.

Vários desenvolvimentos em nanotecnologia para a agricultura já estão sendo testados e, até mesmo, utilizados. De acordo com Nunes e Guivant (2008, p. 04), o Relatório de 2004 da “*Helmut Kaiser Consultoria*” aponta que o mercado de nanoalimentos movimentava cerca de US\$ 2,6 bilhões naquele ano, atingiria cerca US\$ 7 bilhões em 2006 e com previsão de US\$ 20,4 bilhões em 2010. O relatório destaca a existência de mais de 200 empresas engajadas em pesquisas sobre nanoalimentos no mundo, incluindo as maiores, já em 2004. Ainda de acordo com Nunes e Guivant, uma outra possibilidade da utilização da

nanotecnologia na produção de alimentos, e que já está em fase de teste, é a fabricação de alimento molecular, ou seja, a produção sem solo, sementes, fazendas e fazendeiros.

Nunes e Guivant (2008, p. 05) também destacam que:

Empresas de grande porte como a Monsanto, Pfizer e a Syngenta investem nas pesquisas em parceria com empresas nanotecnológicas visando não só a eficácia dos produtos, mas também o mercado de patentes que estes envolvem. A Monsanto tem um acordo com a empresa nanotecnológica Flamel para desenvolver seu herbicida *Roundup* (glifosato) em uma nova formulação em nanocápsulas com o objetivo de ganhar uma extensão de sua patente por outros 20 anos. A Pharmacia (agora parte de Pfizer) tem patentes para fabricar nanocápsulas de liberação lenta usadas em agentes biológicos como fármacos, inseticidas, fungicidas, praguicidas, herbicidas e fertilizantes. A Syngenta patenteou a tecnologia Zeon, microcápsulas de 250 nanômetros que liberam os praguicidas que mantêm o contato com as folhas. Além de ter também uma patente sobre uma nanocápsula no estômago de certos insetos.

Toda base tecnológica da agricultura moderna que atualmente predomina no campo e que tem sido a base de cultivo de muitos agricultores, poderá tornar-se, portanto, obsoleta em pouco tempo. O agronegócio moderno está caminhando aceleradamente para a adoção da “agricultura inteligente”, que busca imitar a inteligência humana. Esse tipo de imitação dos processos industriais “inteligentes” depende da utilização da mecatrônica, complexos sistemas de automação e otimização em larga escala (DULLEY, 2006, p. 223-225). O empreendimento industrial visa a redução da importância da natureza na produção e, de certo modo, a eliminação da dependência da especificidade rural da agricultura (PREMEBIDA, 2007, p. 05). As nanobiotecnologias são importantes aliadas dessa empreitada do capital.

No âmbito da área militar, destacamos que, no ano de 2002, o governo dos Estados Unidos criou o “*Institute for soldiers nanotechnologies*” cujo principal objetivo é levar a cabo pesquisas que visem a criação de tecnologias que possibilitem o aumento da segurança e da sobrevivência dos soldados no campo de batalha¹⁷. Através das pesquisas no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), o programa se apóia nas nanotecnologias como forma de desenvolver novas ferramentas para uso das forças armadas americanas¹⁸.

Os estudos para aplicação da N&N na área militar buscam: desenvolvimento de computadores, *softwares* e meios de comunicação menores e mais rápidos; materiais mais fortes e inteligentes para serem usados como ferramentas de campo; fontes de energia e propulsão mais eficientes e menores, explosivos mais eficientes, miniaturas químicas e biológicas para análise de sistemas, sistemas de camuflagem com mudança de cor, sensores menores e mais baratos, uniformes inteligentes, veículos autônomos (não tripulados) rápidos e ágeis e mísseis menores e mais precisos (ALTMANN, 2006).

O destaque de Altmann (2006, p. 37) no que se refere ao programa do MIT vai para os estudos que buscam o desenvolvimento de uma roupa especial que não só fornece aquecimento ou ar condicionado, conforme o necessário, mas que é também capaz de colocar uma compressa ao redor de um ferimento. Há também experimentos numa roupa que se auto-enrijece, impedindo a entrada de projéteis, e é segura contra agentes biológicos e químicos.

¹⁷ Para mais informações sobre esse programa, explorar a *home Page*: <http://web.mit.edu/isn/>

¹⁸ Certamente é difícil encontrar alguma conotação redentora para os artifícios de guerra. Os argumentos utilizados pelos defensores são de que o uso de novas tecnologias mais precisas pode reduzir o contingente de inocentes feridos e a baixa de soldados em campo de batalha. Para nós, está claro que tecnologias que fomentam a guerra estão longe de proporcionar algum resultado social positivo.

Altmann também destaca que existe discussões sobre a implantação de sistemas artificiais no cérebro de soldados a fim de agilizar o processamento de dados e a comunicação entre eles.

A justificativa mais atraente para o desenvolvimento das nanotecnologias está na possibilidade de redução do uso de matérias-primas e energia. Considerando as expectativas de manipulação de átomos como blocos fundamentais para a construção de coisas diversas, estaríamos solucionando o velho dilema sobre os “limites do crescimento¹⁹”. Ou seja, estaríamos caminhando para o extermínio da fome, da miséria, da degradação ambiental, sinais de redenção num cenário apocalíptico, onde “verdades inconvenientes”²⁰ afloram e assustam.

Para além de suas possibilidades experimentais e de suas aplicações, objeto de investigação das ciências naturais, as nanotecnologias inauguram um novo (ou talvez revisitado) problema para as ciências humanas e sociais, qual seja, o impacto de uma nova tecnologia na sociedade. Nesse sentido, a seção seguinte apresenta o lado oposto da redenção, ou seja, os pecados que podem ser cometidos no uso dessas novas ferramentas e idéias.

1.3 DO “*SCIENTIFIC TOOL*” AO *GREY GOO*²¹: AS CRÍTICAS

1.3.1 O sacrifício: perigos e riscos associados

Apresentamos, no início desse capítulo, algumas obras de ficção científica de caráter distópico que denotam os medos e as angústias envolvendo novas tecnologias. Em certas ocasiões, a vida imita a arte, e as preocupações romantizadas nas ficções se materializam ao redor do mundo. Por exemplo, no ano de 2010, um vírus de computador chamado *stuxnet* desligou o programa de armas nucleares do Irã e incapacitou uma usina de enriquecimento de urânio daquele País. Além disso, vários ataques biológicos já foram registrados, como o envio de Antraz nos anos 2000 a vários endereços dos EUA. Tais exemplos mostram que, a despeito de todo e qualquer mecanismo de prevenção, novas tecnologias trazem consigo o elemento “perigo”. Ou seja, a ferramenta científica se torna arma, que pode ter vida própria (p.e. vírus descontrolados) ou ser manipulada (p.e. armas de destruição em massa).

Um documento elaborado pela Comunidade Européia (European Commission, 2004) apresentou um levantamento feito por vários especialistas sobre os potenciais riscos provenientes das nanotecnologias. Foram destacados problemas relacionados à ética, saúde pública, segurança do trabalho e riscos ao meio ambiente. Outros estudos, como Renn & Rocco (2007), HM Government (2005) e Tran *et.al.* (2005), também destacam os riscos da nanotecnologia e chamam nossa atenção para a necessidade de pesquisas aprofundadas sobre os problemas previstos, além da criação de mecanismos de governança global. Para Renn e Roco (2007, p. 05, tradução nossa), “os *decision makers* ao redor do mundo precisam trabalhar na criação de um sistema de governança dos riscos para as nanotecnologias que seja global, coordenado e que envolva todos os *stakeholders*, incluindo a sociedade civil.”

Em 2005, uma comissão que reuniu alguns departamentos de governo do Reino Unido, elaborou um estudo buscando caracterizar os potenciais riscos do uso e da aplicação

¹⁹ Meadows, *et. al.* (1972).

²⁰ Gore (2006).

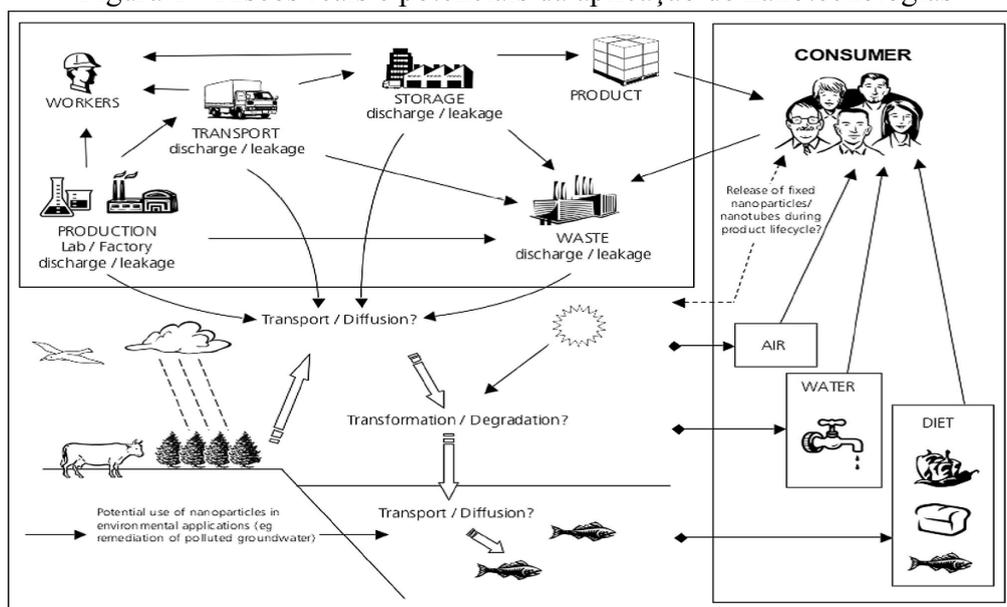
²¹ *Grey Goo* é uma expressão cunhada por Eric Drexler para referir-se ao cenário criado no mundo a partir de um acidente tecnológico onde nanorobôs autorreplicantes passariam a consumir toda a energia existente na terra.

das nanotecnologias²². O trabalho surge como uma resposta a um entusiástico estudo da *Royal Society* e da *Royal Academy of Engineering*²³ do Reino Unido que coloca nanopartículas e nanotubos como uma prioridade de pesquisa do novo século. Apesar de reconhecerem o destacado potencial das N&Ns, a comissão mostrou uma preocupação em ampliar a base de conhecimento sobre as incertezas científicas que pairam em torno das novas tecnologias.

Caballero (2005, p. 238) apresenta um conjunto de questões que, na sua visão, precisam ser respondidas quando se consideram os riscos potenciais da manipulação e uso de materiais na escala nanométrica. São elas: através de quais meios esses materiais penetram no ambiente? Como esse material poderia chegar ao corpo humano? Quais seriam os modos de dispersão desse material no meio ambiente? Como são transportados? Para o pesquisador “exposição e biodisponibilidade de nanomateriais possivelmente oferecerão riscos à saúde humana”.

A Figura 1 a seguir representa os riscos que podem ser previstos, levando em consideração as prováveis aplicações nanotecnológicas. Vejamos que, devido às múltiplas aplicações nos mais diversos setores produtivos, os riscos também se multiplicam e assumem várias facetas.

Figura 1 - Riscos reais e potenciais da aplicação de nanotecnologias



Fonte: NANOSCIENCE (2004, p. 37)

Como podemos verificar na Figura 1, no que se refere aos trabalhadores, a grande preocupação dos críticos está relacionada à exposição a componentes dos quais não se conhece nada sobre suas características toxicológicas²⁴. Dada a existência de novas propriedades, não existe informação suficiente sobre os mecanismos de segurança necessários para evitar vazamentos e dispersão de matéria pelo ar e pela água. O conhecimento sobre essas propriedades também se torna importante quando se considera possíveis acidentes no

²² Estudo intitulado: “*Characterising the potential risks posed by engineered nanoparticles: A first UK Government research report*”. Ver HM Government (2005).

²³ *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Ver NANOSCIENCE (2004).

²⁴ No Brasil, somos frequentemente surpreendidos por notícias sobre descarte inadequado de elementos químicos e biológicos, ou mesmo materiais de uso hospitalar. Por exemplo, no que se refere aos agrotóxicos, foi somente em 2001 que o Brasil promulgou a lei 9.974, complementada pelo decreto-lei 4.074, regulamentando o transporte e a destinação final de embalagens vazias.

processo de produção, armazenamento ou transporte, ou mesmo quando levamos em conta práticas de descarte inadequado das sobras provenientes da produção ou uso.

Pelo lado dos consumidores, as preocupações são as mesmas, porém tem-se uma agravante, já que, além da contaminação indireta que pode advir da poluição da água e do ar²⁵, o consumidor está diretamente se expondo às nanotecnologias através da ingestão ou contato direto com o corpo, como pode ocorrer no caso do uso de filtro solar, cremes hidratantes, alimentos e medicamentos ingeridos. Conforme Renn e Roco (2007, p. 09) devido à relação entre a alta área de superfície e volume e a maior reatividade de nanoestruturas, grandes doses de medicamentos, por exemplo, podem causar danos a células e órgãos por apresentar uma resposta tóxica, até mesmo quando o material não é tóxico na microescala ou na macroescala.

Além das incertezas inerentes ao conteúdo biológico, químico e físico das nanotecnologias, ressalta-se que, em caso de aplicação exitosa, pode ocorrer uma intensificação ainda maior da substituição de trabalho humano por trabalho nanotecnológico, através da incorporação sistemática do progresso técnico. Além disso, não se sabe em que medida a introdução dessas novas tecnologias pode alterar a estrutura produtiva e comercial dos diversos setores de produção; em especial, caso o produtor nacional não acompanhe à concorrência internacional, o domínio do capital estrangeiro pode ser completo.

No caso da agricultura, a revolução agrícola brasileira foi promovida pelo Estado como solução para os problemas da baixa produtividade do campo, porém pouca atenção foi dada para os problemas resultantes daquele processo, como por exemplo, a quantidade de trabalhadores que seriam expulsos do campo ocasionando um inchaço urbano. Além disso, pouco se pensou à época (pelo lado dos gestores) sobre a degradação ambiental proveniente da expansão desequilibrada da fronteira agrícola e, na intenção de aumentar os ganhos de escala na produção, nenhuma atenção foi dada aos alimentos impregnados de agrotóxicos que ainda comprometem a saúde humana.

Especulações já se fazem à respeito de um novo padrão tecnológico para a produção de *commodities* ou até mesmo da criação de substitutos artificiais que podem comprometer a sustentabilidade de países que dependem desses bens. É o caso dos estudos em nanopartículas para modificar a borracha tornando-a muito mais resistente, e das pesquisas na área de fibras artificiais manipuladas na nanoescala que emulam perfeitamente as propriedades do algodão. De acordo com o ETC Group (2005), 35 dos 54 países africanos produzem algodão e 22 são exportadores. Para esse grupo, no futuro a produção agropecuária será uma biofábrica onde:

Commodities da agricultura tropical como borracha, cacau, café e algodão – e os agricultores de pequena escala que as produzem – terminarão se sentindo exóticos e irrelevantes em uma nova nanoeconomia de matéria “flexível”, em que as propriedades das nanopartículas industriais podem ser ajustadas para criar substitutos mais baratos, “mais inteligentes”. (ETC Group, 2005, p. 53)

Referindo-se às nanotecnologias, Dulley (2007) afirma que elas são extremamente poderosas do ponto de vista incremental e até mesmo revolucionárias. Lembra ainda que decorrem da tecnociência, podendo também, da mesma forma que a utilização dos agroquímicos e da biotecnologia, produzir efeitos maravilhosamente benéficos e/ou tremendamente maléficos, podendo-se inclusive chegar a demandar algum tipo de regulamentação por parte do Estado.

²⁵ Nanopartículas existem no ar e são respiradas por nós desde a criação da humanidade. Porém, até agora respirávamos partículas presentes na natureza. Com as nanotecnologias estaremos respirando algo novo e talvez nosso corpo demore em assimilar, ou mesmo não assimile de forma saudável, essa novidade.

Todas as possibilidades para a área da agricultura apresentadas na subseção 1.2.2 nos lembra a história recente da “revolução verde”, porém, tudo indica que as nanotecnologias guardam energias transformadoras potencialmente e exponencialmente maiores do que aquela. Como aponta Premebida (2007),

[...] inicialmente as adaptações à jusante e à montante do processo de produção agrícola se davam por meio de ajustes específicos da indústria à agricultura, mas a partir das nanobiotecnologias a intervenção já acontece em todo ciclo produtivo via conquista do controle biológico na escala dos genes.

Além dos riscos diretos ligados à saúde e ao meio ambiente, diversos trabalhos destacam os riscos político, econômico e militar. No caso da substituição de commodities por produtos nanofabricados, estaríamos nos aproximando de uma realidade dinâmica ergódica, em que o sintético torna-se mais uma vez o responsável pela queda da renda de muitos países, podendo inclusive ampliar a fome e a miséria, aparecendo como efeito contrário à redenção apresentada na seção anterior dessa tese.

No caso dos estudos na área militar, Foladori (2006) lembra que a indústria armamentista somente pode testar definitivamente suas criações em cenários de guerra. Além disso, os laboratórios de pesquisa públicos e privados e plantas industriais para a produção de armas tecnológicas demandam altos investimentos. Assim, pela lógica do mercado, altos investimentos demandam retornos maiores, que também só podem ser conseguidos em cenários de guerra. Ou seja, há fortes possibilidades de surgirem guerras apenas para impulsionar a venda de tecnologias.

Ainda quanto ao uso militar, Altmann (2006, p. 36) destaca que as exportações de armas de alta tecnologia podem ser boas para os empregos domésticos, mas perigosas para a vida e a saúde em outros locais onde há guerras civis. As armas e as tecnologias exportadas podem até mesmo retornar ao país de origem e diminuir a segurança daqueles que as produziram, pelo uso de criminosos ou terroristas no país de origem.

Os efeitos colaterais das novas tecnologias requerem maior nível de reflexão e intervenção. O Estado tem papel fundamental, seja no financiamento de pesquisas, seja acompanhando com lisura o desenvolvimento dos processos de produção e apropriação dos resultados de pesquisa, ou seja, fomentando a criação de um aparato institucional capaz de lidar com os desafios provenientes de revoluções científicas, especialmente da aqui considerada. Essas reflexões são ampliadas na seção seguinte, onde discutimos a complexa relação entre cientistas, tecnologias e sociedade.

1.3.2 O cientista redentor e o público fiel: riscos, conflitos e diálogos

As novas tecnologias sempre mantiveram uma relação íntima com o perigo e o risco, já que se trata de algo impregnado de incertezas, justamente por serem novas. A roda e a pólvora, por exemplo, que possibilitaram a criação de inúmeros inventos que ajudaram o desenvolvimento da humanidade, também contribuíram para que muitos acidentes ocorressem, assim como muitos usos desvirtuados. Quando diversas tecnologias convergem para a criação de outras, não existe a possibilidade de se eliminar as incertezas. Em alguns casos essa convergência potencializa os riscos aos quais se submete a sociedade.

A busca pela novidade faz com que muitos cientistas vejam as novas invenções com muito entusiasmo, o que geralmente ofusca o olhar sobre o risco em potencial. Por outro lado, a sociedade muitas vezes, permeada pela desconfiança, se apresenta com aversão à novidade,

refutando-a; mas também não raras vezes essa mesma sociedade acompanha o entusiasmo científico, seja pelas promessas da novidade, seja por falta de entendimento e reflexão crítica sobre os riscos. Assim, destaca-se uma relação conflituosa entre os cientistas, caracterizados como peritos em determinados assuntos, e o público em geral, com pouca informação, caracterizado como “leigo”.

Quando, a partir dos anos 1960 em vários países ocidentais, ocorre um aumento de movimentos ligados a uma crítica social substancial (movimentos de contracultura dos anos 1960, revolução de 1968, reflexões acerca dos limites do crescimento, etc.) vislumbra-se uma infiltração negativa das tecnociências. Alguns usos e problemas tecnológicos contribuíram para isso (uso da bomba atômica, vazamentos de petróleo, etc.). Nesse momento, abre-se espaço para a penetração das ciências humanas e sociais no campo dos riscos tecnológicos e, assim, ciência e tecnologia tornam-se objeto da ciência da humanidade. Nessa seção apresentamos os meandros desse conflito.

A letra da canção “Queremos Saber”, de Gilberto Gil, escrita em 1976, revela algumas inquietações diretamente ligadas ao avanço científico e tecnológico. Cabe destacar que Gil sempre utilizou sua obra de forma a chamar atenção para problemas e conflitos sociais, se destacando também como observador crítico dos desenvolvimentos das tecnologias²⁶. Vejamos:

Queremos saber, o que vão fazer com as novas invenções. Queremos notícia mais séria, sobre a descoberta da antimatéria e suas implicações na emancipação do homem, das grandes populações, homens pobres das cidades, das estepes dos sertões. Queremos saber, quando vamos ter raio laser mais barato, queremos de fato um relato, retrato mais sério do mistério da luz, luz do disco-voador, pra iluminação do homem, tão carente e sofredor, tão perdido na distância, da morada do Senhor. Queremos saber, queremos viver, confiantes no futuro, por isso se faz necessário prever qual o itinerário da ilusão, a ilusão do poder, pois se foi permitido ao homem tantas coisas conhecer, é melhor que todos saibam o que pode acontecer, queremos saber, queremos saber, todos queremos saber (GIL, 1976).

“O que vão fazer com as novas invenções?”, essa é a pergunta típica dos críticos. Aqui o homem comum, o público, o leigo, sujeito ativo na letra do poeta, questiona o sentido de toda a tecnologia, a quem servirá essa tecnologia e onde vai parar a humanidade através de seu uso.

Logo após o questionamento, um pedido: “Queremos notícia mais séria, sobre a descoberta da antimatéria”. Neste momento destaca-se o conflito entre a divulgação dos fatos científicos e as verdades necessárias ao público para que possa formar sua opinião. Ao pedido, segue-se a pergunta: quais são as implicações dessas novas tecnologias para a emancipação do homem? Quer dizer, de que forma a sociedade pode se beneficiar das materializações dos sonhos dos cientistas para melhorar enquanto humanidade?

Interessada em saber como eram transmitidas as informações à respeito do desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil, a pesquisadora Noela Invernizzi analisou as matérias sobre N&N publicadas entre 2002 e 2004 no Jornal da Ciência, período no qual se concretizaram as principais políticas para a N&N no Brasil. De acordo com Invernizzi, o que pode-se concluir nessa incursão é que a “política nacional para as N&N foi legitimada pela elite da comunidade científica, ante o resto dessa comunidade e do público, mediante visões de progresso, eficiência e competitividade” (INVERNIZZI, 2007, p. 79). Invernizzi enfatiza que no Brasil os cientistas que estão desenvolvendo N&N são bastante refratários à

²⁶ Para uma visão geral sobre a obra de Gilberto Gil ver, por exemplo, Góes (1982).

introdução de novos atores na discussão de Ciência e Tecnologia (C&T). Para a pesquisadora, isso pode levar à emergência de conflitos ciência-sociedade e à perda de confiança pública na atividade de C&T.

Irwin (1995), numa pesquisa que teve como foco a credibilidade de informações fornecidas sobre os riscos de indústrias químicas na Inglaterra, constatou uma baixa credibilidade por parte do grupo focal, atribuída às informações disponibilizadas pelas indústrias químicas. Para Irwin (1995, p. 48), “apenas uma pluralidade de fontes de informação pode responder adequadamente aos anseios de um público”. O autor destaca que o público ficaria mais bem servido com uma apresentação mais aberta das posições em conflito, de forma a fazer seu próprio juízo. Beck (1998, p. 36) complementa que, sem racionalidade social a racionalidade científica está vazia, e, sem racionalidade científica, a racionalidade social é cega.

As negligências no que se refere à disseminação da informação não possuem em geral uma única razão. Por um lado, determinadas informações são omitidas a fim de evitar atitudes demasiadamente precavidas por parte daqueles que estão expostos aos riscos, que muitas vezes são consumidores da tecnologia. Por outro lado, o excesso e a forma como as informações são disponibilizadas, quando mal interpretadas, podem ao invés de informar, promover “tecnofobia” e forte apreensão social.

Assim, a gerência de informação no que se refere aos riscos, sobretudo os de graves conseqüências, não parte de uma equação trivial. Gestores públicos, cientistas, gerentes empresariais, bem como representantes de comunidades potencialmente afetadas, podem manter um diálogo profícuo na promoção de uma estratégia de difusão informacional que não seja nem demasiadamente ofuscante, o que poderia gerar um posicionamento apático diante do risco, e nem demasiadamente alarmante gerando uma compulsão social e medo exacerbado.

Gilberto Gil também explora uma questão-chave da crítica à tecnociência, qual seja, a relação hermética entre desenvolvimento de tecnologias “sociais” e os interesses mercadológicos: “Queremos saber quando vamos ter raio laser mais barato?” Nessa passagem podemos vislumbrar a complexidade da discussão que envolve patentes, financiamento de pesquisas, incentivos à inovação e os retornos sociais provenientes dos gastos públicos em P&D e C&T.

Latour e Woolgar (1997), estudando a “vida” dentro de um laboratório, se depararam com uma realidade marcadamente competitiva, onde tubos de ensaios e elementos químicos se confundem com planilhas financeiras, cálculos de taxas de retorno, entre outros elementos eminentemente mercadológicos. Nesse ambiente, os reflexos sociais das invenções são obscurecidos pelo clima concorrencial que assola os laboratórios e dogmatizam os jovens cientistas.

Os conflitos que permeiam a introdução de novas tecnologias surgem, sobretudo, devido às incertezas e aos riscos associados à sua manipulação. Tem-se, assim, uma disputa que tangencia a legitimação ou não de uma nova tecnologia, e essa disputa passa muitas vezes pela adoção ou não do princípio da precaução²⁷. Incertezas e riscos sempre estiveram presentes nas diversas sociedades, desde aquelas mais tradicionais até as consideradas “mais modernas”. Porém, os estudos nessa área não apresentam resultados tão inequívocos, como é a constatação de sua existência. Isso ocorre porque o tema desperta olhares diversos nos campos da sociologia, antropologia, psicologia e economia.

²⁷ A adoção do princípio da precaução pode atrasar estudos e projetos específicos; nesse sentido, há um reforço dos conflitos em torno do que poderá ou não ser liberado para as pesquisas e para o mercado.

A interdisciplinaridade do conceito, se por um lado positiva, por outro acaba constituindo uma babel conceitual, fazendo com que os estudos nessa área sejam mutuamente contestados, o que acaba por reduzir a credibilidade e a importância de seu objeto de estudo. Como regularidade, destacamos que os riscos derivam da incerteza que está impregnada em diversas escolhas que são feitas ao longo da vida em sociedade. São escolhas individuais ou em rede que trazem consigo um conjunto de externalidades que, associadas a outros eventos, podem ser mais ou menos surpreendentes. A surpresa é um elemento que pode explicar o fato de os riscos serem assumidos, isso porque existe sempre a esperança de um retorno prazeroso por parte daquele que “assume” o risco, seja o cientista ou o consumidor da novidade.

Dentro dessa perspectiva, Martin (2003, p. 87) destaca a teoria do *Risk Homeostasis*, que descreve o fato de que os indivíduos, em qualquer atividade, aceitam certo nível de risco estimado subjetivamente em relação à saúde, segurança ou a outros aspectos valorizados, em troca dos benefícios relativos à tal atividade.

Porém, a perspectiva risco *versus* prazer somente é aplicável quando os riscos assumidos estão associados a uma escolha individual, por exemplo, quando um indivíduo assume aplicar boa parte de suas finanças em um fundo de renda não garantida, mas cujo retorno pode ser potencializado pelo mercado. Em muitos casos, porém, os custos a que se submetem indivíduos ou grupos não passam por suas escolhas, mas sim por ações isoladas de outros indivíduos. É o caso, por exemplo, de experiências científicas que têm como “tubo de ensaio” a sociedade: os riscos são assumidos pelos *experts*, porém os resultados de possíveis desastres serão socializados, independentemente da vontade dos criadores.

Beck (2002, p. 05) define o risco como “o enfoque moderno da previsão e controle das conseqüências futuras da ação humana, as diversas conseqüências não desejadas da modernização radicalizada. É uma tentativa de colonizar o futuro, um mapa cognitivo”. O autor destaca ainda a impossibilidade de cálculos probabilísticos diante das controvertidas tecnologias de futuro.

O conceito torna-se mais complexo quando consideramos o fato de que o risco pode apresentar-se aparente para um determinado grupo social e inexistente para outros; nesse momento, o risco é associado a aspectos psicológicos e culturais, uma mera questão de percepção. Essa constatação, se levada às últimas conseqüências, torna o risco um conceito demasiadamente volátil, impossibilitando assim seu entendimento. Sendo apenas uma questão de percepção, o risco tornar-se virtual, residindo e existindo apenas nas mentes daqueles que o verificam e o reconhecem como tal. Aqui se destaca o trabalho de Douglas e Wildavsky (1982) que tentam explicar, a partir de uma matriz culturalista, como os riscos são selecionados por determinados grupos.

Riscos têm especial relação com novas tecnologias, já que as incertezas que o novo alimenta formam as expectativas que vão servir à sua repulsa ou ao seu acolhimento. São esses riscos, também, que alimentam os procedimentos regulatórios que surgem para tentar dar conta das incertezas que pairam sobre determinado evento. Nesse sentido, a análise do risco ganha importância por se relacionar com o desenvolvimento das instituições que vão chancelar²⁸, regular ou coibir as atividades que envolvam questões arriscadas. Aqui, materialidade, percepção e noção de risco estão associadas a outras questões, como poder político-econômico e religião e vão formatar o aparato criado para pensar e gerenciar os riscos.

No último trecho da canção de Gil, emerge o ponto mais nevrálgico da relação entre ciência, tecnologia e sociedade: “Queremos saber, queremos viver, confiantes no futuro, por

²⁸ Sobretudo através de investimentos e concessões diversas.

isso se faz necessário prever qual o itinerário da ilusão, [...] pois se foi permitido ao homem tantas coisas conhecer, é melhor que todos saibam o que pode acontecer”. Fica clara aqui a preocupação social em relação aos riscos, às inseguranças provenientes de algo que não temos conhecimento suficiente para interpretar, onde os “relatos” e “retratos do mistério” não são tão transparentes.

A percepção de risco, além de valores e culturas, envolve, também, a capacidade que os indivíduos ou grupos têm de selecionar e interpretar as informações disponíveis. A complexidade e tecnicidade de algumas informações tornam sua interpretação limitada para alguns desses expectadores. Além de muitas vezes ser de difícil compreensão do ponto de vista do “público leigo”, quando o risco se refere a uma tecnologia de futuro, passamos a incorrer em assimetria e imperfeição informacional, tendo em vista que sequer os “peritos” conhecem todos os meandros que perpassam aquela tecnologia.

Uma visão inocente acerca do risco poderia nos levar a pensar que sua vinculação com atividades materiais, físicas, tal qual um processo de produção, permitiria suplantá-los a partir do encerramento das atividades produtivas em uma determinada localidade e numa específica matriz produtiva. Seria o caso, por exemplo, do fechamento de indústrias químicas com alta emissão de gases tóxicos. Porém, indústrias poluentes são também empregadoras de mão-de-obra, o que faz com que o encerramento de suas atividades traga consigo as incertezas e riscos associados ao desemprego.

Como nos ensina Irwin (1995, p. 142), “os perigos não existem num qualquer estado intelectual autônomo, eles são apenas uma parte intrínseca da realidade social e da própria identidade destas áreas”. Isso destaca a complexidade da “ciência” do risco, já que estamos diante de algo que pode ser individual ou coletivo, parcial ou global, perceptível ou invisível. Para um chefe de família, o desemprego pode significar um risco tão grande quanto trabalhar como mecânico de reator em uma usina nuclear. Para as profissionais do sexo do Porto de Santos, por exemplo, os riscos da profissão podem ser “normais”, apesar da possibilidade de serem infectadas por graves vírus ou sofrerem atentados contra a vida²⁹. Para alguns ambientalistas, o costume de uma dieta à base de carne bovina pode representar a extinção da vida no planeta terra. E, para alguns portadores da “síndrome do pânico”, colocar o pé para fora de casa torna-se a consubstanciação da morte.

A crítica à ciência deslocada das bonanças que pode proporcionar à sociedade também pode ser percebida num texto bíblico (Eclesiastes, 1:13-18), onde o rei Salomão (971 a 931 a.C.), decepcionado com aquilo que conseguiu fazer com toda sabedoria que lhe foi dada como dádiva, desabafa:

13 - E apliquei o meu coração a inquirir e a investigar com sabedoria a respeito de tudo quanto se faz debaixo do céu; essa enfadonha ocupação deu Deus aos filhos dos homens para nela se exercitarem. 14 - Atentei para todas as obras que se fazem debaixo do sol; e eis que tudo era vaidade e desejo vão. 15 - O que é torto não se pode endireitar; o que falta não se pode enumerar. 16 - Falei comigo mesmo, dizendo: Eis que eu me engrandeci, e sobrepujei em sabedoria a todos os que houve antes de mim em Jerusalém; na verdade, tenho tido larga experiência da sabedoria e do conhecimento. 17 - E apliquei o coração a conhecer a sabedoria e a conhecer os desvarios e as loucuras; e vim a saber que também isso era desejo vão. 18 - Porque na muita sabedoria há muito enfado; e o que aumenta o conhecimento aumenta a tristeza (BÍBLIA, 1997, p. 959).

As palavras de Salomão não significam uma repulsa ao conhecimento, mas sim a necessidade de se diferenciar o conhecimento vão do conhecimento necessário. Para o rei, o

²⁹ Ver Martin (2003).

conhecimento necessário é aquele que pode ajudar a humanidade. Assim, o conhecimento não deveria ser um enfado, ou seja, o conhecimento não deveria se relacionar intimamente com qualquer tipo de mal.

Ainda dentro da religiosidade Cristã, o livro de gênesis (antigo testamento da Bíblia) apresenta o relato sobre a origem dos problemas da humanidade a partir do “pecado original”. Toda explicação passa pelo desejo incontido dos homens (Adão e Eva) de conhecer mais do que o necessário para sua sobrevivência. Ao comerem o fruto da árvore do conhecimento, eles destroem o “mundo encantado” e expõem sua descendência aos mais problemáticos desafios (BÍBLIA, 1997, p. 4-5). Mais uma vez, o desejo de ampliar demasiadamente o conhecimento se associa a conseqüências indesejáveis.

As nanotecnologias apresentam-se como a mais recente incursão do homem em busca do domínio do mundo natural. Moscovici (1975, p. 16) nos lembra que a natureza humana está na “[...] busca por sua elevação acima da natureza e para além dela, assim, a sociedade nasce e se conserva para construir em cada um de nós uma barreira protetora contra a incessante ameaça da natureza”(p. 16). Porém, o autor ressalta que o preço pago pela humanidade para construir seu universo próprio é muitas vezes a guerra, a doença, a loucura e lembra que, desse processo, surgem as artes, as ciências, a literatura, os mitos ou as religiões.

Na contribuição dada pelas teorias clássicas que tratam da humanização do animal homem, Engels (1984), por exemplo, nos explica que os animais têm como única possibilidade utilizar a natureza como meio de sobrevivência e, dessa forma, acabam por modificá-la simplesmente pelo fato de estarem nela presentes. Mas, as novas tecnologias, por estarem imersas num oceano de incertezas, fazem germinar, no seio da sociedade, sensações incômodas que se consubstanciam em perigo, risco e vulnerabilidade. Sensações que aparecem mesmo antes do homem buscar sua independência da natureza, mas que têm seu grau elevado com a emergência de tecnologias e se potencializa na sociedade moderna.

Giddens (1991) pensa a modernidade como sendo reflexiva e experimental. Ou seja, os indivíduos, ao buscarem dominar e transformar a natureza, acabam por receber de volta as conseqüências dessa transformação. O resultado pode ou não ser bom, e isso vai depender da intensidade da transformação e de sua reflexão.

A nanotecnologia, nesse contexto, aparece como uma transformação/intervenção profunda do homem sobre a natureza e, diante disso, Giddens nos faz pensar que ela, a despeito de todas as possibilidades sacramentais, potencializa demais os riscos, e que sua reflexividade precisa ser pensada de forma crítica.

Razão, ciência e trabalho organizado tornam-se o tripé da tecnologia. Os artefatos transformados em inovação permitem novos domínios, novas conquistas, seja pela autonomia de uma clava, a força de um tacape ou a imponência de um motor à combustão; a sociedade é transformada de dentro para fora. Novas relações (do servo ao assalariado), novos sistemas (do feudo ao capital), novas razões (da fé ao laboratório): a sociedade contemporânea é fruto da desenfreada busca da materialização de idéias. Sobre este último aspecto, Nichitani (*apud* Santos, 2003, p. 234) destaca que:

As máquinas são puros produtos do intelecto humano, construídas para os propósitos do próprio homem, em lugar algum podem ser encontradas no mundo da natureza (como produtos da natureza). Entretanto, a obra das leis da natureza encontra sua expressão mais pura nas máquinas, mais pura do que em qualquer produto da natureza.

A máquina é o próprio controle da natureza, reificação do pensamento humano, razão instrumental materializada, *deus ex machina*. A sociedade é transformada, tem-se uma nova

sociedade. Nesse processo, o fenômeno técnico torna-se uma das principais características do fenômeno humano. Segundo Leroi-Gourhan (1984), a antropogênese (formação do homem) coincide simbioticamente com a tecnogênese (formação da técnica), o homem não pode ser definido, antropológica e socialmente, sem a dimensão da técnica. A técnica é arte (*tekhnè*) de construção da vida, transformação da natureza (artificialização da natureza), transformação do próprio homem (desnaturalização do homem).

Nesse sentido, Leroi-Gourhan define o desenvolvimento das sociedades humanas pelo aumento constante no nível de abstração: da garra à mão, da linguagem oral para a linguagem escrita; até chegar ao nível das novas tecnologias que permeiam nossa sociedade. Mas toda transformação radical possui um componente de incerteza, e a incerteza é o principal fator do risco. A seguir nos apoiamos na “Sociologia do Risco” para entender melhor essas relações.

1.3.3 Contribuições da Sociologia do Risco para a análise de novas tecnologias

A sociedade contemporânea tem sido interpretada como uma sociedade de risco, por isso vislumbramos como análise profícua para os desafios impostos pela ascensão da N&N: a “Sociologia do Risco” de Úlrick Beck. Para Goldblatt (1996, p. 228), “a obra de Beck tem uma particular importância para qualquer pessoa interessada na resposta da teoria social à degradação do ambiente e à política de ambiente”, entendendo “ambiente” como o conjunto dos elementos que envolvem e permeiam a natureza e a sociedade.

Em uma obra seminal, Beck (1998) mostra como a sociedade do risco desenvolve-se no interior da sociedade industrial, do auge de sua transformação ao declínio e seus resultados. Assim, os processos de modernização e industrialização ocasionam o surgimento de ameaças e perigos que vão alterar a rota de desenvolvimento da sociedade industrial. Para Goldblatt (1996), Beck associa a penumbra, o risco e a insegurança a processos complementares de modernização reflexiva.

A Sociologia do Risco nos permite pensar em que medida os riscos inerentes às nanotecnologias se diferenciam dos demais riscos presentes em outros desenvolvimentos tecnológicos, desde a Revolução Industrial. Em sua teorização, Beck chama a atenção para como a produção e as implicações dos riscos contemporâneos se distinguem das formas anteriores de perigo e risco, seja em termos qualitativos ou quantitativos, conforme o Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Risco, territorialidade e solução na Sociologia do Risco

PERÍODO	RISCO/PERIGO	TERRITORIALIDADE	SOLUÇÃO
Pré-Industrial	Furacão, terremotos	Local e inevitável	Recorrer à autoridade espiritual
Industrial Clássico	Desemprego, Acidentes com máquinas, etc.	Fábrica, cidade	Recorrer aos sindicatos, governos, leis
Industrial de Risco	Autodestruição	Global	Ética e regulação

Fonte: Elaborado própria, com base em Beck (1992).

Analisando a trajetória da percepção de risco e perigo nas diferentes sociedades, Beck identifica que, no período pré-industrial, o risco estava associado ao perigo natural (furacões, terremotos, etc.) sendo, portanto, inevitável, tendo em vista sua forma. Cabia àquela sociedade recorrer à proteção da autoridade sobrenatural/espiritual. Já na sociedade industrial clássica, os riscos aparecem associados aos perigos impostos pelo capital em sua forma física

(a máquina) ou em sua relação social (trabalho), seja pelo perigo de acidentes de trabalho ou pela insegurança do desemprego. Nessas sociedades, recorre-se às instituições e às leis a fim de se proteger dos riscos e perigos (ex.: leis trabalhistas, de crimes ambientais, código de trânsito, etc.).

Mas, na sociedade moderna, os riscos são imprevisíveis, as incertezas são altas e dificultam cálculos probabilísticos que permitam uma intervenção amenizadora através da regulação. Além disso, nessa sociedade a atribuição de responsabilidades torna-se complexa, tendo em vista que a natureza do risco é global³⁰. Assim, destacam-se as seguintes características da sociedade do risco: a inexistência de limites espaciais ou sociais; a possibilidade de autodestruição; sua transmissão ser muitas vezes invisível; o fato de todos estarem expostos de forma igual aos riscos. Na sociedade de risco, a posição social não fornece proteção suficiente para os riscos globais³¹.

Diante dessas considerações, as nanotecnologias aparecem como elemento-chave da sociedade do risco. Beck também contribui para nossa análise mostrando que, diante dessa sociedade de risco, aumenta a importância dos que produzem, interpretam e divulgam o conhecimento.

Para Beck (2002, p. 64), “a fé no progresso faz com que os cientistas sejam vistos como seres racionais e a população em geral como irracional”, não tendo assim condições, ou melhor, legitimação para palpitar sobre os riscos. Para o autor as engenharias buscam o monopólio da racionalidade e, em se tratando de riscos de tecnologias modernas, ninguém pode ser considerado como perito.

Um pouco do que é apontado por Beck pode ser visto nas palavras do cientista brasileiro Henrique Toma, através das quais destaca sua opinião acerca da participação do público nos assuntos que envolvem questões complexas.

Do ponto de vista científico, a pesquisa não deve ter limites. Do ponto de vista das consequências e aplicações, sim. Mas justamente para entender as implicações é que a ciência tem que se desenvolver. [...] Não adianta ter medo. Tem que ter trabalho científico. O homem tem que conhecer o problema, para poder avaliar os riscos. [...] A ciência tem que ser interpretada por pessoas conscientes, coerentes e bem informadas. A população tem que ser bem informada e formada cientificamente. [...] No caso da nanotecnologia, a sociedade tem que conhecer os riscos, sim. Mas também os benefícios, os avanços, a parte bonita. É justamente pelo conhecimento desses riscos que o homem pode atuar com racionalidade. A gente tem que rejeitar tudo aquilo que está ligado a crenças, qualquer tipo de argumento que não seja científico, ou seja, que não seja passível de comprovação, demonstração e observação. (TOMA, 2004, p. 98-99)

Assim, cabe indagar até que ponto existem “leigos” numa sociedade reflexiva em que as informações fluem cada vez mais, de forma vertiginosa, onde o conhecimento científico é publicizado pelos diversos meios de comunicação? Até que ponto o público não especialista é, de fato, leigo?

No decorrer da elaboração dessa tese, na ânsia de entender o que pensa a sociedade sobre essa temática, elaboramos uma questão de trabalho para ser debatida no ambiente universitário. A pergunta foi enviada para cerca de 400 pessoas, das quais apenas 42 responderam³². Na amostra havia estudantes de graduação, de mestrado e doutorado e

³⁰ Por exemplo, de quem seria a responsabilidade pelo aquecimento global?

³¹ Nessa sociedade, ninguém sai ileso, todos estão expostos a armas biológicas – por exemplo, morando debaixo de um viaduto do Rio de Janeiro ou numa mansão na Califórnia.

³² O baixo volume de retorno de respostas talvez evidencie o baixo interesse ou despolitização dessa comunidade científica em geral em torno da questão.

professores universitários, todos ligados à área de ciências humanas e sociais. Questionou-se o seguinte: “A população leiga deve ou não participar de discussões sobre vantagens e riscos trazidos por novas tecnologias (alta tecnologia) nos ciclos/fóruns permeados por cientistas peritos de cada área? Por que?”. As palavras “leigo” e “perito” foram usadas provocativamente, buscando perceber sua aceitação.

Os resultados obtidos foram os seguintes: entre os estudantes de graduação, 15 foram a favor da participação da população leiga e seis contra; entre os estudantes de pós-graduação, nove a favor e um (01) contra, e, entre os professores universitários, sete a favor e quatro contra. O principal argumento apresentado para legitimar a participação é o de que essa população é a principal consumidora das novas tecnologias e, portanto, a principal interessada na segurança. Já o principal argumento contra, destaca a complexidade de assuntos técnicos, o que restringe o entendimento da discussão aos especialistas.

As transformações suscitadas pela ascensão das atividades de N&N no Brasil apontam para uma necessidade premente de construção de políticas públicas que contemplem essas mudanças. O Governo brasileiro vem incorporando essa nova realidade aos seus programas, cabendo então o entendimento de como tem ocorrido a penetração do tema nas políticas do Estado.

As nanotecnologias podem ser consideradas interdisciplinares já que os avanços ocorrem concomitantemente nas diversas áreas do conhecimento das chamadas “ciências duras” através de processos colaborativos. Além disso, a “destruição criativa” (ver item 1.4 adiante) causada pelas mesmas que pode ocorrer nos inúmeros aspectos do cotidiano das pessoas e das economias como um todo, faz com que sejam um tema de profícua relevância para as Ciências Humanas e Sociais.

A discussão sobre regulação, ética e sociedade ainda é incipiente, presente apenas em alguns poucos círculos de estudiosos e grupos de pesquisa. O financiamento dos projetos costuma ser orientado pela noção de “progresso a qualquer custo”, fazendo com que a N&N cada vez mais faça parte da agenda de pesquisa dos principais centros de desenvolvimento científico e tecnológico brasileiros. Porém, talvez não se possa dizer o mesmo dos estudos sobre toxicidade, saúde do trabalhador, riscos, etc. Isso fundamenta em parte a visão dos críticos, o que aguça ainda mais a curiosidade de entender como são construídas as políticas para o setor em estudo.

Por fim, conclui-se parcialmente que o tema em debate é hermético e não pacífico. Os cientistas têm razão quando justificam que a pesquisa deve continuar em concomitância com os esquemas e protocolos de prevenção. No entanto, mesmo quando a modernização traz consigo maiores preocupações com a segurança, os acidentes estão sempre na iminência de ocorrer, às vezes devido a erros na condução das análises de risco, ou mesmo quando não se pode prever eventos externos que contribuem para a ocorrência de um desastre (vide o terremoto ocorrido em março de 2011 no Japão que desencadeou uma crise nuclear).

Nesse sentido, a mobilização social, mesmo que apaixonada, radical ou fundamentalista, tem grande importância, já que chama a atenção de cientistas e da sociedade em geral para questões às vezes obscuras e inexploradas. São os cientistas que desenvolvem os protocolos de segurança, mas é a opinião pública quem incentiva e pressiona pela adoção de posições precavidas. A opinião pública pode, em certas ocasiões, fazer com que a política pública contemple os aspectos de segurança nas PCTs que incentivam à inovação.

Outro problema dos riscos de novas tecnologias é que em geral o envolvimento social ocorre com mais frequência quando se materializam desastres. Além disso, a eficácia dos programas de prevenção somente pode ser conhecida quando estes ocorrem, e o que se vê

com frequência é que existem muitas falhas. Como agravante dessa lógica, sabe-se que a chancela de produtos novos ocorre no mercado, o que pode fazer com que muitas empresas busquem introduzir o produto com mais rapidez, negligenciando muitas vezes os critérios de segurança³³. Dessa forma, torna-se ainda mais relevante a participação efetiva do Estado e dos observadores externos ao mundo científico e dos negócios.

Mas para que todo esse debate sobre possibilidades e riscos globais tenha sentido, faz-se necessário que as N&N tragam consigo um componente de inovação radical. Para avaliar essa questão, empreendemos na seção seguinte um debate sobre paradigmas tecnológicos e técnico-econômicos, buscando elementos que nos ajudem a situar as nanotecnologias no âmbito das inovações que provocam efeitos radicais.

1.4 PARADIGMAS TÉCNICO-CIENTÍFICOS E MUDANÇAS

1.4.1 A destruição criativa dos ciclos inovativos

Dizer que a economia possui um comportamento cíclico não é uma mera suposição teórica. Uma simples verificação do comportamento histórico dos dados econômicos revela essa tendência e mostra, mais ainda, oscilações que formam grandes “picos” e “vales”, ou seja, momentos de elevada expansão econômica, seguidos por períodos de grande recessão. Essa trajetória intrigou muitos cientistas econômicos, que tentaram encontrar explicações para a ocorrência dessas regularidades e para o comportamento quase harmônico desses ciclos.

Foi no bojo dessas observações que, durante a década de 1920, o soviético Nikolai Dmitrijewitsch Kondratiev apresentou um estudo baseado em séries estatísticas no qual demonstrou a presença de ciclos longos ou ondas longas de crescimento na história do capitalismo, com duração de mais ou menos 50 anos. Seu argumento era o de que esses ciclos poderiam ser explicados unicamente por fatores endógenos ao sistema capitalista e de que sua base explicativa estava no processo de acumulação de capital. Tal afirmação inaugurou (a despeito de haver alguns estudos precedentes) um longo debate sobre a natureza e a periodicidade dos grandes ciclos econômicos (ARAÚJO, 2001).

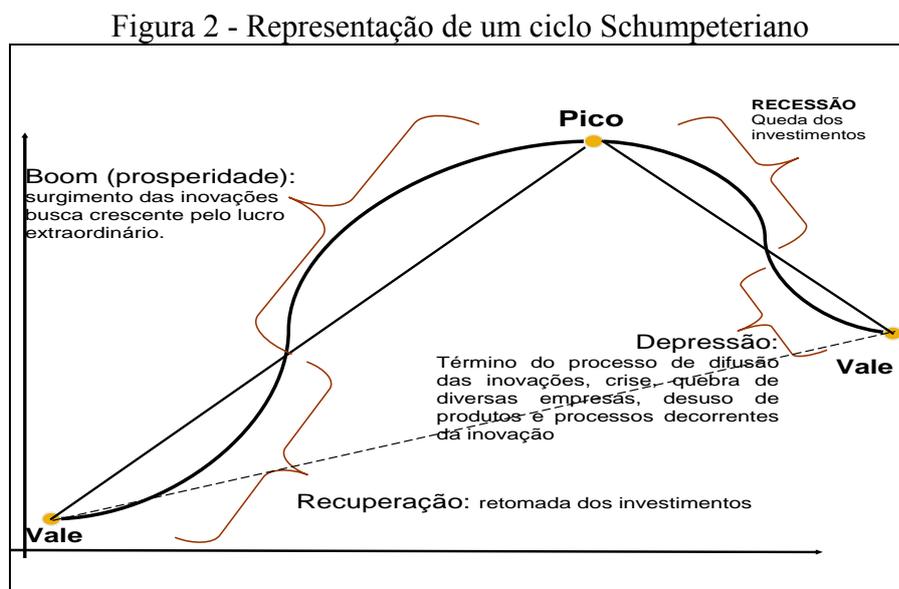
Seguindo a perspectiva de Kondratiev, os estudos de Schumpeter (1984) demonstraram a presença de ciclos econômicos explicados por um processo de “destruição criativa”. Esse processo demonstrava a dinâmica dos ciclos através de ondas de inovações que revolucionavam a estrutura econômica vigente e que, através de um processo concorrencial, abalavam a situação de equilíbrio do sistema. Essas ondas, impulsionadas pela concorrência, fariam com que novos produtos, processos e métodos de organização industrial se estabelecessem em detrimento dos antigos.

O trabalho de Schumpeter destaca-se por deslocar os estudos econômicos, do plano estático para o dinâmico. Para o autor, o desenvolvimento econômico passa então a ser visto como uma mudança espontânea e descontínua na estrutura produtiva existente, sendo definido como a realização de novas combinações produtivas (as inovações). Para Schumpeter (1984), o aspecto essencial a captar é que, ao tratar do capitalismo, estamos tratando de um processo evolutivo. Para ele, o capitalismo é, por sua própria natureza, uma

³³ Foladori (2008, p.02-03) destaca o exemplo do “*Magic Nano Spray*” que apesar de ter sido liberado pelo governo alemão para comercialização, teve que ser retirado do mercado em apenas três dias por causar problemas respiratórios em mais de 80 usuários.

forma ou método de mudança econômica, que nunca está e que nunca poderá estar num estado estacionário.

O impulso fundamental que inicia e mantém o movimento da máquina capitalista decorre de novos bens de consumo, de novos métodos de produção ou transporte, de novos mercados, de novas formas de organização industrial que a empresa capitalista cria, etc. A Figura 2 a seguir ilustra uma sequência de eventos provocados pela inserção das inovações (radicais e incrementais) na dinâmica econômica.



A Figura 2 acima indica que os ciclos na economia possuem quatro fases: prosperidade, recessão, depressão e recuperação. A prosperidade está ligada ao surgimento de inovações radicais, seguida por uma onda de novas inovações incrementais, que consubstanciam um novo paradigma produtivo. Tal paradigma atinge seu auge quando não é mais possível obter novos produtos a partir do padrão tecnológico existente, surgindo a recessão. A depressão está associada ao término do processo de difusão das inovações, ensejando fusões, aquisições e falências; é a deflagração da crise. Uma parte dessas quebras provém do desuso de produtos e processos decorrentes da inovação, ou seja, da destruição criativa. A recuperação provém de uma nova inovação radical que vai dar novo fôlego ao ciclo produtivo³⁴.

Shikida & Bacha (1988) lembram que os períodos de expansão e contração da economia não são, para Schumpeter, infinitos. Ao contrário, ele prevê a possibilidade de crise a partir da oligopolização do processo inovativo. Ao atribuir papel fundamental ao empreendedor³⁵, e ao perceber a internalização da atividade inovativa em grandes departamentos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Schumpeter vislumbra a decadência da dinâmica do ciclo econômico. Cabe ressaltar que o tratamento dado por Schumpeter ao caráter cíclico da economia guarda relação direta com a atividade científica. Para Schumpeter, a presença do empreendedor é condição *sine qua non* para a revolução científica. A partir da

³⁴ A abordagem de Schumpeter possui uma formulação eminentemente econômica. Porém, sua importância reside no fato de endogeneizar na teoria do desenvolvimento a atividade científica e tecnológica e nela perceber elementos fundamentais que explicam mudanças nos processos sociais.

³⁵ O empreendedor para Schumpeter é um ser com espírito investigativo e curiosidade aguçada, não necessariamente, um capitalista, mas, sobretudo, um inovador.

evolução do capitalismo, o empreendedor seria substituído pelos vultosos departamentos de P&D³⁶.

Entre as décadas de 1970 e 1980, reconhecendo a importância das contribuições Schumpeterianas, alguns trabalhos buscaram ampliar o escopo da análise de Schumpeter a fim de explicar os ciclos. Dentre muitos, cabe destacar o trabalho seminal de Freeman e Perez (1988), que cunharam o termo “paradigma técnico-econômico”, referindo-se ao processo inovativo que modifica não somente as estruturas econômicas vigentes, mas que, sobretudo, revoluciona todo o aparato institucional estabelecido, mudando a forma do progresso tecnológico num sentido amplo. Sua difusão abrange todo o sistema, envolvendo fatores sociais, políticos, ambientais, culturais, formas organizacionais e níveis de produção da firma, qualidade e quantidade de força de trabalho. Revoluciona também o padrão de distribuição de lucros e o padrão de investimento nacional e internacional, mudando os custos relativos e, conseqüentemente, as vantagens comparativas, estabelecendo um novo padrão de consumo e gerando novas incertezas.

Freeman e Perez propuseram uma taxonomia para as inovações, argumentando que o corpo teórico keynesiano³⁷ não dava conta de explicar a recessão dos anos 1980. Os autores sugerem que a falha dessa perspectiva estaria na falta de uma teorização acerca das condições das mudanças tecnológicas em cada período de tempo. A chave explicativa estaria, portanto, nas mudanças dos paradigmas técnico-econômicos.

Os autores identificaram cinco ondas na história do capitalismo (ver Quadro 5), cada uma com a presença de um paradigma diferente, destacando um fator-chave³⁸ que, ao satisfazer três condições próprias, quais sejam, custos relativos decrescentes, rápido incremento da oferta e aplicações penetrantes, permitiu que um novo paradigma tecnológico deslocasse o antigo,

O novo paradigma surge num mundo ainda impregnado pelo antigo e só se torna dominante quando o fator-chave tem a capacidade de atender às três condições citadas, tornando-se o eixo central de um crescimento rápido e continuado do sistema de inovações técnicas, sociais e gerenciais. Algumas das inovações vão estar diretamente ligadas à produção desse fator-chave, e outras à sua utilização. As transformações geradas pelo novo paradigma demandam uma reacomodação do comportamento social e institucional em todos os níveis e devem ser compatíveis com as diversas modificações que estiverem ocorrendo na economia. Assim, os ciclos seriam explicados pelos desajustes entre o nível econômico e institucional, e o ajustamento seria a fonte de um novo processo de crescimento que se consubstanciaria numa nova onda longa de crescimento e declínio.

³⁶ A partir daí, Schumpeter vislumbra a decadência do capitalismo ao tornar a atividade científica um produto do mercado.

³⁷ O corpo teórico Keynesiano dá grande relevância à escassez de investimentos (demanda agregada) como principal fator explicativo para as crises. Porém, Keynes não trabalha de forma especial com as inovações. Para uma análise sobre a teoria keynesiana do investimento, ver Dillard (1986).

³⁸ O fator-chave é um insumo que serve de base para o desenvolvimento de novos produtos e processos.

Quadro 5 - Os cinco paradigmas técnico-econômicos de Freeman e Perez

Fator-Chave	Constelação de Inovações	Inovações tecnicamente bem-sucedidas	Segmentos motrizes	Infraestrutura de transporte e comunicação	Mudanças gerenciais e organizacionais	Período de mudança
-Ferro -Algodão -Carvão	-Mecanização da indústria e transportes através da força da água	-Moinho de A. Cromford, -Processo de mistura de H. Cort	-Tecelagem -Produtos de ferro -Roda d'água	-	-Sistemas fabris - -Empreendedores -Parcerias	1815-1848
-Ferro -Carvão	-Mecanização da indústria e transportes com o uso do vapor	-Ferrovia Liverpool-Manchester, -Navio a Vapor Grande Oeste	-Ferrovias e equipamentos ferroviários -Motores a vapor -Ferramentas	-Ferrovias -Telégrafo -Navios a vapor	-Sociedades anônimas -Subcontratação de trabalhadores	1848-1873
-Aço -Cobre -Ligas Metálicas	-Eletrificação da indústria, do transporte e das residências	-Carnegie e Bessenger Steel -Rail Plant -Estação elétrica de Edinon -NY	-Equipamento elétrico -Engenharia pesada -Química pesada -Produtos de aço	-Ferrovias de aço -Navios de aço Telefone	-Profissionais especializados -Taylorismo -Mega empresa	1895-1918
-Petróleo - Gasolina -Material Sintético	-Motorização dos transportes, economia civil e da guerra	-Linha de produção de Ford -Processador de óleo pesado de Burton	-Automóveis e caminhões -Tratores e tanques -Motores a diesel -Aviões	-Rádio -Autopistas -Aeroportos -Linhas aéreas	-Produção e consumo em massa -Fordismo	1941-1973
-Chips -Circuito integrado	- -Informaciona- lização da economia	-IBM 1401 e 360 -Micro Intel	- -Computadores -Softwares - Telecom. -Biotecnologia	-Infovias	-Redes de trabalho internas, locais e globais	1973-2000

Fonte: Freeman e Perez (1988), adaptado pelo autor.

Para Freeman e Perez, o aspecto essencial das mudanças dos paradigmas técnico-econômicos é o fato de que eles possuem efeitos penetrantes por toda a economia, com novos produtos, serviços, sistemas e indústrias, afetando, direta ou indiretamente, quase que igualmente, todos os seus setores. É importante também notar que cada onda de inovações carrega em si a exploração desmesurada de novos materiais.

Atualmente, a fronteira do desenvolvimento tecnológico não está focada num único fator-chave, mas, sim, aparece consubstanciada na convergência tecnológica. Tal convergência a que se referem muitos estudos aponta para a ampliação das possibilidades transformadoras quando se unem Tecnologias da Informação, Biotecnologias, Ciências Cognitivas e Nanotecnologias. Pesquisadores alegam que essa união é o fundamento de um novo paradigma denominado NBICs³⁹, outros preferindo chamá-lo BANGs⁴⁰. Apesar das preferências léxicas, essa convergência evidencia que as tecnologias são diferentes, e que essas diferenças as tornam complementares. No Quadro 6 a seguir destacamos o papel das tecnologias convergentes no novo paradigma.

³⁹NBIC – Nanotecnologia, Biotecnologia, Informática e Ciência Cognitiva, convergência trabalhada pelo governo dos Estados Unidos no Relatório conjunto da *National Science Foundation/Department of Commerce*.

⁴⁰BANGs – Bits, Átomos, Neurônios e Genes, convergência analisada pelo grupo ETC (2005).

Quadro 6 - Definindo a convergência BANGs

Tecnologia da Informação	Controla ...	Bits
Nanotecnologia	Controla e manipula ...	Átomos
Neurociências Cognitivas	Conseguem controlar a mente pela manipulação de ...	Neurônios
Biotecnologia	Controla e manipula a vida engenheirando ...	Genes

Fonte: ETC Group 2005.

A convergência com outras áreas, como as tecnologias da informação e as biotecnologias, fazem da N&N uma atividade científica extremamente profícua, que aparece como área emergente e próspera para pesquisa e desenvolvimento (P&D). Não há dúvidas de que os custos relativos tendem a ser decrescentes, as experiências de aplicações já se multiplicam no mercado e sua penetração já aparece em muitas áreas do conhecimento e em vários setores da atividade produtiva. São essas características que fazem com que os estudiosos do tema a caracterizem como o fator-chave de um novo paradigma técnico-econômico. Debruçamos-nos mais sobre essa questão na subseção seguinte.

1.4.2 Afinal, é a nanotecnologia uma inovação radical capaz de promover mudança de paradigma?

A pergunta que orienta essa subseção foi também feita num estudo realizado por Brune *et.al.* (2006). Neste estudo o futuro das atividades na área de N&N aparece como uma questão em aberto, já que ainda existem lacunas de conhecimento no que se refere às reais possibilidades e à temporalidade de suas aplicações. Além disso, os autores apontam para um processo de continuidade do avanço científico e tecnológico com base na cumulatividade do conhecimento, o que poderia descartar a hipótese de ruptura epistemológica.

Fernandes e Filgueiras (2008) se empenharam em levantar argumentos em torno do caráter evolucionário e/ou revolucionário das N&Ns. Para tanto, entrevistaram diversos pesquisadores que fazem parte da vanguarda dos estudos nessa área no Brasil, destacando que “nos depoimentos dos pesquisadores, é recorrente a história de que eles se envolveram com a nanotecnologia naturalmente, a partir da evolução de linhas de pesquisa previamente existentes” (p. 2208). Para os autores do estudo, esses relatos remetem a um caráter evolucionário, o que contraria o discurso de que as N&Ns representam uma revolução científico-tecnológica.

Ainda de acordo com Fernandes e Filgueiras (2008, p. 2209):

[...] pode-se argumentar que as N&Ns são evolucionárias do ponto de vista das linhas de pesquisa, mas revolucionárias em relação às aplicações tecnológicas dos resultados. Contudo, as aplicações nanotecnológicas realizadas até agora, no Brasil e no mundo, estão mais para inovações incrementais (evolucionárias) que para inovações radicais (revolucionárias).

Argumentamos nessa tese que é exatamente a cumulatividade e continuidade do conhecimento, consubstanciada na convergência de tecnologias, que explica o potencial de mudança paradigmático das N&Ns. Pela primeira vez na história, a tecnologia *botton-up* está na escala atômica, manipulando os blocos fundamentais das coisas, o que abre possibilidades infinitas e provoca euforia nos mais diversos campos do conhecimento.

A noção de mudança paradigmática na qual estamos nos pautando é aquela fundada pelos teóricos da vertente Neoschumpeteriana⁴¹ que, apesar de guardar total relação com a noção de paradigma científico de Thomas Kuhn, enfoca muito mais as mudanças institucionais provocadas pelas inovações do que crises epistemológicas e estados de alerta (*awareness*)⁴² conforme a visão de Kuhn (1989). A visão Kuhniana revela, entre outras coisas, que uma mudança de paradigma ocorre com um processo de ruptura do padrão de solução de problemas previamente selecionados, já que nesse processo há uma disputa pelos espaços hegemônicos de construção do conhecimento. Assim, a revolução científica, resultado da mudança paradigmática, surge como processo descontínuo de rompimento com as velhas práticas e rotinas de pesquisa. Vejamos que, conforme Kuhn, o período pré-paradigmático é frequentemente marcado por debates profundos sobre métodos, problemas e padrões de solução legítimos e esses debates não são exauridos, mas tende-se a dar menos importância a eles com a consolidação do paradigma.

É interessante notar que os neoschumpeterianos também trabalham com a noção de crise, nesse caso uma crise de esgotamento do padrão tecnológico que cessaria os lucros de monopólio. Assim, o paradigma é estabelecido como um regime tecnologicamente dominante somente após uma crise de ajustamento estrutural, envolvendo profundas mudanças sociais e institucionais. Na mesma linha de Thomas Kuhn, Freeman e Perez (1988) destacaram que o estabelecimento do novo ambiente ocorre quando o fator-chave anterior e sua constelação de tecnologias dá fortes sinais de retornos decrescentes e de aproximação dos limites de sua potencialidade para promover incremento de produtividade ou para novos investimento lucrativos.

A atual convergência tecnológica aponta para uma nova dinâmica econômica, institucional e social, o que sinaliza para um processo tecnológico que pode se apresentar como ponto de inflexão positiva de uma grande onda de desenvolvimento, despertando um novo paradigma técnico-econômico tal como preconizado por Freeman e Perez (1988). Os requisitos para que essas transformações se consubstanciem em mudança paradigmática são: disponibilidade tecnológica, viabilidade econômica e possibilidade institucional.

Conseguimos vislumbrar todos esses requisitos no atual estágio de desenvolvimento da N&N no mundo. Parece claro que nos encontramos num processo de transição em que há ainda muitas dúvidas e incertezas sobre o real alcance das inovações, o que tem causado muitos embates científicos. Por definição, essas são características predominantes de uma mudança paradigmática. Porém, nesse novo ambiente, marcado pela convergência, nos parece que nem a visão Kuhniana, tampouco a de Freeman e Perez, conseguem explicar. Talvez não esteja ocorrendo uma ruptura epistemológica, ou mesmo uma mudança de trajetórias tecnológicas, o que parece haver é uma explosão na capacidade de gerar novos conhecimentos, novas idéias e novas inovações a partir da união de tecnologias que há muito vêm se desenvolvendo. Assim, os sonhos científicos (que não são novos) se tornam possíveis a partir dessa conjunção de novas idéias, rotinas e artefatos.

Para verificar como esse ambiente é novo e tem se transformado, basta observar que ao longo dos anos 2000 houve um crescimento exponencial do volume de recursos financeiros, físicos e humanos despendidos com as atividades de N&N. Também foi

⁴¹ A interpretação neoschumpeteriana tem origem em vários trabalhos empreendidos durante as décadas de 1970 e 1980, que tinham o objetivo de resgatar e revisar as contribuições de Schumpeter e outros estudiosos, buscando explicar o papel da ciência e da tecnologia na dinâmica capitalista. Para uma boa visão sobre suas principais contribuições e teóricos, ver Possas (1989).

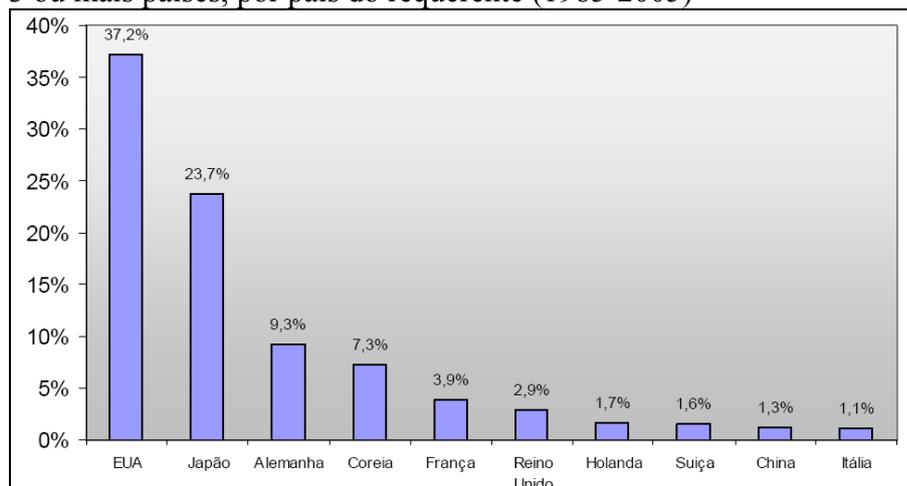
⁴² O estado de alerta define-se como o momento no qual os cientistas passam a se dar conta da existência de anomalias em uma teoria.

exponencial o número de trabalhos científicos publicados e de patentes geradas nessa área. Ao redor de todo o mundo, somam-se milhares de grupos de pesquisa e criaram-se laboratórios e infraestruturas diversas dedicadas às investigações nessa área. Todo esse movimento em massa mostra que o mercado já assimilou as N&Ns como uma revolução capaz de proporcionar ganhos extraordinários àqueles que se destacarem e estiverem à frente no processo concorrencial.

Todas as estimativas realizadas para os investimentos em nanotecnologias para os próximos anos (RNCOS, 2008; BBC Research, 2008) apontam para um crescimento expressivo, tanto dos investimentos em P&D, quanto do mercado global. Em 2002 já se observava investimentos crescentes na área, atingindo cerca de 5 bilhões de dólares (BRASIL, 2003). Já em 2008 os dados do “*The Project on Emerging Technologies*”⁴³ mostravam que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento em N&N, em nível mundial, já somavam cerca de US\$ 9 bilhões por ano. Em 2015, estima-se que os produtos de consumo com aplicações de nanotecnologia terão um valor de US\$ 1 trilhão no mercado global.

Quando olhamos para os números sobre a dinâmica de patenteamento de invenções na área de nano, percebemos que muitas empresas em diversos países têm buscado proteção internacional. Vejamos os dados do Gráfico 1 abaixo:

Gráfico 1 - Patentes relacionadas com nanotecnologia publicadas para a mesma invenção em 3 ou mais países, por país do requerente (1985-2005)



Fonte: Kisliuk (2008) *apud* Eugénio e Fatal (2010).

Percebe-se claramente uma liderança dos EUA no que se refere à busca pela proteção de suas invenções. Do total de patentes geradas nos EUA na área de N&N, quase 40% tiveram ao menos três registros em outros países. Quando isso ocorre, significa que a patente gerada guarda alguma promessa em relação à expansão do produto para o mercado internacional. Ainda sobre patentes, no ano de 2003, entre janeiro e dezembro, o número de patentes registradas na área de bionanotecnologia foi de 4611 (EUGÉNIO e FATAL, 2010). Esses números destacam o alto poder de penetração e difusão das nanotecnologias e revelam a corrida inaugurada por essas atividades.

O interesse por essa área também pode ser visto pelos vultosos investimentos públicos e privados. Conforme o ABDI (2009a), os investimentos mundiais em P&D nesta área cresceram de US\$ 1 bilhão em 2000 para US\$ 12,4 bilhões em 2006. Somente os EUA, a

⁴³ Disponível em: <http://www.nanotechproject.org/>.

partir de 2006 foram, responsáveis por investimentos governamentais acima de 1 bilhão de dólares por ano.

Tabela 1 - Níveis de financiamento em P&D em nanotecnologia, 2008 – em Bilhões de US\$

PAÍS	NÍVEL DE FINANCIAMENTO PÚBLICO	NÍVEL DE FINANCIAMENTO PRIVADO
Reino Unido	0,12	0,09
EUA	1,55	1,80
Alemanha	0,50	0,30
Japão	0,38	1,10
França	0,21	0,10

Fonte: Eugénio e Fatal (2010). Adaptado pelo autor.

A Tabela 1 revela que os EUA lideraram no ano de 2008, e possivelmente ainda lideram, o volume de investimentos públicos e privados em P&D para N&N. Curioso notar que tanto nos EUA, quanto no Japão, os investimentos privados superam os investimentos públicos. Isso pode ser explicado pela presença de empresas líderes no setor de alta tecnologia nos dois países.

Nos países da Comunidade Européia, programas especiais para projetos de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia têm como objetivo aumentar a competitividade das empresas européias e estabelecimentos de parcerias internacionais (ABDI, 2009a, p. 02). De acordo com Chandler (1992), é uma característica das grandes empresas que transitam sobre mercados oligopolizados investirem antecipadamente em capacitações organizacionais, o que inclui investimento em inovação. Para Chandler, esse tipo de liderança já foi observado em firmas americanas e alemãs nas duas décadas que antecederam à 1ª Guerra Mundial. O Japão também se destacou historicamente nesse tipo de comportamento.

Tabela 2 - Financiamento do setor público em P&D em nanotecnologia por país, 2008 -2010, em Milhões de dólares

PAÍS/ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Alemanha	386	414	534	547	547	547
França	344	370	404	-	-	-
Reino Unido	99	107	127	116	91	83
Bélgica	72	77	101	94	96	
Áustria	37	38	41	68	34	41
Finlândia	26	29	38	38	29	27
Noruega	17	19	29	43	26	32
Portugal	4	4	11	20	29	31
Suíça	11	10	1118	24	28	-

Fonte: Eugénio e Fatal (2010).

Vemos na Tabela 2 que entre 2005 e 2008 quase todos os países aumentaram as verbas públicas destinadas ao P&D em N&N. Como era natural de se esperar, também quase todos os países tiveram uma redução da verba a partir de 2008, o que pode ser explicado pela crise financeira mundial daquele ano que assolou, sobretudo, os países europeus.

A evolução da produção científica na área de N&N também aparece como um bom indicador do interesse científico por essa área de pesquisa. Na Tabela 3 abaixo foi considerada a taxa de crescimento anual da produção científica em seis áreas de destaque, vejamos:

Tabela 3 - Produção científica em áreas selecionadas da N&N, 1996-2006

ÁREA	Produção Científica, Tx Cresc.Anual	Líder Produção Científica	Produção Relativa do Líder	Posição brasileira Ranking	Nº de Trabalhos Brasil
Nanomateriais	22,0%	EUA	25%	20 ^a	2.650
Nanoeletrônica	12,0%	EUA	13%	18 ^a	1.581
Nanofotônica	13,8%	EUA	27%	21 ^a	1.177
Nanobiotecnologia	20,0%	EUA	-	23 ^a	21.329
Nanoenergia (1)	30,0%	EUA	26%	19 ^a	135
Nanoambiente	16,0%	EUA	32%	18 ^a	45

Fonte: Dados apresentados por CGEE (2008). Adaptado pelo autor.

(1) Para esse setor o período considerado foi de 1999 a 2005.

Através da Tabela 3 vemos que em todas as áreas a taxa de crescimento anual da produção científica ficou acima de 10% no período, chegando a 22% e 20% nas áreas de nanomateriais e nanobiotecnologia, respectivamente. Já o setor de nanoenergia foi o que apresentou maior crescimento no número de publicações, apresentando uma taxa de 30%. Para todas essas áreas os EUA apresentam posição de liderança, variando entre 13% e 32% da produção relativa em cada área. Destacamos que, quando essa tese começou a ser concebida sob a forma de projeto, ainda no ano de 2007, era possível mapear todos os trabalhos escritos no Brasil sobre nano. Porém, atualmente, a cada dia percebemos novas publicações que aparecem disponibilizadas na “grande rede”.

Após examinar os números da N&N no mundo e tendo em vista as reflexões teóricas empreendidas, é possível concluir que trata-se realmente de uma mudança paradigmática no estado da arte das ciências e das tecnologias em nível mundial, e já é visível o movimento de ajustes nas PCTs a fim de lidar com esse nova realidade (vide o caso brasileiro na seção seguinte).

Para finalizar a discussão, vale destacar que uma mudança de paradigma representa um completo estado de desconhecimento acerca do futuro. Talvez estejamos presenciando esse momento, o que explica grande parte das incertezas, seja em torno das possibilidades científicas, tecnológicas e econômicas, dos riscos, e do papel que deve ser desempenhado pelas instituições de governança.

Isso nos remete a uma nova realidade que precisa ser adequadamente vivida a partir de um novo paradigma da construção do conhecimento. Talvez esse seja o momento mais adequado para uma ruptura com o paradigma tradicional, marcadamente disciplinar, ainda enraizado em nossas estruturas científicas, passando para um paradigma interdisciplinar.

1.5 ESTADO DA ARTE DAS N&Ns NO BRASIL: BREVE HISTÓRIA E INVENTÁRIO DAS AÇÕES

Após tudo que foi dito acima, faz-se necessário nesse momento apresentar o estado da arte da nanotecnologia no Brasil a fim de situar o leitor no contexto do desenvolvimento histórico dessa área. O objetivo é mostrar que, apesar de ser caracterizada como incipiente pela maioria dos meios de comunicação, e por apresentar-se desconhecida para muitos

cidadãos brasileiros, as N&Ns já podem ser tratadas como realidade consolidada, não só como atividade investigativa no campo da ciência, mas também como realidade industrial. A seguir apontamos os principais marcos históricos do desenvolvimento dessas atividades no Brasil.

1.5.1 As primeiras experiências e as institucionalidades⁴⁴

Apesar de os documentos oficiais darem conta das N&Ns apenas no início do século XXI, as primeiras experiências com nanociência no Brasil podem ser encontradas bem antes, provavelmente no fim da década de 1970 e início dos anos 1980. Certamente os estudos incipientes daquele período foram resultado de uma inflexão positiva na atividade científica e tecnológica brasileira que teve início ainda na década de 1950, e que seguiu exitosa por algumas décadas, tendo como principal fruto a consubstanciação de grupos de vanguarda na atividade científica brasileira⁴⁵.

O “Relatório Nanotecnologia Investimentos, Resultados e Demandas” do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) de junho de 2006 (BRASIL, 2006), destaca que, apesar de ainda não se falar em nanotecnologia, foi em 1987 que o Brasil deu o primeiro passo explícito em termos de política para a área. Nesse ano, o CNPq investiu US\$10 milhões em equipamentos para técnicas de crescimento na área de semicondutores.

Em julho de 1997, o Brasil inaugurou o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) que proporcionou um alto ganho de qualidade nas pesquisas científicas brasileiras. De acordo com Brum (2007), o LNLS é hoje um complexo de laboratórios que opera como um centro nacional aberto, oferecendo infraestrutura a todos os pesquisadores do Brasil e do mundo. O laboratório conta com uma equipe própria de pesquisadores, mas aproximadamente cerca de 90% dos usuários são de outras instituições.

Conforme destaca Cylon G. da Silva (*apud* Fernandes e Filgueiras, 2008, p. 2208), a implantação do LNLS representou um grande avanço do Brasil nos estudos sobre matéria no nível atômico. Nesse sentido, apesar de ainda não se falar em nanotecnologia, o Brasil já criava *expertise* e instrumentos preparados para a atuação nessa área. Para o físico, ao longo dos anos, o País investiu em laboratórios capazes de fazer nanotecnologia e nanociência, sem usar esse termo. E as instituições de fomento, como a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) foram grandes financiadores dessas atividades.

O Quadro 7 resume os principais marcos institucionais do governo brasileiro na área de N&N.

⁴⁴ Nessa subseção apontamos alguns marcos importantes sobre o desenvolvimento da N&N no Brasil. Um inventário completo sobre o tema pode ser encontrado no trabalho de Fernandes (2007).

⁴⁵ Uma descrição mais profunda dessa fase da C&T no Brasil é feita no capítulo II desta Tese.

Quadro 7 - Marcos institucionais do desenvolvimento da N&N no País

ANO	MARCOS INSTITUCIONAIS
1987	Investimento do CNPq em equipamentos para técnicas de crescimento epitaxial de semicondutores.
2000	Reunião seminal do CNPq/MCT sobre o desenvolvimento futuro da N&N no País.
2001	Criadas, a partir do Edital CNPq Nano 01/2001, quatro redes de nanotecnologia.
2001	Apoiados quatro Institutos do Milênio na área de N&N.
2003	Criado o Grupo de Trabalho de Nanotecnologia para elaboração do Programa de Nanotecnologia.
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia, atualmente Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias.
2004	Início do Programa Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia no âmbito do PPA – 2004-2007.
2004	Criado GT para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e nanotecnologia.
2004	Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais.
2004	Instituída a Rede BrasilNano e seu Comitê Diretor.
2005	Designados os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano.
2005	Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN).
2005	Assinado o Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina criando o Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN).
2005	Selecionadas 10 Redes Nacionais de Nanotecnologia, com atuação prevista para o período 2006-2009.
2007	Lançamento do Plano de Ação em C&T&I - PACTI, cujas ações são executadas de forma articulada e coordenada por diversos Ministérios, tendo à frente o Ministério de Ciência e Tecnologia – MCT.
2008	Inauguração do Centro de Nanociência e Nanotecnologia Cesar Lattes, construído no campus do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em março de 2008.
2008	Lançamento pelo Governo Federal da Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP em maio de 2008. Integra a PDP o Programa Mobilizador em Nanotecnologia, cuja gestão está a cargo do MCT.

Fonte: CGEE (2008).

Em 2001, foi publicado o “Livro Verde” (Ciência, Tecnologia e Inovação: desafio para a sociedade brasileira), projeto coordenado pelo MCT que tinha o objetivo de discutir o papel do conhecimento e da inovação para o desenvolvimento econômico e social do País (BRASIL, 2001c). Nesse livro nanotecnologia e nanociência aparecem como atividades merecedoras de atenção nos debates acerca do futuro da ciência no Brasil.

A partir desse reconhecimento, o MCT passou a trabalhar de forma sistemática na construção de um ambiente científico e tecnológico que abrisse espaço para o apoio à *expertise* nacional na área de N&N. Assim, em 2001, foram criadas quatro redes de nanotecnologias através de edital específico, o que inaugurou as pesquisas colaborativas e institucionalizadas pelo governo.

Em termos de apoio à infraestrutura, além do financiamento às atividades das redes, foram financiados laboratórios como o Luz Síncrotron e Nanometrologia (do Instituto Nacional de Metrologia - Inmetro) com aquisição de equipamentos de última geração. Além disso, foram financiados outros três laboratórios estratégicos em nanotecnologia no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, na Embrapa Instrumentação (em São Carlos-SP) e no Centro Estratégico de Tecnologia do Nordeste (Cetene).

As principais ações na área de estrutura são destacadas no Quadro 8 a seguir.

Quadro 8 - Infraestrutura estatal brasileira para as atividades de P&D em N&N

INFRAESTRUTURA	CONTRIBUIÇÃO PARA A ÁREA
Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS)	Fornecer infraestrutura para utilização de técnicas avançadas e essenciais, disponíveis para toda a comunidade científica e tecnológica, permitindo a caracterização detalhada à nível atômico - estrutura, composição química, morfologia, arranjo e organização (BRUM, 2002). Inaugurado em 1997.
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)	Possui o Centro de referência em metrologia que possibilita o crescente aperfeiçoamento dos padrões de medições e, com isso, maior controle de qualidade sobre o que a indústria está produzindo. Possibilita à indústria nacional fabricar dispositivos melhores como estratégia na busca de aumento de eficiência produtiva e de inovação tecnológica.
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)	O CBPF tem tido uma participação crescente em nanociência e nanotecnologia. Suas linhas de pesquisa abrangem desde o estudo de fenômenos e propriedades intrínsecas à matéria na escala nanoscópica até o desenvolvimento e a análise de matérias-primas em parceria com empresas privadas.
Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária (Embrapa)	Disponibiliza desde 2009 para suas unidades o Laboratório Nacional de Nanotecnologia para o Agronegócio (LNNA), com uma área de 700 m ² e um microscópio de força atômica que está apto para desenvolver pesquisa na área de sensores e biossensores para monitoramento de processos e produtos; membranas de separação e embalagens biodegradáveis, bioativas e inteligentes; e novos usos de produtos agropecuários (EMBRAPA, 2009). Ano de inauguração: 2009.
Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (Cetene),	Conta com um Laboratório Estratégico Regional, o Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia, financiado pelo MCT, cuja infraestrutura está disponível para dar suporte a atividades de P&D e prestar serviços tecnológicos à indústria (CETENE, 2010). Ano de inauguração: 2008.

Fonte: Elaboração própria. Informações obtidas a partir de Brum (2002); Ferreira (2008?); CBPF (s/a); Embrapa (2009) e Cetene (2010).

O governo brasileiro também organizou um conjunto de instituições (grupos de trabalho, coordenações, redes, institutos, fundos setoriais) com o objetivo de gerar um sistema nacional de inovação em nanociência e nanotecnologia. O Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 de 2003 foi incumbido de formatar a proposta para a inclusão das atividades em N&N no PPA 2004-2007. Foi então formatado o Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia (BRASIL, 2006). Em 2005, contudo, as ações desse Programa foram inseridas em outro mais abrangente: Programa 1388 – Ciência, Tecnologia e Inovação para a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE). Nesse mesmo ano, foi lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN), reunindo os recursos do PPA 2004-2007 com os dos Fundos Setoriais e buscando colocar em prática a PITCE no que diz respeito às N&Ns (FERNANDES e FILGUEIRAS, 2008, p. 2207).

Cabe destacar que todos os laboratórios devem possuir a prática colaborativa entre as atividades dos diversos grupos de pesquisa e programas de pós-graduação no Brasil. Isso está explícito na proposta do grupo de trabalho citado acima, quando destacam que:

A indução da criação de Programas de pós-graduação multidisciplinares e multi-institucionais é também objetivo do Programa. Torna-se relevante que os alunos de um programa com tais características possam usufruir de toda a expertise nacional sobre as diferentes áreas relevantes para a Nanotecnologia. Tal situação deve também passar pelas facilidades de uso de todo o parque instrumental nacional que foi provido pelos governos estaduais e federal (BRASIL, 2003)

Na subseção seguinte buscamos destacar o que foi alcançado pelo Brasil após uma década de investimentos explícitos no desenvolvimento do setor de N&N. Os resultados ainda são muito tímidos se comparados aos avanços internacionais, porém já se percebe um ambiente bastante favorável para os estudos na área.

1.5.2 Alguns resultados e prospecções

Ao longo de uma década de planejamento e ações para o desenvolvimento da N&N no Brasil, alguns resultados interessantes podem ser destacados, principalmente no que se refere ao número de grupos de pesquisa formais e pesquisadores envolvidos com a atividade. Algumas empresas brasileiras já lançaram produtos no mercado criados com base em procedimentos nanotecnológicos e já podem ser encontradas algumas patentes depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi). Além disso, algumas prospecções já foram realizadas para o setor no Brasil.

Numa pesquisa que realizamos em 2009 (SANTOS JUNIOR, SANTOS e DUPIM, 2010), apuramos a existência no Brasil de cerca de 124 Grupos de Pesquisa formais registrados no CNPq que trabalham com nanotecnologia, divididos em quatro áreas e atuando em muitos segmentos. A maior parte desses grupos é da área de Ciências Exatas e da Terra (42%), seguida da área de Engenharias (27%), Ciências Biológicas e Saúde (24%) e Humanas (7%). Em termos de dispersão geográfica, 54% desses grupos estão na Região Sudeste, 23% na Nordeste, 16% na Sul, 4% na Norte e 3% na Região Centro-Oeste.

São aproximadamente 60 instituições de ensino e pesquisa envolvidas com atividades na área de N&N, além de outras que trabalham exclusivamente com pesquisa, como é o caso da Fundação Osvaldo Cruz, Embrapa, Instituto de Pesquisa Tecnológicas, entre outras. No que respeita à participação nas pesquisas por Instituições, destaca-se primeiramente a Universidade de São Paulo (USP) com dez grupos, seguida pelas Universidade Federal do Rio de Janeiro e Universidade Federal de Pernambuco, com oito grupos cada, e a Universidade Estadual de Campinas, com 5 grupos. Quanto aos recursos humanos envolvidos, são cerca de 1620 pesquisadores, desde seniores a iniciantes. Desse total, 38% são Doutores, 31% Pós-doutores, 14% Mestres, 12% Graduados e 5% Técnicos com 2º grau-completo.

A distribuição dos grupos nas subáreas está disposta no Quadro 9.

Quadro 9 - Distribuição dos Grupos de Pesquisa por área no CNPq.

Grupos	Nº de grupos
Nanoquímica	15
Nanotecnologia aplicada ao agronegócio	6
Nanomateriais	24
Nanocomputação	1
Matemática aplicada à nanotecnologia	1
Aplicação de nanotecnologia a novos produtos	9
Nanofísica	10
Nanomedicina	3
Nanobiotecnologia	11
Nanoengenharia	15
Nanotecnologia enquanto objeto de estudo sociológico	10
Nanofármacos	11
Nanobiologia	8

Fonte: Elaboração própria. Base de dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, Disponível em: <http://www.cnpq.br/gpesq/apresentacao.htm>, consultado entre julho e setembro de 2009.

Martins et. al. (2007) listaram mais de 40 empresas que já desenvolvem produtos da nanotecnologia no País e ressaltam que o número de patentes de empresas estrangeiras depositadas no INPI é superior ao de empresas nacionais. No Quadro 10 a seguir apresentamos alguns exemplos de nanotecnologias genuinamente brasileiras. Interessante notar que muitos produtos já se encontram disponíveis para os consumidores finais.

Quadro 10 - Exemplos de algumas empresas no Brasil que utilizam processos nanotecnológicos e os produtos derivados

EMPRESAS	PRODUTOS
Orbys	IMBRIK – Nanocompósito polimérico de látex de borracha natural e argila para fabricação de adesivos, embalagens, calçados, artigos esportivos.
Santista Têxtil	TECHNOPOLO LIGHT: produto com tratamento denominado NanoConfort com acabamento antimicrobial.
Embrapa	FILME PROTETOR COMESTÍVEL: aplicação sobre produtos para retardar o processo de decomposição natural de frutas e legumes. LÍNGUA ELETRÔNICA: Verificador eletrônico de qualidade da água e degustador de bebidas. Possui grande rapidez e alta sensibilidade nas análises das características dos líquidos.
Nanox	NANOX BARRIER: protege superfícies contra processos de corrosão e abrasão. NANOX CLEAN <i>coatings</i> nanoestruturados que facilitam processo de limpeza e esterilização. NANOX HIDROCELL: possibilita sínteses especiais de nanopartículas com formas complexas e controle das condições de contorno.
Nanotex	Tratamento com nanopartículas que atribui ao pano a propriedade de repelir líquidos.
Natura	NATURA EKOS (Linha Bruma de leite): linhas de hidratantes de pele que utiliza nanotecnologia no processo de fabricação.
O Boticário	NANOSERUM: cosméticos com fórmula nanoestruturada que permite que os ativos sejam liberados e direcionados para todas as camadas da pele.
Faber-Castell	Desenvolvimento de grafite com maior resistência, maciez e coloração.
Incrementa PD&I	Solicitou em 2007 patente de um anestésico para uso tópico, inserido em nanocápsulas que conferem maior permeabilidade quando aplicado à pele.

Fonte: Baseado em Martins *et.al.*(2007), elaborado e atualizado pelo autor.

Buscando fazer uma prospecção das atividades de N&N no Brasil, mapeando as iniciativas atuais e planejando as ações futuras, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), entidade que atua na execução, coordenação e monitoramento da política industrial brasileira e que desenvolve ações de implementação e acompanhamento da Estratégia Nacional de Nanotecnologia, encomendou, junto ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), órgão ligado ao MCT, o “Estudo Prospectivo – Nanotecnologia: 2008-2025”. O estudo apontou as áreas mais impactadas pelas aplicações das nanotecnologias no Brasil, conforme Quadro 11 abaixo.

Quadro 11 - Setores mais impactados pelas aplicações da nanotecnologia no Brasil

SETOR	HORIZONTE TEMPORAL
Fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações.	2011- 2015
Medicina e saúde	2011- 2015
Higiene, perfumaria e cosméticos	2008 - 2010
Petróleo, gás natural e petroquímica	2011- 2015
Aeronáutico	2011- 2015
Biocombustíveis	2011- 2015
Plásticos	2011- 2015
Meio ambiente	2011- 2015
Agroindústrias	2008 - 2010

Fonte: ABDI (2009a).

Vemos conforme o estudo prospectivo que, a “Era da Nanotecnologia” no Brasil está para começar, já que o horizonte temporal para a maioria dos setores tem como início o ano de 2011. O setor de cosméticos já vem apresentando vários investimentos, talvez por ser uma área de forte aceitação de novidades por parte do consumidor.

A N&N é tratada nos documentos oficiais do governo brasileiro como uma atividade “Portadora de Futuro” e por isso está inserida nos principais programas prioritários. Isso significa que o governo está apostando nessa iniciativa como fonte de promoção da competitividade nacional, daí as ações na área de Política industrial, científica e tecnológica que desde 2001 passaram progressivamente a incorporar a N&N como principal estratégia de desenvolvimento. No próximo capítulo empreendemos uma discussão acerca da visão desenvolvimentista e das apostas feitas na tecnologia, apontando as virtudes e os vícios históricos dessa visão.

CAPÍTULO II - IDEOLOGIA E POLÍTICA INDUSTRIAL E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL

Durante a segunda metade do século XX, presenciaram-se no Brasil mudanças profundas no cenário econômico, respaldadas por uma inversão na matriz produtiva nacional que deslocou o setor dinâmico da economia da agricultura para a indústria. Naquele período estava explícita uma orientação industrializante, tendência que refletia o diagnóstico das contribuições teóricas à época, capitaneadas pela Comissão Econômica para América Latina e Caribe (Cepal), que problematizaram a questão do subdesenvolvimento dos países latino-americanos.

Apesar dessa inversão, o setor agrícola não se manteve estagnado, pelo contrário, foi possível observar um amplo processo de modernização, responsável pela transformação da base técnica da agricultura (uso intensivo de fertilizantes, defensivos, sementes, etc.), o que caracterizou a industrialização desse setor, tendo como principal característica a internacionalização e integração de ramos da indústria e dos serviços ligados ao meio rural. Essa mudança fazia parte de um amplo projeto de modernização nacional.

Na história econômica do Brasil, nos parece que as estratégias de desenvolvimento estiveram diretamente orientadas por forças políticas territorializadas, pelo capital industrial nacional e estrangeiro e por intentos privados que ganhavam *status* de comoção ou compulsão nacional pelo desenvolvimento a qualquer custo, com destaque para os jargões: “Brasil, o celeiro do Mundo”, “50 anos em 5”, “crescer o bolo para o depois distribuir”, entre outros.

Assim, a partir da década de 1950, observamos uma sucessão de estratégias deliberadas de desenvolvimento, na maioria das vezes acompanhadas por um ambiente externo favorável e pautadas em planos de desenvolvimento, com foco no crescimento industrial para substituir importações. Porém, quando da presença de crises, o que se observou historicamente foi um desvio de rota, que ficou evidente nas décadas de 1980, 1990 e início dos 2000, a fim de privilegiar a estabilidade (política, financeira e econômica).

O objetivo deste capítulo é apresentar um *overview* das políticas industriais e tecnológicas no Brasil, buscando sustentar a tese de que a marca dessas políticas tem sido o imediatismo e uma visão parcial de progresso, que desconsidera os efeitos colaterais de longo prazo, e que é restrita a alguns grupos de interesse, inclusive negligenciando a participação da sociedade civil. Para tanto, faz-se necessário apresentarmos inicialmente uma definição de política industrial e sua vinculação com as políticas científicas e tecnológicas (PCTs). Em seguida, passamos para uma análise mais detalhada das PCTs que merecem destaque a partir da década de 1950, evidenciando suas virtudes no que se refere ao planejamento e ao avanço institucional. Após destacar as virtudes, empreendemos uma análise sobre os estrangulamentos da política e apresentamos algumas críticas feitas a partir dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia, em sua vertente latino-americana. Ao final do capítulo destacamos três perspectivas teórico-analíticas (Teoria Agente-Principal, Análise de Redes Sociais, e Análise a partir das Comunidades de Pesquisa) que contribuíram para os estudos realizados no terceiro⁴⁶.

⁴⁶ Reconhecemos o papel dos esforços anteriores à década de 1950 no que se refere à promoção da industrialização, principalmente a partir dos anos 1930 com o então Presidente Getúlio Vargas. O corte nos anos 1950 apenas marca a ascensão de um movimento, principalmente no caso brasileiro, de esforço deliberado para a constituição de instituições que formaram o que hoje conhecemos como Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação.

2.1 POLÍTICA INDUSTRIAL COMO POLÍTICA PÚBLICA

A discussão sobre política industrial e tecnológica se insere num debate mais amplo acerca do papel do Estado na economia. Não nos interessa aqui reproduzir todo o debate, já que isso foi brilhantemente feito em outras teses e artigos no Brasil⁴⁷, porém faz-se necessário pontuá-lo a fim de melhor situarmos o leitor nessa discussão. Além disso, pontuar a discussão torna-se relevante para que possamos apresentar a definição de política industrial que concebemos nessa tese.

Por um lado, a discussão sobre política industrial se vincula ao pensamento neoclássico/liberal⁴⁸ onde a concorrência seria o melhor meio para se alcançar a eficiência industrial através do aumento da competitividade. Levada às últimas conseqüências, o Estado poderia até mesmo prescindir de uma política industrial, bastando zelar pelo bom funcionamento do mercado para evitar as falhas⁴⁹.

Nessa perspectiva, Jorge (1998, p. 22) ressalta:

O espaço de atuação para as políticas públicas é definido, portanto, pelas falhas de mercado, associadas a imperfeições no funcionamento dos mercados. Cabe ressaltar que este espaço [...] não implica necessariamente em uma maior intervenção do Estado na economia, mas sim em uma tentativa de restabelecer o funcionamento adequado dos mecanismos de ajustamentos previstos no modelo de concorrência perfeita.

O debate sobre a participação ou não do Estado incorpora a noção de riscos relacionados à penetração dos interesses privados quando da presença forte do Estado. Autores como North (1981) e Bhagwati (1982) destacam que há uma forte pressão exercida por grupos privados para que o Estado sirva de fonte de renda extraordinária. Villela e Correa (1995, p. 28) argumentam que:

“há uma vasta discussão a respeito da capacidade do Estado para a intervenção tecnocrática. Muitos estudos argumentam que o estado seria inerentemente ineficiente porque suscetível às práticas de *rent-seeking* ou porque simplesmente (e naturalmente) corrupto”.

Numa visão oposta, defende-se uma participação efetiva do Estado, com a política industrial elaborada em perfeita consonância e com o apoio de políticas e medidas no âmbito do ambiente macroeconômico, do comércio exterior e das ações na área de ciência e tecnologia (SUZIGAN e VILLELA, 1997, p. 15-16).

Para Suzigan (1996, p. 6), numa perspectiva *lato sensu*:

Consideram-se como parte de uma política (ou estratégia) industrial os seguintes elementos: planejamento geral indicativo, formalização de diretrizes e objetivos, organização institucional específica, articulação com a política macroeconômica, *targeting* de indústrias ou tecnologias específicas, instrumentos e políticas auxiliares (políticas de comércio exterior, financiamento, políticas de fomento, políticas de regulação e competição), investimentos em infraestrutura econômica e

⁴⁷ Suzigan e Villela (1997), Jorge (1998); Costa (1994) entre vários outros.

⁴⁸ O pensamento neoclássico, *mainstream* do pensamento econômico, apregoa que se a economia for caracterizada pelo livre funcionamento dos mercados haverá uma tendência à alocação ótima dos recursos.

⁴⁹ As falhas de mercado ocorrem entre outras coisas devido à existência de bens públicos cujo preço não pode ser determinado pelo mercado, pelo surgimento de mercados não-competitivos onde estão presentes formas explícitas ou implícitas de conluíus empresariais e pelo surgimento de externalidades. Ver Chang (1994).

de ciência e tecnologia, sistema educacional e treinamento de mão-de-obra e formação de recursos humanos especializados.

Nessa perspectiva, percebemos que há forte ênfase na criação de um quadro institucional capaz de planejar, fomentar, executar e acompanhar o andamento dessas políticas.

Para Costa (1994, p. 3):

[...] a política industrial é implementada por uma organização específica, através de instrumentos regulatórios e da atividade industrial, e caracteriza-se pela indissociabilidade com a política científica e tecnológica, pelas relações complexas com as políticas econômicas e públicas e pela percepção de quais são as estratégias empresariais. Todos estes elementos precisam ter como referência a dinâmica econômica e tecnológica internacional.

Assim, podemos afirmar que a Política Industrial, nesta perspectiva, é um campo das políticas públicas que têm como objetivo alavancar o setor produtivo nacional. O objetivo final dessa alavancagem estaria numa melhoria do bem-estar das famílias através do aquecimento do emprego e renda nacional. Souza (2006, p. 26) define a formulação de políticas públicas como sendo o “estágio em que os governos democráticos traduzem seus propósitos e plataformas eleitorais em programas e ações que produzirão resultados ou mudanças no mundo real”.

Sendo a política industrial uma política pública, podemos concluir que ela compõe uma rede de políticas. Como já analisado por diversos estudiosos no campo da política (LASWELL, 1958; LINDBLOM, 1959; LOWI, 1964; KINGDON, 1984), diversos atores, em etapas diferentes e com especificidades em cada governo, participam do processo de formulação das políticas públicas, sejam eles os políticos, burocratas e/ou técnicos dos governos, cientistas e diversos grupos de interesse e sociedade civil.

Um dos pontos polêmicos tratados na discussão acerca do conceito de política industrial⁵⁰ é sua amplitude, ou seja, se a política industrial deve ser mais generalista ou mais específica. Adams e Bolino (1983, *apud* JORGE, 1988) sistematizaram as principais visões acerca da Política Industrial e propuseram uma taxonomia, como apresentado no Quadro 12 abaixo.

⁵⁰ Ver Jorge (1998).

Quadro 12 - Taxonomia da Política Industrial

<p>Políticas Industriais em Geral: Este conceito inclui todos os tipos de PI, gerais e específicas. A abrangência desta definição reflete a discussão dos autores das numerosas possibilidades da PI.</p>
<p>Políticas Industriais Gerais e Não Seletivas: São entendidas como políticas acessíveis nos mesmos termos para todas as empresas de uma economia. Elas incluem políticas gerais com o objetivo de aperfeiçoar o mecanismo de alocação de recursos, assim como estimular os investimentos produtivos ou em novas tecnologias.</p>
<p>Políticas para atividades específicas: Este conceito é uma subcategoria do anterior. Ele refere-se a políticas dirigidas a atividades específicas do processo produtivo, tais como políticas de incentivo a P&D.</p>
<p>Políticas para regiões específicas: Este tipo de política pode-se sobrepor com as categorias prévias, uma vez que as políticas regionais podem não se dirigir a uma indústria ou a uma atividade em particular. Ao mesmo tempo, elas podem ser uma interseção com as categorias descritas abaixo, de políticas específicas de setores específicos e/ou projetos industriais. Por exemplo, o desenvolvimento da infraestrutura de uma área selecionada de um país pode ser considerado como uma Política para regiões específicas.</p>
<p>Políticas para Setores Específicos: Estas políticas são dirigidas a setores específicos, em geral segmentos amplos da economia, como, por exemplo, o setor manufatureiro.</p>
<p>Políticas para Indústrias Específicas: São políticas dirigidas para indústrias específicas, definidas de forma ampla ou restrita. Entre elas estão políticas cujo objetivo é desenvolver indústrias de alta tecnologia, como, por exemplo, microeletrônica. Podem também ter a intenção de auxiliar indústrias com problemas.</p>
<p>Políticas para Firms Específicas ou Políticas para Projetos Específicos: São políticas desenhadas para beneficiar firmas específicas. A maior parte do investimento direto governamental em desenvolvimento industrial, em empresas públicas, e a maioria dos projetos de infraestrutura recai nesta categoria. Outra forma utilizada é dar assistência direta a firmas em dificuldade financeira ou auxiliar no desenvolvimento de produtos ou tecnologias.</p>

Fonte: Adams e Bolino (1983, *apud* JORGE, 1998).

A taxonomia de Adams e Bolino contribui para nossa tese de duas formas. Primeiro, para explicar a perspectiva imediatista. Assim, nos é de especial interesse perceber o horizonte abarcado pelas Políticas Industriais em Geral, no Brasil. Segundo, a fim de relacionar as PCTs com as políticas industriais, podemos utilizar o conceito de políticas voltadas para atividades específicas.

Para os fins a que se destina essa seção, cabe-nos situar, no âmbito das políticas industriais, as políticas científicas e tecnológicas que, apesar de terem um fim específico no que se refere à promoção do avanço do estoque de conhecimento e da técnica, aparecem também como medidas de apoio ao fortalecimento da capacidade industrial de um país. Conforme Cunha (1995, p. 29), a PCT direciona-se no sentido de construir e apoiar setores motores do processo de inovação, além de fomentar a difusão da inovação desses setores para o resto do sistema. As estratégias de desenvolvimento tecnológico buscam também reestruturar, ou mesmo eliminar, os setores tecnologicamente atrasados e sem capacidade de competição em nível internacional.

Ainda de acordo com Cunha (1995, p. 30):

[...] a PCT resulta da capacidade do Estado, por via de canais políticos, de orientar e administrar os conflitos de interesses associados à capacidade diferenciada dos segmentos capitalistas na criação e incorporação do progresso técnico, alterando, assim, os rumos do progresso espontâneo de evolução da base técnica. Para tanto, o estado lança mão de uma série de instrumentos que buscam socializar os riscos técnicos, econômicos e financeiros da geração da inovação, desenvolver suporte institucional capaz de gerar um estoque de conhecimentos e inovações e criar os canais necessários à difusão dos fluxos de conhecimento e tecnologia para o sistema.

Fagundes (2009, p. 14) destaca que a definição da PCT é muito fluida e variável, mas que em geral diz respeito a uma série de ações governamentais que incluem: geração, fomento, disseminação e aplicação de conhecimentos científicos e/ou tecnológicos; o apoio às atividades de pessoas e instituições envolvidas com pesquisa; o suporte aos estudos de inovação, transferência, invenção e difusão de técnicas, processos e produtos; a formação de recursos humanos qualificados etc.

Cabe-nos destacar que, estando em consonância com as políticas industriais e fazendo parte do campo maior das políticas públicas, as PCTs também se inserem numa rede de políticas suscetível à congruência, conflitos e disputas de interesses diversos. E é aqui que, para além dos atores que participam dos espaços de outras políticas públicas, emerge uma categoria de ator com força política e retórica que tem importante papel na formulação e nos rumos da política, quais sejam, os cientistas.

Buscando desmistificar os obstáculos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, muitas vezes caracterizados como a simples ausência dos mecanismos institucionais para tal, Herrera (1983) formulou os conceitos de políticas científicas explícitas e implícitas. De acordo o pesquisador, as políticas explícitas se expressam nos documentos oficiais do governo, em leis, regulamentos, planos e programas de desenvolvimento e nos estatutos de instituições ligadas ao desenvolvimento científico e tecnológico. Já as políticas científicas implícitas não podem ser identificadas facilmente, já que se ligam a um projeto de desenvolvimento nacional que faz parte da ideologia do grupo que domina essa área no governo, não possuindo estrutura formal, “[...] em essência ela expressa a demanda científica e tecnológica [do] projeto nacional de cada país” (HERRERA, 1983, p. 15).

As políticas implícitas são aquelas realmente implementadas e podem, ou não, ter conexão com as políticas explícitas. Ocorre que, por serem oficiais, as políticas explícitas aparecem como um artifício para galgar apoio social ao projeto de desenvolvimento idealizado. Em situações de consenso entre os *policy decision-makers* e os demais grupos que conformam o ambiente político, inclusive as organizações da sociedade civil, há uma convergência entre as duas políticas. Caso não haja consenso, a política científica explícita funcionaria como um instrumento de mediação de conflitos.

Numa caracterização complementar, os instrumentos de política científica e tecnológica podem ser divididos em diretos e indiretos⁵¹. Os primeiros referem-se às instituições de planejamento em C&T, mecanismos de financiamento das atividades de P&D, sistemas de informação, etc. Já os indiretos envolvem um amplo conjunto de medidas e atividades tais como: planejamento agrícola e industrial, créditos e taxas de juros, políticas de comércio exterior, entre outras ações de Estado que podem ter conexão com as atividades de C&T. Como destaca Herrera (1983, p. 15) “[...] a política explícita expressa-se através de instrumentos diretos, enquanto que a implícita articula-se, principalmente, por meio de instrumentos indiretos”.

O estudo da conformação das PCTs de um país e sua relação com o processo de desenvolvimento passa pelo entendimento de como se articulam os instrumentos diretos e indiretos. E, além disso, “[...] independentemente do discurso explícito do governo, é a alocação de recursos em certas áreas e o resultado obtido, um elemento fundamental para análise de suas verdadeiras prioridades” (DAGNINO, 1983, p. 49).

A seguir empreendemos uma descrição e breve análise das políticas explícitas e dos instrumentos diretos e indiretos utilizados na construção das PCTs no Brasil a partir da

⁵¹ Classificação apresentada pelo projeto “Instrumentos de Política Científica e Tecnológica”, citado por Herrera (1983).

segunda metade do século XX. O objetivo é construir um mapa de políticas que servirá de base para uma avaliação crítica que faremos nas seções seguintes.

2.2 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA PCT NO BRASIL: MARCOS HISTÓRICOS E BREVE ANÁLISE DAS POLÍTICAS

2.2.1 Alguns marcos teóricos e históricos da PCT brasileira

O processo de industrialização intensiva no Brasil se confunde com a industrialização de vários países na América Latina, pois possuem um contingenciamento histórico comum, a saber; o diagnóstico Cepalino acerca do subdesenvolvimento de seus países e da Região do Caribe.

A despeito da existência de indústrias no Brasil desde o século XIX, foi somente a partir dos anos 1930 e, mais profundamente, nos anos 1950, que esse setor foi se consolidando como atividade dinâmica para a economia brasileira, inclusive com a criação de instituições voltadas para ampliação da capacidade produtiva, principalmente no que se refere aos mecanismos de financiamento. Tem-se assim um esforço substancial do governo brasileiro para alavancar o setor secundário da economia, depositando nas atividades industriais as esperanças de um rompimento com o subdesenvolvimento.

Essa atitude ativa em relação à industrialização nasce com a assimilação por parte das elites políticas das críticas feitas na América Latina, sobretudo pela Cepal e pelos formuladores da Teoria da Dependência, ao pensamento etapista do desenvolvimento, que preconizava que os países subdesenvolvidos tenderiam a seguir naturalmente a mesma trajetória de crescimento dos países centrais, e que isso seria possível simplesmente quando esses países atingissem a maturidade que seria galgada ao longo tempo. Além disso, intelectuais, políticos e burocratas latino-americanos rompem definitivamente com o princípio ricardiano das vantagens comparativas, reconhecendo a necessidade da industrialização como ponto de partida para a melhoria dos termos de intercâmbio no comércio internacional (TAVARES, 1972; HERRERA, 1983, 2003).

O conceito vigente de desenvolvimento originou-se, em grande medida, nas condições da Europa depois da Segunda Guerra Mundial. Adaptado aos países atrasados, o problema do desenvolvimento pareceu relativamente fácil, pelo menos do ponto de vista conceitual: consistiria em repetir o caminho seguido, no passado, pelos países agora industrializados (HERRERA, 1983, p. 16).

Assim, iniciou-se um grande esforço de industrialização buscando prover e gestar um setor industrial nacional com nova capacidade produtiva, capaz de atender a uma demanda crescente por manufaturados. A esse processo chamou-se de substituição de importações que tinha dois objetivos explícitos: por um lado, objetivava produzir internamente os produtos que inchavam a pauta de importações e que por vezes apresentavam dificuldades para serem importados, tendo em vista alguns estrangulamentos externos; por outro lado, esperava inserir as economias latino-americanas no circuito do comércio internacional, através dos investimentos em P&D, buscando a criação de novas competências e maior competitividade da indústria nacional.

Tendo em vista a incipiente indústria das regiões periféricas, a substituição de importações se deu inicialmente em setores que requeriam pouca tecnologia, para posteriormente avançar em setores com maior complexidade tecnológica. Nesse processo, o

Estado foi o carro chefe, tanto no que se refere ao financiamento dos projetos como, e de forma mais relevante, assumindo a função de grande produtor nacional.

Cabe destacar que o Brasil, além de participar efetivamente da produção, sobretudo na indústria de base, passou a gestar um projeto de desenvolvimento pautado nos investimentos em tecnologia. É nesse contexto que começam a surgir as primeiras experiências de planejamento científico e tecnológico, visando transformar o Brasil numa “potência mundial”. Para além do “celeiro do mundo”, dado o diagnóstico cepalino da disparidade dos preços relativos entre agricultura e manufatura, buscava-se um Brasil capaz de diversificar sua pauta de exportações através da incorporação de tecnologia.

Assim, a promoção do setor produtor de manufatura passou não somente pela criação de indústrias nacionais, mas também pela tentativa de criar no País um desenvolvimento científico e tecnológico autóctone. De acordo com Herrera (1983, p. 12):

Durante o período que se segue à Segunda Guerra Mundial, a América Latina criou os instrumentos institucionais e a capacidade intelectual necessários para implementar políticas científicas adequadas às suas necessidades de desenvolvimento. [...] criaram-se organismos estatais, secretarias, comissões, etc. – para o planejamento do desenvolvimento tecnológico.

No Brasil, as primeiras ações nesse sentido buscaram reduzir a carência (ou ausência) do planejamento de uma política industrial (financiamento) e de ações voltados para o desenvolvimento científico e tecnológico capaz de dar sustentabilidade ao processo de industrialização⁵². Portanto, passou-se a observar uma forte presença do Estado, seja de forma direta, atuando na produção, mas também, e de forma especial, na criação de um aparato institucional propício para despertar as competências científicas e tecnológicas necessárias para a “decolagem” brasileira⁵³.

De forma sumária e buscando agregar as ações por décadas, podemos destacar seis períodos da política de C&T no Brasil, conforme apresentados no quadro a seguir:

Quadro 13 - Breve cronologia da C&T no Brasil

Década de 1950	Início da montagem de um aparato institucional de apoio e financiamento para o setor industrial e de ciência e tecnologia.
Década de 1960	Consolidação do primeiro plano explícito para o desenvolvimento científico e tecnológico, fortalecimento das instituições criadas na década anterior e criação de novas instituições.
Década de 1970	Auge dos investimentos em C&T, continuidade da política de planejamento com incorporação da temática nos grandes planos estratégicos dessa década.
Década de 1980	Crise do planejamento em C&T, tendo em vista a conjuntura da crise da dívida e da inflação, tributárias do Segundo Choque do petróleo.
Década de 1990	Após o desmonte das instituições no início da década (Governo Collor), recuperação de algumas estruturas (como o MCT).
Década de 2000	C&T passam a ter um novo componente, a inovação. Recrudescimento do planejamento, intensificação das políticas tecnológicas e atenção especial para a área de inovação.

Fonte: Elaboração própria.

⁵² O Brasil é destacado por Herrera (1983) por apresentar no final dos anos 1960 um investimento em C&T da ordem de 0,8% do PIB.

⁵³ Utilizamos aqui o termo “decolagem” ou *take-off* de forma frouxa, apenas para dar ênfase os objetivos dos planos, não tendo nenhuma aproximação com os “estágios de desenvolvimento” apresentado por Rostow (1978).

No quadro acima podemos perceber a existência de um movimento cíclico das políticas de C&T no Brasil: inflexão positiva a partir de 1950, aceleração positiva nas décadas de 1960 e 1970; ao final da década de 1970 começa haver uma inflexão negativa que será acelerada durante a década de 1980; o fim dos anos 1980 e início dos 1990 marca a crise da C&T no Brasil, sobretudo pela vinculação das políticas públicas à lógica global-liberalizante, haja vista o receituário proposto pelo Consenso de Washington; já no final da década de 1990, observamos uma nova inflexão positiva; e os anos 2000 representaram um processo de recuperação do planejamento em C&T e de investimentos mais substanciais, apontando para novos “anos dourados” nessa área.

Nas subseções a seguir buscamos fazer um apanhado das principais ações executadas nesses períodos, em seguida levantamos alguns argumentos a fim de explicar os insucessos e os pontos negativos que podem ser destacados ao longo desses quase 60 anos de políticas públicas para o desenvolvimento científico e tecnológico. O cerne da discussão passa, para além de sua vinculação ao nacional-desenvolvimentismo, pelo grau de centralização e descentralização em torno das decisões sobre as PCT no Brasil.

2.2.2 As primeiras ações: as décadas de 1950-60⁵⁴

A pesquisa científica e o ensino superior no Brasil têm suas raízes no final do século XIX e início do século XX, onde foram criadas importantes instituições de pesquisa (Jardim Botânico, Museu Nacional, Instituto Butantã, etc.) e Faculdades (Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas, Escola Nacional de Química, etc.), que se tornaram a gênese daquilo que mais tarde viria compor a força científica e tecnológica do País. Porém, cabe ressaltar que as atividades pioneiras de pesquisa e desenvolvimento no Brasil, de maneira geral, espelhavam uma necessidade de prover o país de desenvolvimento no campo da saúde pública e prospecção de fontes de matérias vegetais e minerais.

Interessante destacar que a maioria das instituições existentes até a década de 1950 tinha uma forte ligação com a agricultura, o que pode ser explicado pela estreita vinculação da economia nacional ao setor agrícola, onde as perspectivas de desenvolvimento se consubstanciavam na máxima de um Brasil como “celeiro do mundo”. Mas, a partir do cenário e do diagnóstico revelados anteriormente, a década de 1950 se destaca por ser o período onde surgiram as primeiras instituições deliberadamente voltadas para o desenvolvimento científico e tecnológico do País, a partir de uma lógica nacionalista que pretendia romper com o subdesenvolvimento. Ou seja, estava explícito a partir daquele momento um ideal desenvolvimentista, que tenderia a se fortalecer com a ampliação da capacidade de planejamento do Estado brasileiro.

Assim, entre os anos 1950 e 1970, gestou-se o Sistema Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SNDCT) no Brasil, a partir de várias ações de planejamento e criação de diversas instituições voltadas para o setor. Em 1951, foi criado o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) como órgão responsável pela gestão do financiamento da pesquisa científica e tecnológica no país. No mesmo ano, foi criada a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), responsável pelo planejamento da

⁵⁴ Para uma visão mais ampla sobre as atividades de C&T antes desse período ver, por exemplo, Valle (2005). Para uma análise histórica da constituição da Comunidade Científica no Brasil, ver Schwartzman (1979).

capacitação dos recursos humanos de nível superior que trabalhavam nas diversas instituições públicas⁵⁵.

Os resultados dessas ações durante os anos 1950 foram modestos, tendo em vista a baixa dotação de recursos das instituições criadas. Mas não foram desprezíveis, já que algumas “escolas” qualificaram, ainda nessa década, boa parte de seus quadros, como foi o caso do Instituto Tecnológico da Aeronáutica, exemplo que denota a vinculação dessa estratégia inicial não somente ao desenvolvimento econômico, como também à segurança nacional (VALLE, 2005; BALBACHEVSKY, 2010). Monteiro (1999, p. 108) lembra que a primeira metade da década de 1950 foi marcada por intensa instabilidade política e institucional e que os mecanismos voltados para a institucionalização da política científica e tecnológica se concretizaram nesse contexto.

Nesse primeiro momento o que está em pauta é a criação de capacidade intelectual e *expertise* capazes de lidar com as novas tecnologias, sobretudo bens de capital, que precisavam ser inseridas no Brasil para ampliar a capacidade produtiva nacional a fim de subsidiar a continuidade do processo de substituição de importações. Para além disso, o reconhecimento das potencialidades energéticas brasileiras, frente à debilidade nessa área apresentada por alguns países desenvolvidos, despertava o interesse e indicava a necessidade de o Brasil gerenciar com *know how* adequado essas vantagens comparativas.

Já em meados da década de 1960, as principais ações do governo para o desenvolvimento da C&T estiveram focalizadas no desenvolvimento de recursos humanos que pudessem sustentar o projeto de modernização, promovendo as atividades de pesquisa e desenvolvimento internas, seja no âmbito da universidade, através da multiplicação das pesquisas básicas de cunho acadêmico e experimental, seja nas empresas, aplicando os conhecimentos na geração de novas tecnologias competitivas. Aqui, já há um interesse maior na criação de independência tecnológica que se alinhava ao projeto de desenvolvimento econômico, o que pode ser exemplificado com a entrada das agências de desenvolvimento econômico no financiamento da C&T, sendo caso emblemático o (então) Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE).

A preocupação em estimular as atividades de P&D no interior da empresa aparece, explicitamente, com a criação do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec) em 1964, administrado pelo BNDE. De acordo com Schwartzman (1979, p. 299), nos seus primeiros dez anos, o FUNTEC disponibilizou cerca de 100 milhões de dólares para a pesquisa e o treinamento em pós-graduação em engenharia, ciências exatas e outros campos. Schwartzman também salienta que, ainda que o FUNTEC tenha possibilitado a consolidação de pesquisas avançadas em diversas instituições (Universidade de São Paulo, Centro Técnico da Aeronáutica, CBPF), uma de suas principais contribuições foi o financiamento de um complexo sistema de cursos de pós-graduação em engenharia junto à UFRJ – o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, também conhecido como COOPE.

Por volta de 1967, o governo iniciou a implementação de medidas de apoio à atividade científica visando o aumento das verbas para pesquisa, apoio à carreira do pesquisador e atração dos cientistas emigrados (DAGNINO, 1983, p. 53). Essa estratégia foi levada a cabo, fundamentalmente, através da criação e do fomento a cursos de pós-graduação, dinamizando

⁵⁵ Reconhecemos que, ainda nos anos 1950, o desenvolvimento de instituições para o aparato científico e tecnológico no Brasil esteve diretamente ligado a uma estratégia de fortalecimento das pesquisas na área de energia nuclear, como foi o caso da criação do CNPq. Porém, não se pode negligenciar a relevância desse primeiro passo para a ampliação de uma estratégia tecnológica mais consistente para o País.

as instituições criadas na década anterior e tendo como objetivo prover o Brasil de uma geração de recursos humanos de alto nível que sustentaria as atividades de P&D interna, propiciando o desenvolvimento tecnológico autóctone.

O pós-graduado era necessário na medida em que, como professor, iria formar novos profissionais que deveriam incorporar-se a uma indústria em expansão; como pesquisador universitário, poderia vir a desenvolver alguma atividade de pesquisa ou de apoio à indústria; como profissional, assumiria cargos tradicionais de liderança ou impulsionaria, internamente às empresas, as atividades de P&D (DAGNINO, 1983, p. 54).

Nesse período, o volume de recursos disponibilizados para pesquisa nas universidades e nos diversos institutos aumentou de forma vultosa. Em 1967, ampliou-se o aparato institucional para servir às atividades de C&T, através da criação da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), instituição que ficaria responsável pela gerência do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT)⁵⁶ criado em 1969 e com operações a partir de 1971. O FNDCT recebeu aportes de recursos do Ministério do Planejamento e do BNDE, “o que alavancou a implementação de pesquisas científicas no país em escala então impensável” (BALBACHEVSKY, 2010, p. 03). A FINEP foi um segundo salto institucional na busca pela promoção das pesquisas no interior das empresas, e a partir de 1972 ela assumiu as funções antes desempenhadas pelo Funtec.

Em termos de marco do planejamento, a política explícita de C&T no Brasil inicia-se em 1968 no Plano Estratégico de Desenvolvimento⁵⁷ (PED), tendo como foco acelerar a entrada de tecnologia importada (transferência de tecnologia) e, através dos incentivos às atividades de P&D, promover *expertise* nacional para desenvolver tecnologias adequadas às dotações dos fatores de produção nacionais (CASSIOLATO *et.al.*, 1983, p. 30). Como ofensiva nessa direção, através do Decreto-lei 416/69, o governo brasileiro concedeu benefícios aduaneiros a cientistas e técnicos radicados no exterior que estivessem dispostos a exercer suas profissões no Brasil por um período mínimo de cinco anos.

Tinha-se no Plano o reconhecimento de que o desenvolvimento de tecnologia seria uma estratégia necessária e suficiente para a retomada do crescimento econômico⁵⁸. Esperava-se com o fortalecimento da C&T prover a indústria nacional de infraestrutura tecnológica e capacidade para inovar, alcançando-se os padrões adequados de competitividade. Além disso, como destaca Valle (2005), o governo Médici deixava evidente que a política de C&T inclusa no PED poderia contribuir para o ideal de transformar o Brasil não somente numa potência econômica, mas também militar.

Para Schwartzman *et al.* (1993), destacam-se também nesse importante período para a C&T no Brasil as seguintes atividades: a Reforma Universitária de 1968, que adotou o sistema norte-americano de pós-graduação; a organização das universidades em institutos e departamentos e o sistema de créditos; e a vinculação da ciência e tecnologia à área econômica federal, possibilitando um fluxo de recursos para o setor muito maior do que no passado. O investimento em pós-graduação era visto como o principal avanço rumo à consolidação de uma comunidade científica brasileira.

Todas as mudanças consubstanciadas permitiram o surgimento de novas formas de organização da atividade científica em centros que tinham a função de combinar a pesquisa

⁵⁶ Para um detalhamento sobre o papel do FNDCT na política de C&T brasileira, ver Guimarães (1996).

⁵⁷ O PED foi gestado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada que havia sido criado no governo Castelo Branco, sob os auspícios ideológicos de João Paulo dos Reis Velloso. Ver Castro e d'Araújo (2004).

⁵⁸ Cassiolato *et al.* (1983) destaca que a C&T aparece como fator estratégico desde o PED (1968-70), passando pelo documento “Metas e Bases para Ação do Governo” (1970-73) e I PND (1972-74).

básica e a tecnológica e o ensino de pós-graduação com a prestação de serviços à indústria e ao governo. Isso foi feito através das fundações e institutos de prestação de serviços funcionando no interior da universidade, como, por exemplo, a Coppetec, na Universidade do Rio de Janeiro, a Codetec, na Universidade de Campinas, e a Fundep, da Universidade Federal de Minas Gerais (SCHWARTZMAN, 1979, p. 297).

O PED inaugura um esforço consistente de investimentos na busca de auto-suficiência científica e tecnológica. Porém, as ações desse Plano não foram tão exitosas no que se refere à participação do setor privado. Assim, o papel das empresas estatais e da comunidade científica se tornava cada vez mais relevantes para a promoção da C&T no Brasil. De acordo com Schwartzman *et al.* (1993, p. 06) “para a maioria das empresas, inclusive para as grandes empresas estatais, a origem da tecnologia empregada em suas atividades importava menos do que o seu custo e confiabilidade”.

Os planos que se seguiram ao PED tinham então a responsabilidade de integrar os diversos atores participantes do SNDCT com a estratégia maior de desenvolvimento econômico do País e de sua inserção internacional. Como veremos a seguir, buscou-se avançar nessa direção com os Planos Nacionais de Desenvolvimento (PND).

2.2.3 Auge e declínio: a PCT brasileira nas décadas de 1970-80

Foi na década de 1970 quando se verificou um dos maiores esforços do governo brasileiro no que se refere à sustentação financeira do aparato científico e tecnológico, a fim de inserir o Brasil na esteira da competitividade internacional no que toca à produção de manufaturas com tecnologia incorporada. Nesse período “a participação dos gastos governamentais em C&T no Produto Nacional Bruto saiu de 0,15% em 1970 e alcançou o pico de 0,64% em 1979” (DAGNINO, 1983, p. 62).

Dagnino (2009, p. 103) também aponta que a inflexão positiva ocorrida na política científica e tecnológica no Brasil na década de 1970 é tributária de um reconhecimento da debilidade tecnológica da indústria nacional em relação às empresas transnacionais que se espalhavam pelo mundo. Isso criou um ambiente propício para o estabelecimento de uma aliança entre as elites militares e governamentais e a comunidade de pesquisa, objetivando a autonomia tecnológica.

Como primeiro passo nessa direção, destacam-se as ações propostas no I Plano Nacional de Desenvolvimento (I PND) entre os anos de 1972-74. Os objetivos explícitos nas diretrizes do Plano eram: ordenar e acelerar a atuação do governo na área de C&T, mediante o fortalecimento das instituições de fomento e incentivo às atividades científicas e tecnológicas; desenvolver áreas tecnológicas prioritárias; fortalecer a infraestrutura tecnológica e a capacidade de inovação da empresa nacional, privada e pública; acelerar a transferência de tecnologia, com política de patentes, interna e externa; e integrar indústria-pesquisa-universidade, como núcleo fundamental de uma estrutura nacional integrada de educação/ciência-tecnologia/empresa (SALLES FILHO, 2002).

O papel desempenhado pelo FNDCT (o “Fundo dos fundos”) foi determinante nesse processo ao estimular a interiorização da pesquisa no âmbito das universidades públicas brasileiras. A vinculação direta aos grupos de pesquisa e a flexibilidade de utilização de recursos em diversas modalidades de intervenção (pagamento de bolsas, aquisição de equipamentos, obras, suplementação de salários de técnicos, etc.), através do chamado “apoio institucional”, fez do fundo um importante sistema para a consolidação de várias estruturas de

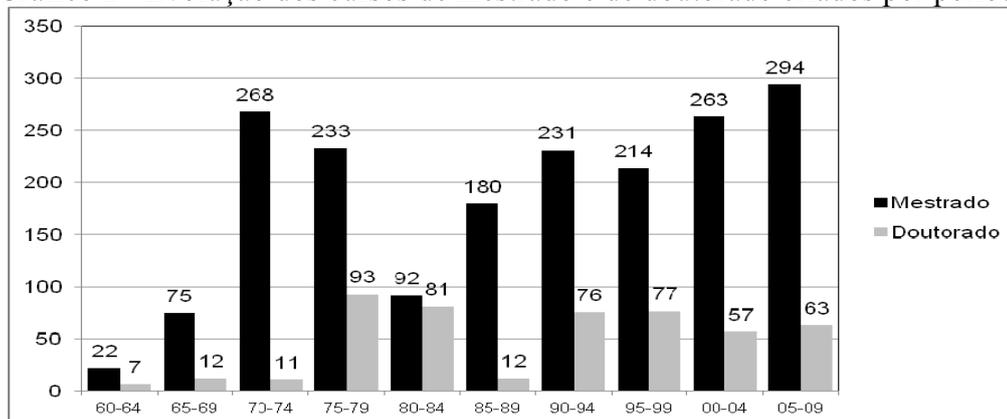
pesquisa e programas de pós-graduação no Brasil (VALLE, 2005; BALBACHEVSKY, 2010; GUIMARÃES, 1995).

Como fortalecimento do planejamento em C&T, a década de 1970 contou, no âmbito do I PND, com a criação dos Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), que tinham como objetivo traçar os rumos do desenvolvimento científico e tecnológico do País, e cuja coordenação era feita pelo CNPq. No pronunciamento de lançamento do I PBDCT (1973-74) feito pelo Secretário Geral de Planejamento João Paulo dos Reis Velloso (SALLES FILHO, 2002, p. 10), destacaram-se os seguintes objetivos: acompanhar o progresso científico mundial; obter, para os setores prioritários, a tecnologia mais atualizada; e montar internamente uma estrutura capaz de, gradualmente, passar a produzir tecnologia, e não apenas bens e serviços. Dentre as várias ações, destaca-se a proposta do governo de criação de um Grupo de Pesquisa Científica e Tecnológica, configurando a carreira em tempo integral do pesquisador, na mais alta escala de remuneração do sistema de pessoal civil⁵⁹.

Dando continuidade às políticas explícitas e fortalecendo o planejamento das atividades de pesquisa, o I PND reforçou o estímulo dado à pós-graduação, incentivando a criação de centros regionais com forte presença de mestrados e doutorados. Esses incentivos foram institucionalizados pelo governo Geisel com a criação do I Plano Nacional de Pós-Graduação, com aplicações, no período de 1975/77, de 3,7 bilhões de cruzeiros (Cr\$). Isso mostra que a década de 1970 foi a mais profícua para a consolidação de grupos de pesquisa direcionados para pesquisas de vanguarda.

Conforme podemos ver no Gráfico 2 a seguir, em toda a história da pós-graduação no Brasil, a década de 1970 foi bastante dinâmica no que tange à criação de cursos de Mestrado e Doutorado⁶⁰. Isso reforça os argumentos acerca da importância dessa década para desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil.

Gráfico 2 - Evolução dos cursos de mestrado e de doutorado criados por período



Fonte: Elaboração própria. Para os dados até 1997 foi utilizado o Relatório de Avaliação da Capes (CAPES, 1999). Para os dados de 1999 a 2009 foi utilizada a base Geocapes. Obs.: Os dados do Geocapes consideram os números dos programas de mestrado e doutorado separadamente. Obs.2: Não foi possível incluir os dados do ano de 1998.

No II PND (1975-79), o desenvolvimento do aparato científico e tecnológico aparece, mais uma vez, como forma de inserir a economia brasileira na moderna sociedade industrial. Porém, lembremos que esse Plano surge no contexto da primeira grande crise do petróleo, ou seja, momento

⁵⁹ Para uma leitura na íntegra dos principais pontos contidos no I PND e I PBDCT ver Salles Filho (2002).

⁶⁰ Cf. Balbachevsky (2005).

em que se inaugurava um forte estrangulamento do setor energético, que poderia ter efeitos nefastos em países subdesenvolvidos como o Brasil, já que estes importavam grande parte dos recursos ou tecnologias para o setor. Nesse período, a economia brasileira ainda vivia as glórias do milagre econômico e é claro que uma recessão não estava nos planos do governo.

Caso se permitisse que a safra do milagre sofresse grandes baixas, seria detonado um movimento de reversão conjuntural que não seria fácil de conter. Em tal caso, estaria também comprometido o estado de ânimo dos capitalistas, tornando-se praticamente impossível obter sua adesão a uma nova safra de investimentos (CASTRO e SOUZA, 1985, p. 36).

Assim, a política estratégica passou a focar nos setores energético-intensivos. Castro e Souza (1985, p. 33) lembram que o II PND estava voltado para a cura da “atrofia dos setores de insumos básicos e bens de capital”, sendo conjuntamente uma estratégia para superar o agravamento iminente da crise e o subdesenvolvimento, já que a indústria pesada constituía-se em sinônimo de desenvolvimento. Nas palavras de Reis Velloso (SALLES FILHO, 2003a, p. 184), a relevância da C&T aparecia “em termos de soluções tecnológicas para o atual estágio de desenvolvimento industrial e para a situação da crise de energia e os problemas de balanço de pagamentos”.

No que se refere especificamente à área de C&T, estavam previstas a gestação e a implementação do II e III PBDCT. Isso ocorreria através da reestruturação do CNPq. A média de dispêndios, no II PBDCT, foi de Cr\$ 6,8 bilhões por ano, crescimento relevante se comparada à média do I PBDCT, que havia se situado em torno de Cr\$ 3,8 bilhões anuais (a preços de 1975). Os números são ainda mais expressivos quando vemos que em 1968 o programa de ciência e tecnologia contava com cerca de Cr\$ 200 a Cr\$ 300 milhões anuais (também a preços de 1975)⁶¹. Esses números denotam os vultosos investimentos da década em análise. Importante destacar que a articulação dessas cifras se deu com bases institucionais fortes, através de um sistema de fundos e agentes especiais, com destaque para o FNDCT, Funtec, CNPq, Finep e Capes.

Schwartzman (1979) nos chamou à atenção para uma corrida na forma de concessão de financiamentos quando da entrada das agências de desenvolvimento econômico nos campos da ciência e da formação de pós-graduação. Naquele momento:

As decisões maiores de distribuição de recursos para a pesquisa passaram a ser feitas com a participação predominante de técnicos, economistas e administradores das agências financiadoras, dentro de um estilo empresarial muito distinto do período em que eram os próprios cientistas que tomavam as decisões a respeito de sua área [...]. Esta mudança significou, em geral um aumento da eficiência nas decisões, mas também uma redução drástica nos mecanismos de *peer review* que tendem a ser universalmente utilizados em instituições mais bem sucedidas de política científica (SCHWARTZMAN, p. 300-301).

Após as diversas ações que levaram à criação das mais importantes instituições de C&T no Brasil, a década de 1970 marcou definitivamente a consolidação do SNDCT através dos Decretos nº 70.553 de 1972 e 75.225 de 1975, que formalizaram a normativa do Sistema. Conforme Monteiro (1999, p. 115) “a estruturação do Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia [...] teve como meta fundamental integrar instituições e mecanismos financeiros voltados para o desenvolvimento e o fortalecimento da área de ciência e tecnologia no país”.

⁶¹ Dados obtidos do Pronunciamento do Ministro Chefe da Secretaria de Planejamento da Presidência da República, JOÃO PAULO DOS REIS VELLOSO, na solenidade de lançamento do II PBDCT, em 31 de março de 1976. Para o pronunciamento completo, ver Salles Filho (2003a).

Diferentemente do primeiro Plano, que dava grande ênfase às atividades científicas (pesquisa básica), o II PBDCT seria essencialmente um plano de desenvolvimento tecnológico com o objetivo de operar para o setor produtivo industrial e agrícola. Essa reorientação das políticas fica explícita quando o Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) passa a se chamar Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (SALLES FILHO, 2003a; FAGUNDES, 2009). Nesse momento, o CNPq passa a ser responsável pela coordenação da política científica e tecnológica do País, como instituição central do SNDCT (SCHWARTZMAN, 1979, p. 301).

Fagundes (2009, p.198) destaca que o governo sinalizava o compromisso de buscar mais intensivamente uma aproximação com a comunidade científica e com os setores empresariais. Como ressalta Albuquerque (2004, p. 203), nesse período o CNPq possuía pouca experiência em se articular com outros segmentos interessados no desenvolvimento tecnológico, já que sempre manteve vínculos fortes e quase exclusivos com a universidade.

As várias descrições e avaliações sobre a concepção do II PBDCT mostram um descontentamento com a prática de pesquisa deslocada do desenvolvimento econômico. Ou seja, já havia um diagnóstico de que a fragilidade do sistema de C&T brasileiro passava pela falta de articulação das pesquisas que eram feitas dentro das universidades e institutos de pesquisa e a estratégia de desenvolvimento do País. Assim, o novo plano propunha explicitamente a PCT como política auxiliar dessa estratégia. O documento do II PND já chamava à atenção para a necessidade de se preservar o equilíbrio entre pesquisa fundamental, pesquisa aplicada e desenvolvimento, como estágios de um processo orgânico articulado com a economia e a sociedade.

Os recursos do II PBDCT, no período 1976/77, estava assim divididos: Cr\$ 3 bilhões à área de energia, Cr\$ 6 bilhões à tecnologia industrial, Cr\$ 3,1 bilhões à agropecuária, Cr\$ 1,7 milhão ao desenvolvimento regional e social, Cr\$ 800 milhões a novas tecnologias (exceto energia) e Cr\$ 440 milhões a outros setores de infraestrutura. Para o desenvolvimento científico e formação de recursos humanos para a pesquisa foram destinados Cr\$ 6 milhões (SALLES FILHO, 2003a, p. 184).

Um detalhe acerca do documento do II PBDCT chama nossa atenção. O item 1 do primeiro capítulo é intitulado “Ciência e tecnologia a serviço da sociedade”. Ao ler o texto, nos deparamos com a visão de que o desenvolvimento aparece como processo linear e consequência do crescimento econômico. Interessante notar que a tecnologia é sempre abordada como uma das principais ferramentas/insumos para solucionar a maioria dos problemas do subdesenvolvimento. Isso se alinha às discussões empreendidas no início desse capítulo.

Vejamus que, para além dos objetivos econômicos, como já destacado anteriormente, havia um forte componente militar na estratégia tecnológica do país. Conforme Fagundes (2009, p. 206):

Energia atômica, pesquisa operacional, cibernética e oceanografia não são áreas que podem facilmente serem atreladas às necessidades da indústria brasileira ou fundamentais para o desenvolvimento econômico, mas são, contudo, facilmente relacionáveis com as estratégias de desenvolvimento de instrumentos de poderio estratégico-militar e que, coincidentemente ou não, são tecnologias que permitiriam atender algumas reivindicações das três forças armadas.

Cabe destacar que, nesse período, a concepção das políticas ressalta ainda mais a importância de se criar competitividade através da geração de tecnologia nacional. Nas palavras do Ministro Reis Velloso por ocasião do lançamento do II PBDCT, “a fórmula para manter um país subdesenvolvido é entregar-lhe sempre a tecnologia pronta e acabada”.

Todos os mecanismos de planejamento da C&T durante a década de 1970, em especial o I e II PBDCT, apontam temas que, como veremos, serão recorrentes nos planos de C&T dos anos 2000, a saber: necessidade de adequação dos planos de C&T às políticas de desenvolvimento, fortalecimento da pesquisa aplicada, maior aproximação empresa-universidade, fortalecimento do poder de competição da empresa nacional através da geração de tecnologia autóctone, entre outras. Isso mostra que não é privilégio dos atuais governos uma visão estratégica acerca da tecnologia, e evidencia que, apesar de se saber para onde caminhava o “bonde da história”, alguns percalços impediram e/ou minaram os objetivos brasileiros.

Não podemos deixar de comentar que o grande volume de investimentos na década de 1970 não tratou-se apenas de uma nova ideologia acerca da C&T no País, essa benevolência financeira para o setor está diretamente ligada ao volume de recursos acumulados nos períodos de grande crescimento da economia brasileira. O milagre econômico permitiu aliar vontade política com disponibilidade econômica; além disso, nesse período, houve um intenso fluxo de capitais internacionais que ajudaram a financiar muitos investimentos em infraestrutura de P&D. Porém, o cenário econômico favorável dava sinais de esgotamento ao longo dessa década, e foi exatamente em 1979 que os anos gloriosos se encerraram abruptamente.

A Segunda Crise do Petróleo e seus resultados no que se refere ao aumento das taxas de juros internacionais ensejaram a criação de ajustes internos na economia com o objetivo de evitar o temido processo de estagflação, ou seja, queda abrupta do crescimento combinada com elevação das taxas de inflação (HERMANN, 2005). Esse cenário explica a inflexão que ocorreu na trajetória das políticas científicas e tecnológicas no início da década de 1980, pois os conhecidos fracassos da política econômica brasileira para reverter o quadro de crise iminente refletiram-se na descontinuidade da política de grandes investimentos (foco do II PND).

No III PND (1980-85), como destaca Cassiolato *et.al.* (1983, p. 31), ciência e tecnologia também apareceram como um tema especial, novamente com objetivo central de diminuir a dependência científica e tecnológica do País.

Devido à escassez de recursos que já era sentida desde a segunda metade dos anos 1970, o III PND não trazia políticas detalhadas, destacando-se assim como um plano generalista. Valle (2005, p. 27) observa que:

“[...] o plano não trouxe números e foi pejorativamente designado como o primeiro plano de metas sem metas, tendo se constituído mais pelo cumprimento da determinação constitucional de consignação de planos quinquenais que por uma política explícita de desenvolvimento”.

Salles Filho (2003b, p. 408), reforça a passagem anterior argumentando que o III PBDCT também se tratou de um plano mais geral, onde eram apresentadas apenas as diretrizes para o PCT nacional. Para ele, a prioridade de se vincular C&T com desenvolvimento industrial e econômico não estava mais tão explícita. Buscava-se ampliar a capacitação em Tecnologia Industrial Básica - TIB (metrologia, normalização, certificação, propriedade intelectual, informação tecnológica, engenharia de projetos) a fim de transferir o conhecimento técnico avançado dos centros de pesquisa industrial para as empresas nacionais. Ainda de acordo com Salles Filho (*op.cit*) é nesse período que a universidade volta a comandar a PCT do país, pois passou a ser gestada diretamente pelo CNPq. De acordo com Monteiro (1999, p. 118), as ações propostas no III PBDCT, “resultaram de um processo mais participativo de decisão que, de alguma forma, envolveu cientistas, técnicos, empresários e membros de órgãos vinculados ao SNDCT”.

É nesse contexto que, conforme Salles Filho (2003b, p. 409), “criamos, a partir de meados dos anos 1980, a cultura do cientista administrador público, que normalmente gasta seu mandato aprendendo a lidar com a máquina pública federal, com um olho em sua universidade e outro na ciência”. Balbachevsky (2010, p. 05) destaca que na década de 1980 “as grandes agências de fomento à pesquisa passaram a disputar – quase sempre com pouco sucesso – os poucos recursos do tesouro com outras áreas do governo”. Nessa fase, onde os recursos para C&T passam a ser escassos, inicia-se um período em que a burocracia central das universidades públicas entra na arena decisória das políticas de C&T.

Agora, a universidade (na verdade parte dela) e alguns institutos públicos de pesquisa, voltam à cena para ditar as regras do jogo.

Na tentativa de minimizar os problemas relativos à falta de recursos internos para as atividades, foi criado em 1983 o Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), que contava com recursos do Banco Mundial. Os recursos do PADCT tinham como objetivo o financiamento de áreas consideradas estratégicas, com destaque para química, biotecnologia e novos materiais (BALBACHEVSKY, 2010; VALLE, 2005).

Em termos institucionais, cabe destacar a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) no ano de 1985, que assumiu a coordenação de todas as ações na área de C&T no Brasil, ao qual passaram a ficar subordinadas instituições como o CNPq e a FINEP. Entre 1985 e 1990 o MCT sofreu várias mutações, chegando a ser transformado em Secretaria Especial, o que exprime a relativa confusão ideológica que o setor de C&T enfrentou após a abertura política.

Ao longo dos anos de 60 e 70, a instabilidade política, por um lado, e a permanência dos militares no poder, por outro, distanciando a comunidade científica e empresarial das decisões fundamentais, de certo modo inviabilizaram a condução de esforços, no sentido da criação de um ministério para a área. Somente no início da década de 80, com os avanços do processo de redemocratização, que culminaram com a eleição direta para a Presidência da República, foi possível retomar as idéias precedentes de instituição de um instrumento de orientação e de fortalecimento de políticas e diretrizes nacionais para a área (MONTEIRO, 1999, p. 121)

Mais do que os recursos captados no âmbito do PADCT, a relevância do Programa estava no novo sistema de financiamento inaugurado. Foi introduzido o mecanismo de editais, onde o Banco Mundial disponibilizava uma quantidade de recursos para um determinado setor (*sector loan*), sem dizer *à priori* quais projetos deveriam ser apoiados (BALVACHEVSKY, 2002, p. 45). Assim, o MCT ficava responsável pela seleção dos diversos projetos e idéias submetidas aos editais. Por um lado, a nova sistemática de editais democratizou a possibilidade de financiamento da C&T ao ampliar a participação dos atores interessados no desenvolvimento das mais diversas áreas. Porém, o mecanismo não garantia total funcionamento da meritocracia, já que a seleção estava a cargo dos comitês avaliadores e de suas preferências.

Para finalizar, Guimarães (1995) ressalta que os problemas financeiros resultantes da “crise da dívida” da década de 1980 fizeram com que houvesse um contínuo refreamento das conquistas obtidas nos anos 1970. Assim, apesar de algumas mudanças marginais, como a criação do MCT, o sistema de C&T permaneceu o mesmo durante toda essa década, com variações apenas em termos de volume de recursos. Lembremos que esses anos foram profundamente marcados pela abertura política e pela entrada no Brasil da ideologia neoliberal. Os reflexos dessas mudanças se refletirão no início dos anos 1990.

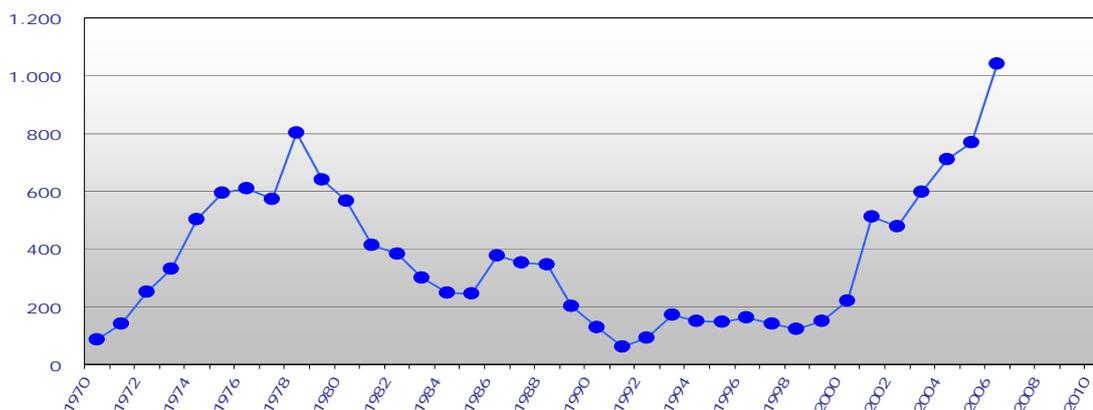
2.2.4 Entre os 1990 e os 2000: um resgate do planejamento e das instituições?

Os problemas pelos quais passava o Brasil, tendo em vista o “boom” inflacionário, o déficit público e as pressões internacionais (seja no que se refere ao pagamento da dívida externa ou a reestruturação imposta pelo Consenso de Washington), criaram um ambiente marcadamente propício para a infiltração massiva no governo dos ideais de Estado mínimo. O diagnóstico era de que países endividados como o Brasil deveriam promover o ajuste fiscal, liberalizar o comércio, privatizar as empresas estatais e promover um amplo processo de desregulamentação dos mercados (BRESSER PEREIRA, 1998). Assim, parecia claro para parte do alto escalão do governo que o Brasil precisava “modernizar” sua estrutura administrativa, abrindo espaço para a “eficiência” do mercado.

Em 1990, toma posse da Presidência da República Fernando Collor de Mello. Talvez esse tenha sido o momento em que o setor de C&T mais sofreu restrições financeiras. O governo Collor assume com o objetivo explícito de combater a inflação, à custa de qualquer outro objetivo econômico ou social. Com esse fim, foi implementado um conjunto de políticas (Plano Collor I e II) e reformas (fiscal e administrativa) que seguiram à risca a cartilha e os “mandamentos” de “Washington”. Conforme Cano e Silva (2010, p. 182), havia nesse período a idéia de que as forças de mercado promoveriam a modernização produtiva, a melhoria da competitividade e o aporte generoso de capital, tecnologia e conhecimento oriundo do exterior e, portanto, poder-se-ia prescindir de política industrial ativa. Os anos 1990 foram assim marcados pela ausência de uma política industrial efetiva, tendo em vista o choque neoliberal pelo qual passavam as políticas de governo, inclusive a política de ciência e tecnologia.

A figura abaixo evidencia a inflexão que ocorreu no que se refere aos gastos em C&T nesse período. Como pode ser observado, entre 1990 e 1993, a execução orçamentária do FNDCT, ou seja, a disponibilidade financeira para investimentos em atividades de C&T no Brasil, esteve no mesmo patamar do início da década de 1970, quando o fundo foi criado. Vejamos os dados do Gráfico 3 abaixo:

Gráfico 3 - FNDCT: Execução Orçamentária -1970-2006, em R\$ milhões (ano base: 2006)



Fonte: PANIZZI (2010)

Nesse período, mais uma vez, o MCT foi extinto e transformado em Secretaria através do Decreto nº 99.180 e da Lei nº 8.028. Essa atitude do governo Collor pode ser interpretada da seguinte forma: a) objetivava centralizar as ações no âmbito da PCT na Presidência; e b) deixava claro que ciência e tecnologia eram atividades mais próximas do mercado. Como destacam Schwartzman *et al.* (1993), nesse período houve uma tentativa de tornar ciência e

tecnologia mais relevantes e diretamente voltadas para a melhoria da competitividade industrial. Aqui vemos uma estratégia em perfeita consonância com a perspectiva liberal, já que o governo passa a ter o papel de proporcionar as condições ideais para a evolução da eficiência do setor privado. Somente para marcar a radicalidade do período, vale lembrar que o governo Collor promoveu um amplo programa de desnacionalização de setores que antes eram considerados estratégicos para o desenvolvimento nacional⁶².

Em meados da década de 1990, novamente na coordenação da PCT brasileira, o MCT passou a atuar de forma mais incisiva no sentido de estimular as atividades privadas de P&D e sua interação com universidade e laboratórios públicos (DIAS, 2010). Muitas ações foram realizadas buscando fortalecer o parque industrial de capacidade inovativa, privilegiando a criação de incentivos fiscais para a capacitação tecnológica. Cabe destaque para os seguintes programas: Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade (PBQP), o Programa de Apoio à Capacitação Tecnológica da Indústria (PACTI) e Programa de Apoio ao Comércio Exterior (PACE).

Os anos 2000 inauguraram uma nova fase (não necessariamente inédita) de desenvolvimento institucional que buscou cada vez mais aproximar os setores público e privado no que se refere à prática da inovação. Nesse sentido, destacam-se a criação dos fundos setoriais, em 1999, como instrumento de financiamento de atividades consideradas estratégicas para o desenvolvimento nacional, e uma série de subvenções concedidas pela FINEP, que novamente se fortalece como disponibilizadora de fundos para financiar a prática privada de pesquisa, sobretudo quando esta incorpora pesquisadores públicos (a tão desejada aproximação universidade-empresa).

É nessa década que a palavra “inovação” ganha cada vez mais espaço nas políticas. No ano de 2001 foi realizada a I Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e o “Livro verde” que resultou dessa conferência traz esse conceito como o resgate da trajetória da Ciência e Tecnologia no Brasil. É como se a inovação, aliada às PCTs, disponibilizasse um novo fôlego a um velho discurso. Como podemos ler no prefácio do livro:

Tecnologia e Inovação foram trazidas no Livro Verde, propositadamente, para a boca de cena. Isto não significa menosprezar a Ciência. A razão desta escolha prende-se à percepção de que o grande desafio, hoje, reside mais na necessidade de incrementar a capacidade de inovar e de transformar conhecimento em riqueza para a sociedade brasileira como um todo, do que no potencial do sistema de C&T brasileiro de gerar novos conhecimentos (BRASIL, 2001c, p. XVI).

A ênfase na inovação concebida ainda nas políticas dos anos 1990 tem forte vinculação com a perspectiva neoschumpeteriana apresentada no primeiro capítulo desta tese. Esta se adéqua perfeitamente ao novo ambiente ideológico marcado pela afeição à liberdade do mercado e, conseqüentemente, à concorrência. Esses seriam os pilares de um ambiente propício para investimentos em P&D por parte das empresas. Dias (2010) esclarece que esse foco na inovação é uma substituição do nacional-desenvolvimentismo das décadas de 1960-70 por uma visão que seleciona as empresas como fonte exclusiva de competitividade nacional.

Assim, podemos dizer que a predominância do princípio da competitividade e a relação/afirmação teórica com os neoschumpeterianos pautou as PCTs no Brasil no final da década de 1990 e início dos 2000. As políticas industriais, de ciência e tecnologia e de comércio exterior passaram a ser vistas como uma só, já que a inovação aparece como o elemento-chave da nova estratégia de desenvolvimento brasileira, cuja principal responsabilidade estava na eficiência do setor privado.

⁶² Cf. Cano e Silva (2010).

De acordo com Balbachevsky (2010), no final dos anos 1990, além dos fundos setoriais, destaca-se também a criação do Programa de Apoio aos Núcleos de Excelência (PRONEX), iniciado em 1995. Além disso, o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia (CCT) passou a assessorar a Presidência da República na formulação de política de C&T.

Além das instituições de coordenação, CNPq, FINEP e Capes, o PRONEX foi gestado em parceria com a Academia Brasileira de Ciência (ABC) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). A inovação institucional do Pronex está, segundo Valle (2005, p. 31), no pioneirismo no que se refere à organização sob a forma de redes de pesquisa e o caráter seletivo no apoio a institutos de pesquisa específicos.

Para Balbachevsky (2010), o Pronex respondia a uma demanda colocada pelas principais lideranças científicas ao governo Fernando Henrique Cardoso, no sentido de criar instrumentos adequados à sustentação de núcleos de excelência científica no País. Esse programa teria sido o precursor ideológico para a criação dos Institutos do Milênio e Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia.

Esses programas mobilizam recursos vultosos do MCT, CNPq, Banco Mundial e algumas Fundações de Amparo à Pesquisa estaduais, e evoluíram para o apoio a redes de pesquisa de âmbito nacional que unem esforços de grupos em diferentes estágios de consolidação, espalhados por todo o território nacional, articulados em torno de temáticas consideradas estratégicas para o desenvolvimento do país. (BALBACHEVSKY, 2010, p. 10).

Os anos 2000 marcam definitivamente uma inflexão positiva na PCT brasileira. Não se pode dizer que houve uma mudança de discurso, já que ciência e tecnologia continuam como atividades ligadas diretamente ao desenvolvimento nacional, à promoção de competitividade internacional e à autonomia tecnológica. O que se viu de fato foi a manutenção e o fortalecimento da estrutura político-normativa da área.

Ao contrário do que ocorreu no governo FHC, o governo Lula resgatou a política industrial e a conectou definitivamente com a política tecnológica (CANO e SILVA, 2010). A política explícita mais consistente desse período foi a Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que, em seus diversos programas, a inovação e o desenvolvimento tecnológico aparecem como orientação estratégica. Destaque, nesse sentido, para as “Atividades portadoras de futuro” listadas naquela política, quais sejam, biotecnologia, nanotecnologia, biomassa e energias renováveis. Na PITCE, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social⁶³ (BNDES) volta a ter um papel importante no financiamento à inovação, além de a FINEP voltar a contar com orçamentos mais robustos.

Uma das principais mudanças que ocorre nos anos 2000 é a intensificação do processo de descentralização do fomento à CT&I. Isso vem ocorrendo, segundo o CGEE (2010), pela incorporação crescente de novos atores institucionais - governos estaduais e municipais, além de instituições do setor privado.

A mobilização de atores regionais e a intervenção de esferas subnacionais na formulação e implementação das políticas de CT&I estão fortemente associadas aos objetivos de dinamizar a capacidade inovativa da economia do país a partir da promoção e da articulação de competências regionalmente reconhecidas (CGEE, 2010, p. 09).

Os resultados desse processo de descentralização ainda estão sendo estudados. Porém, avaliamos que por um lado isso pode contribuir para uma redução das disparidades regionais quando se trata de disponibilização de recursos. A consolidação histórica de grupos de

⁶³ A partir de 1982 o antigo BNDE incluiu o social em nome, passando então a se chamar BNDES.

excelência no sul-sudeste brasileiro sempre colocou essas regiões em posição vantajosa na absorção dos recursos públicos disponibilizados na esfera federal. Por outro lado, existe o risco de se fortalecer o “paroquialismo” regional, através das FAPs ou outras formas descentralizadas de fomento. Isso porque, no âmbito estadual e municipal, as redes pessoais costumam ser mais densamente costuradas.

Por fim, conforme salientado por Valle (2005, p. 57), o panorama geral sobre o SNDCT construído ao longo de meio século se caracterizou:

“[...] por um nível de investimento público e privado parcimonioso, predomínio de atividades inovativas realizadas em universidades, institutos de pesquisa e laboratórios de P&D de empresas públicas; baixo nível de realização de atividades inovativas em âmbito empresarial e consideráveis entraves a uma maior interação interinstitucional”.

Cabe ainda salientar que, apesar de um recrudescimento da PCT a partir do governo Lula, o desenvolvimento científico e tecnológico, vem, desde os anos 1990, sofrendo com as restrições impostas por um modelo de crescimento econômico restringido.

Na próxima seção buscamos apresentar as principais críticas dirigidas às PCTs no Brasil, para entender os gargalos que se apresentaram historicamente. Isso nos ajudará a avaliar mais densamente o modelo de desenvolvimento científico e tecnológico que hora se apresenta no Brasil, em especial para o setor selecionado, as N&Ns.

2.3 AS CONFORMAÇÕES POLÍTICAS E AS CRÍTICAS ÀS PCTs NO BRASIL

Ao longo da seção anterior, vimos que as decisões acerca das PCTs estiveram marcadamente associadas a uma estratégia maior de desenvolvimento econômico. Assim, P&D e C&T foram desenvolvidas à reboque de uma busca incessante pela modernização das estruturas produtivas do País, o que foi especialmente marcante no período militar, em que se associou poder decisório centralizado, ambiente financeiro favorável e relativa estabilidade econômica. Vimos também que essa lógica foi rompida no início dos anos 1990, com a entrada de princípios mais liberais no executivo governamental.

Deixamos claro que, apesar das diversas tentativas de se criar um “pacto” para o desenvolvimento científico e tecnológico, envolvendo cientistas e empresas nas aspirações do governo, nem sempre, ou talvez muito raramente, foi possível observar uma interação efetiva. É inequívoco que, para a comunidade científica, um ambiente propício para o desenvolvimento de infraestrutura de P&D adequado no Brasil, inclusive com vultosos aportes financeiros, era mais do que desejado. Mas, é somente nesse sentido que se pode dizer que houve algum tipo de aproximação entre os atores, não havendo indícios de que tenha ocorrido convergência de interesses e objetivos. Sequer é possível falar em objetivos sociais, já que sempre esteve impregnada nas instâncias decisórias a ideologia de que o bem-estar social é atingido com bem-estar econômico.

As estratégias históricas de P&D revelaram-se frágeis quando os *policy makers* perceberam que não se fazia tecnologia com o *timing* adequado para responder às demandas econômicas e, sobretudo, políticas. Portanto, pode-se observar que o maior avanço do setor no Brasil refere-se à construção de instituições de coordenação político-normativas e infraestrutura de pesquisa, que permanecem até hoje como importante legado desse período, apesar de todo o esforço de desconstrução empreendido no governo Collor e, mais comedidamente, no governo FHC. O modelo de desenvolvimento científico e tecnológico foi

marcadamente “*science push*”, com a universidade “fazendo ciência” na maioria das vezes de acordo com sua conveniência, e oferecendo os resultados aos diversos usuários, que muitas vezes já estavam com a demanda satisfeita por outras fontes.

No que toca às instâncias decisórias, as evidências apontam para uma ampla centralização no que se refere à macropolítica de desenvolvimento em C&T, sobretudo no auge do Período Militar. Mas, apesar dessa centralização na tomada de decisão, estando a execução das atividades a cargo das mãos e dos cérebros que fazem pesquisa (a comunidade científica), houve uma descentralização do “fazer científico”, e os resultados das políticas não puderam ser adequadamente controlados, mesmo sob os auspícios de uma lógica militar.

A crítica que se faz ao modelo de desenvolvimento tecnológico adotado a partir da década de 1970 paira no foco dado à “transferência de tecnologia”. De fato, o que houve foi uma entrada de capitais produtivos estrangeiros e não necessariamente uma absorção por parte da indústria nacional de novos aparatos produtivos (HERRERA, 1983). Apesar de todo o esforço consubstanciado nos Planos de Desenvolvimento durante toda a década de 1970, sobretudo no que se refere à internalização de competências tecnológicas e inovativas, não se despertou a criação de uma base técnico-científica produtiva aliada aos ideais de desenvolvimento da economia nacional (VALLE, 2005).

A eficácia da centralização no governo federal esteve em fazer P&D no âmbito das estruturas de grandes empresas estatais. E essa eficácia tendeu ao esgotamento a partir dos anos 1990, quando emergem as pressões liberais por privatizações. O relativo fracasso da PCT no Brasil passa, fundamentalmente, pela não realização dos investimentos tecnológicos por parte das empresas nacionais, sobretudo as privadas, comprovado pelos baixos investimentos em P&D nesse período. Isso pode ser explicado pelos seguintes fatores: a) falta de coesão entre a maior parte do empresariado nacional e as elites políticas e b) excedente produtivo não reinvestido, já que a maior parte da acumulação de capital estava nas mãos de grupos internacionais e monopolistas nacionais.

De acordo com Cassiolato *et.al.* (1983), os investimentos em P&D concentraram-se nos setores de Bens de Capital, onde se destaca a utilização de tecnologia estrangeira. Assim, os gastos em P&D seriam muito mais para estabelecimento de laboratórios de controle de qualidade e adaptação de tecnologia importadas do que para o desenvolvimento de novas tecnologias. O fato de a maioria desses investimentos estar sob responsabilidade do setor público, fortalece nosso argumento acerca dos desajustes da estratégia de C&T do País.

Portanto, mesmo com todo o esforço do Estado brasileiro para prover o país de capacitações no âmbito da pesquisa científica, buscando alavancar o progresso tecnológico endógeno, não houve o *feedback* esperado por parte das empresas. Valle (2005, p. 25) afirma que o setor produtivo em geral manteve uma postura pragmática, que muitas vezes foi oportunista e predatória no que diz respeito à sua base tecnológica. Dagnino (1983) lembra que havia, entre a década de 1970 e o início dos anos 1980, uma racionalidade empresarial que envolvia expectativas de custos, lucro e risco que explicam a ausência de empresas demandando C&T internamente. Essa consideração reforça a predominância de uma lógica de dependência externa ainda marcante no setor produtivo nacional. Assim, “as características próprias da indústria – [...] tamanho de mercado, perfil de distribuição de renda - e as vantagens de importação de tecnologia fazem com que o setor de pesquisa aplicada não seja estimulado pelo setor produtivo” (DAGNINO, 1983, p. 56).

Diferentemente do que ocorria nos “países centrais”, onde se podia observar uma relação clara entre a pesquisa de base e as demandas industriais (*Demand pull*), no Brasil ocorria um efeito *technology push* proveniente do exterior, ou seja, havia ausência de

demanda pelas atividades de C&T interna e fragilidade dos processos de P&D, já que se canalizava para o exterior a maior parte da demanda tecnológica interna, o que ajudava a exercer pressões negativas sobre o balanço de pagamentos. Como resultado, tem-se o aumento do ônus governamental, já que o Estado passa não somente a fomentar a geração de *expertises* para a pesquisa básica, como também assume os investimentos em pesquisa aplicada, geração e difusão de tecnologias para o desenvolvimento.

De uma análise lúcida feita por Schwartzman (1979, p. 306) como privilegiado observador dos fatos que estamos analisando, destacamos as seguintes palavras:

De fato, o interesse do setor empresarial privado pela ciência e tecnologia tende a se limitar às facilidades de obtenção de tecnologias que sejam economicamente rentáveis, com um mínimo de investimentos e um máximo de lucro. Normalmente, isso leva à demanda por facilidade de importação de pacotes tecnológicos [...]. Este tipo de importação de tecnologia é prejudicial ao país, por transferir ao exterior pagamento de pesquisa e desenvolvimento que poderia ficar no país.

No tocante às empresas estatais, regidas pela mesma lógica do lucro empresarial da empresa privada, pesando de forma especial os critérios de minimização de custos e riscos, muitas vezes acabavam optando pela importação de tecnologia, até mesmo para fazer frente a prazos de entrega, reforçando assim a debilidade para geração de desenvolvimento autóctone. Seria desse o setor onde se esperaria um aumento dos gastos em P&D, mas inicialmente isso só ocorreu para um conjunto pequeno de empresas que tinham como marca sua ligação com o progresso e com o desenvolvimento do País (Petrobrás, Telebrás, Embratel), as quais, como destacado por Castro e Souza (1985, p. 38), “foram o sustentáculo do II PND”. Ao fim e ao cabo, “o que costumava existir durante a década de 1970, na maioria das empresas, eram laboratórios de controle de qualidade com aspirações a centros de P&D” (DAGNINO, 1983, p. 65). Para algumas empresas, a ausência de recursos humanos qualificados foi a justificativa para tornar a universidade o próprio laboratório e a ela eram confiadas as atividades de pesquisa.

No entanto, ao final da década de 1970, as estatais passaram a contribuir de forma mais efetiva para o aumento dos gastos em P&D. Isso foi o reflexo da política explícita presente no II PBDCT, onde foi estimulada a ação de centros de pesquisa e desenvolvimento presentes em algumas estatais (VALLE, 2005). Além disso, muitas empresas não encontravam na universidade pesquisas orientadas às suas demandas específicas, sendo então necessário fomentar laboratórios em que as pesquisas correspondessem às suas prioridades (DAGNINO, 1983).

Nesse período ocorre uma interferência do governo nas agendas de pesquisa realizadas das universidades. Como destacado na seção anterior, isso foi possível através da utilização de convênios que tinham como objetivo explícito alavancar “espaços de excelência” no interior da universidade que pudessem contribuir de forma efetiva com os “interesses nacionais” e com o desenvolvimento do País.

Assim, é possível afirmar que desde a década de 1960 o Estado apostou na universidade como o *locus* de geração de tecnologia e recursos humanos a serem “repassados” para o setor produtivo. Porém, “a decisão acerca de que pesquisa desenvolver era tomada, não pela universidade, mas sim pelo governo, em nome de uma racionalidade econômica e de imperativos sociais e se consubstanciava [...] no oferecimento de recursos que a viabilizavam” (DAGNINO, 1983, p. 59). Esse movimento histórico pode explicar o prestígio que alguns “centros de excelência” ainda possuem na atualidade, e também a continuidade desse tipo de política orientada e vertical ainda nos anos 2000.

Como observa Guimarães (1993, p. 03):

Este processo de institucionalização da pesquisa, centrado na universidade e tendo como locais privilegiados os programas de pós-graduação estabelecidos segundo o modelo norte-americano, decorreu da implementação de uma política, cujas intencionalidade e articulação com um projeto econômico sobredeterminante foram maiores do que costumam ser as políticas de C&T no Brasil. Esteve, durante toda a década de 70, ancorado e subordinado à nossa última onda desenvolvimentista centrada no Estado. Além disso, apresentou uma continuidade de propósitos (e inclusive de atores) muito facilitada pelo caráter centralizador e autoritário do regime político vigente.

Acerca desse tema, cabem duas observações: em primeiro lugar, esse tipo de ação, por mais importante que seja para a promoção de áreas estratégicas, acaba gerando “ilhas de excelência” que historicamente se concentraram em poucas regiões e instituições do país, o que de certa forma contribui para acirrar as disparidades regionais, já que os frutos dessa atividade tendem a ficar concentrados. Em segundo lugar, isso tende a provocar a redução, ou completa exclusão, do caráter democrático e da autonomia das pesquisas universitárias, já que o governo é quem dita o estímulo (senão intelectual, mas em grande medida financeiro) para que as agendas de pesquisa sigam determinados caminhos.

As ilhas de excelência geradas acabam sempre privilegiadas em detrimento de outras possíveis experiências e pesquisas que, por não fazerem parte da agenda da política, têm que disputar recursos ainda mais escassos. Considerando o conhecimento como o exercício da criatividade, o privilégio a pesquisas orientadas pode reduzir as possibilidades de desenvolvimento autóctone, relacionado à pesquisa e experimentação livres. Isso ocorre porque, como já apontado, há um fortalecimento de grupos que muitas vezes podem apresentar resultados daquilo que não fizeram no laboratório. Justificamos essa posição tendo em vista que o governo não alcançou os resultados esperados com a política de direcionamento de recursos.

Considerando a conjugação de interesses apontada acima, percebe-se que o direcionamento da PCT acabou seguindo historicamente a ideologia de um grupo (*policy makers*, acadêmicos e tecnocratas) que, por diversas razões, compõe a esfera do poder. E, dessa forma, a universidade, espaço privilegiado para a gestação de novos conhecimentos e tecnologias sociais, torna-se apenas o local de onde são apontados os “eleitos” a participar das “atividades científicas avançadas”, que de alguma forma podem aumentar a “potência” da economia brasileira.

Nessa mesma linha de argumentação, Dagnino (1983) destaca que, durante a década de 1970, a despeito dos incentivos e do fortalecimento da pós-graduação, as universidades passavam por uma redução de suas dotações orçamentárias. Assim, a utilização dos convênios tornou-se um meio político de controle daquilo que faria parte da agenda de pesquisa. Isso se dava através do que Dagnino chamou de “forma potencial de clientelismo acadêmico”, onde a possibilidade de complementação salarial cooptava parte da comunidade universitária para participar da formulação e implementação da política científica e tecnológica. Ou seja, mesmo diante de um quadro de restrição de recursos, o ganho político era grande na medida em que as ações do governo eram vistas como propiciando o desenvolvimento científico e tecnológico.

De acordo com Cassiolato *et.al.* (1983, p. 38):

[...] a efetiva explicitação de uma política científica e tecnológica e de seus instrumentos aparece a partir da conjugação de interesses de uma parcela nacionalista da burocracia estatal, de segmentos nacionalistas das instituições militares e de uma parcela dos quadros mais “modernos” das universidades brasileiras.

Porém, o mesmo autor destaca que não se pode inferir nenhum grau de homogeneidade nesses grupos, já que os interesses são os mais diversos, havendo profundas divergências sobre o projeto de construção do País.

O reconhecimento da complexidade dos grupos que conformam a PCT e a negligência em relação aos resultados sociais mais efetivos tornaram-se foco de análise dos “Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade” (ECTS) levados a cabo em várias partes do mundo, sobretudo na Europa e de forma especial na América latina. Esses estudos enfatizam a necessidade de uma maior participação pública nas decisões acerca dos rumos da PCT. Conforme Dagnino (2008), sua origem remonta à década de 1960 através dos questionamentos populares e da própria universidade sobre a neutralidade e a racionalidade científica.

Assim, as reflexões do campo CTS buscavam compreender de maneira menos ingênua as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade, destacando também os aspectos negativos associados aos avanços científicos e tecnológicos sobre a sociedade, a partir das perspectivas ambientais, políticas, econômica, sociológicas, etc. (DAGNINO, 2008, p. 06).

Os ECTS se destacam por apresentarem reflexões teóricas alternativas, que objetivam entender como o desenvolvimento científico e tecnológico, e seus desdobramentos sociais, passam a ser percebidos pelos pesquisadores. O papel dos ECTS é promover uma aproximação das agendas de pesquisa com as necessidades e demandas sociais, ou seja, busca-se refletir criticamente sobre como os esforços em pesquisa, desenvolvimento e inovação podem ser utilizados em benefício da sociedade.

Após a apresentação das políticas e de uma breve análise de seus estrangulamentos, apresentamos na seção seguinte três possibilidades analíticas para o entendimento dos meandros que conformam e determinam uma determinada agenda de política pública. Em nosso caso especial, estamos buscando um marco de referência que nos ajude a entender o que (ou quem) determina o direcionamento das políticas de desenvolvimento científico e tecnológico. As três possibilidades são, na ordem apresentadas: a Teoria do Agente-Principal, no âmbito da abordagem institucionalista; a perspectiva da Sociologia Relacional, a partir da Análise de Redes Sociais (ARS); e a perspectiva das Comunidades de Pesquisa que segue em grande medida a linha de argumentação dos ECTS. Desde já destacamos que essas três abordagens aparecem como complementares, já que são diferentes olhares sobre o mesmo “problema” que ajudam a montar um quadro cognitivo de análise.

2.4 PCTs: AGENCIAMENTO, REDES E COMUNIDADES DE PESQUISA

Nessa seção promovemos uma discussão que busca fornecer os elementos reflexivos necessários ao escopo fundamental da tese, qual seja, a análise das políticas públicas de C&T. No início desse capítulo apresentamos vários argumentos evidenciando como as PCTs se inserem num campo maior das políticas industriais (e/ou de desenvolvimento econômico) e como estas últimas são abarcadas pelo escopo das políticas públicas. Na sequência de nossas reflexões, apresentamos diversos *insights* que apontaram algumas disfunções na concepção das ações de todo o aparato de impulso ao desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil. Isso nos convocou, portanto, a explorar alguns instrumentais analíticos que fornecem aparato adequado para interpretar esse campo complexo da política pública.

Com as perspectivas teórico-analíticas apresentadas nas subseções a seguir, não temos a pretensão de explicar detalhadamente o processo e as contingências históricas de formatação

das PCTs no Brasil (e esse não é foco da tese), mas sim, mostrar como essas diversas perspectivas convergem enquanto lentes que nos ajudam a perceber porque os laços sociais/relacionais existentes no campo de experimentação e gestão das políticas públicas, em especial das PCTs, não possuem um papel marginal. Ao contrário, e talvez esse seja um paradigma no âmbito da ciência política, essas relações estão no *core* daquilo que a sociedade percebe (se é que percebe) como política científica e tecnológica materializada.

2.4.1 PCTs sob a perspectiva da Teoria da Agência (ou Agente-Principal)

A Teoria da Agência (ou Agente-principal), elaborada no âmbito da Nova Economia Institucional e que abarca aspectos da ciência econômica, política e administrativa, tem como foco o processo de delegação de responsabilidades e ações, mostrando que, nesse processo, devido à divergência de interesses entre aquele que delega (o Principal) e o receptor da ordem (o Agente) surge um resultado não “ótimo”, o que configura um problema de agenciamento (EISENHARDT, 1989; JENSEN & MECKLING, 1976). Note que o Principal, conforme Coleman (1990), é aquele que têm o poder, a legitimidade de agir e/ou delegar, ou seja, possui os recursos, mas não aqueles necessários para desempenhar a ação. Na falta dos recursos específicos, o Principal contrata um Agente que possui a experiência, habilidade, o *know how*, e a ele delega a função de agir em seu nome. Vejamos que o Principal só delega algo tendo em vista a impossibilidade de desempenhar a ação, seja pela falta de habilidade, tempo, etc. Já o Agente somente recebe a ordem tendo em vista que receberá algum tipo de benefício explícito em troca, seja ele monetário, moral, cognitivo entre outros.

Nessa teoria, a explicação para o problema de agenciamento está na imperfeição de informações acerca do que o Agente realmente faz a partir da ordem dada. Geralmente, pela experiência, pelo conhecimento técnico acumulado, o Agente possui mais informações do que o Principal, o que o coloca numa posição privilegiada, já que pode agir levando em conta seus interesses privados. Isso ocorre porque, dada a natureza das relações de delegação, as ações do Agente são de difícil acompanhamento. Assim, nessa teoria, o foco de análise está na divergência de interesses entre os atores, o que dificulta o processo de cooperação.

A ação do Agente é motivada pela busca de riqueza, *status*, tempo livre entre outros benefícios privados. Para atingir esses objetivos, ele assume um comportamento oportunista, e quanto mais imperfeito e assimétrico for o mecanismo de informação, mais apto estará esse ator a buscar retornos pessoais. O comportamento oportunista é explicado dentro da Teoria Agente-Principal a partir dos conceitos de Risco Moral e Seleção Adversa (WILLIANSO, 1985). O Risco Moral, nesse caso, refere-se à falta de informações por parte do Principal sobre o que realmente o Agente está fazendo (HÖLMSTROM, 1979). Já a Seleção Adversa tem a ver com a dificuldade em saber da real capacidade de o Agente desempenhar as tarefas para as quais foi delegado (ROSS, 1973).

A aplicação dessa teoria abrange diversas modalidades de relações, inclusive aquelas que demandam formalizações contratuais como é, por exemplo, o caso de relações empregatícias, relações entre fornecedores e clientes, prestadores de serviços e contratantes, advogados e clientes, entre outras. Dessa forma, o estabelecimento de contratos torna-se o elemento chave para a redução dos problemas de agência. Veja que o contrato é a ferramenta mais adequada já que a opção, por exemplo, pelo monitoramento intensivo e extensivo das ações dos Agentes pode elevar demasiadamente os custos da ação delegada.

Vemos então que essa Teoria pode ser usada para analisar as relações existentes no âmbito da administração pública. Por um lado, o Principal é a sociedade que delega aos políticos eleitos (nesse caso os Agentes) a responsabilidade de gerir a máquina pública, em especial as políticas públicas que buscam o bem comum. Por outro lado, os eleitos (agora na posição de Principal) delegam à tecnocracia, aos *experts* (os Agentes), o papel de fazer funcionar as políticas públicas. Nesse processo de delegação podem ocorrer (e geralmente ocorrem) problemas de Risco Moral e Seleção Adversa, já que não se pode conhecer perfeitamente os interesses privados (de políticos e/ou tecnocratas) que podem se sobrepujar aos públicos.

No campo que envolve as relações entre os atores formuladores e “usuários” das políticas de ciência e tecnologia, a Teoria Agente-Principal é utilizada para analisar um amplo conjunto de situações, a saber: o problema da delegação em suas diversas acepções, o papel dos contratos estabelecidos entre pesquisadores e agências de financiamento à pesquisa; a disparidade estabelecida entre os programas de pesquisa privados e os objetivos das agências de fomento; e as estratégias dos conselhos de pesquisa para intermediar o problema de agenciamento.

Em outubro de 2003, a Revista “*Science and public policy*” publicou um dossiê onde reuniu diversos artigos que utilizam a Teoria da Agência em estudos que envolvem as diversas situações listadas acima. Sumarizamos abaixo algumas contribuições desse Dossiê que são utilizadas para analisar as relações que encontramos em nosso estudo sobre as PCTs da área de N&N no Brasil.

Na introdução daquele Dossiê, Braun e Guston (2003) deixam claro a eficácia da utilização da Teoria para analisar o problema da delegação entre *policy makers* (Principal) e agências de fomento (Agentes), já que, segundo os autores, os estrangulamentos das políticas científicas são, eminentemente, problemas de delegação. Resgatando as contribuições do trabalho realizado por Guston (1996), percebemos que a tensão das relações de delegação se devem ao fato de que os não-cientistas geralmente carecem de informações a respeito do que realmente é feito pela comunidade científica. Além disso, destacam uma questão *sui generis* na relação entre *policy makers* e comunidade científica, qual seja, a elevada liberdade que é reservada aos cientistas. Nesse sentido, a hierarquia que se esperaria de uma relação Agente-Principal tradicional “não necessariamente existe, já que a autonomia dos agentes é amplamente respeitada nesse relacionamento [...] configurando uma via de mão-dupla onde certo grau de autonomia é respeitado em ambos os lados” (BRAUN e GUSTON, 2003, p. 304).

Outra questão interessante lançada pelos autores e que torna a análise mais complexa é a seguinte: até que ponto os conselhos de pesquisa podem ser considerados como agentes dos *policy makers*, já que muitas vezes esses conselhos, bem como as agências de fomento (que podem ser uma coisa só), estão muito próximos da comunidade científica? Essa questão é bastante relevante para o caso brasileiro, onde essas instituições são sempre permeadas (às vezes controladas) por renomados cientistas de algum campo específico do conhecimento. Tudo vai depender do grau de centralização do governo (o interesse político da política), da formação do corpo tecnocrático e executivo dos conselhos de pesquisa e agências de fomento (se mais técnico ou mais científico), além do grau de autonomia da comunidade de pesquisa. Assim, explicam Braum e Guston, a Teoria Agente-Principal precisa ser usada com cuidado, reflexão e adaptação para que possa interpretar as complexas relações existentes no campo da política científica.

Na direção apontada acima, Morris (2003) analisou as diversas situações em que os pesquisadores acadêmicos aparecem como Agentes da política científica, partindo da

premissa básica de que os formuladores da PCT, quando disponibilizam fundos para a atividade científica, esperam em troca relevantes resultados econômicos e sociais no curto ou longo prazos. Já os pesquisadores, quando assumem a tarefa de levar a cabo as investigações no âmbito da PCT, são delegados a cumprir uma tarefa de alta relevância para o Estado. Têm-se então uma situação propícia para a análise do problema de Agência.

O governo, como Principal, determina a quantidade de recursos necessários para atingir os objetivos de uma política. Porém, dada a falta de *know how* ou de tempo dos *policy makers* para participar da execução das tarefas no âmbito da política, eles precisam contar com habilidades científicas de terceiros (Agentes) para dar conta dessa empreitada (MORRIS, 2003, p. 360). Morris também destacou as múltiplas instâncias em que o governo se apresenta nessa condição, tais como: altos executivos que têm o aval social para a tomada de decisão; o corpo tecnocrático das agências de planejamento e fomento com sua visão própria sobre os objetivos da política; Estado permeado por instituições supra e internacionais que determinam alguns objetivos da política. No caso da comunidade de pesquisa, Morris enfatizou que ela não aparece como Agente apenas das instituições governamentais, já que muitas vezes também se configuram como Agente de empresas de base tecnológica.

Essa observação pode nos levar à conclusão de que a comunidade de pesquisa sempre aparece como Agente do governo, recebendo incentivos monetários públicos para desempenhar um determinado programa de pesquisa. Porém, sabemos que cientistas isolados (mas que provêm da comunidade científica) muitas vezes aparecem compondo o corpo do Principal (como *policy makers*, participando de Grupos de Trabalho, etc.), evidenciando a necessidade de adaptação da Teoria para analisar o agenciamento em PCTs⁶⁴.

Ainda sobre a complexidade da análise dos problemas de Agência nas relações que envolvem delegação em PCTs, Morris (*op. cit.*) destaca a questão do sistema de avaliação para a seleção de grupos ou dos resultados da delegação (ou seja, dos resultados da pesquisa). Para a autora, os cientistas gozam de grande autonomia, principalmente quando os projetos ou resultados da pesquisa são avaliados num sistema de “*peer review*” (revisão por pares). Esse sistema apareceria como forma de reduzir as possíveis tensões entre o Agente e o Principal. Muitas tensões ocorrem devido às incertezas que pairam sobre uma investigação o que tende a gerar hiatos entre o tempo da política (*policy*) e o tempo do político (*politics*).

Notemos a relevância dessa questão. A mensuração da atividade científica não é realizada através de uma fórmula econômica, ou seja, muitas vezes existem profundas dificuldades em avaliar a eficácia ou não de algumas pesquisas, sobretudo por parte daqueles que delegaram a ação, justamente por desconhecerem o nebuloso campo de algumas áreas da ciência. A justificativa usada para a revisão por pares seria sua eficácia para a redução da Seleção Adversa. Isso porque a comunidade científica conheceria os pares mais aptos para desempenhar uma tarefa. Conforme Morris, tem-se aqui a idéia de que um bom Agente é um bom cientista. Argumentamos nessa tese que a revisão por pares pode tornar-se um processo de retroalimentação de colegiados e ideologias que costumam excluir importantes atores da arena decisória⁶⁵. Morris mostra que a adição de outros membros externos (empresários, consumidores, não cientistas diversos) nos comitês de avaliação tem sido uma forma de reduzir o problema de agência, através do fortalecimento da participação pública.

⁶⁴ A necessidade de adaptação ficará explícita no capítulo III, sobretudo na configuração das instâncias decisórias e executivas das políticas para a área de nanotecnologia no Brasil.

⁶⁵ Está claro que o sistema de *peer review* foi um grande avanço para o SNDCT&I brasileiro. No entanto, não se pode supor eficácia completa desse sistema de avaliação.

Está claro que para um perseguir de áreas estranhas àquela avaliada é bastante difícil julgar os méritos. Mas não se pode negligenciar a capacidade que os atores tem de perceber vícios e virtudes de determinados empreendimentos científicos e tecnológicos. Nesse sentido a observação externa pode ser profícua, mesmo diante de conhecimentos “peritos”.

De acordo com Morris, uma contribuição profícua no âmbito da Teoria em foco é a análise dos interesses e metas compartilhadas entre Agente e Principal. Considerando que a política deveria ter como meta a melhoria do bem-estar econômico e social, para que a ação de delegação logre êxito a comunidade de pesquisa deve compartilhar das mesmas expectativas da política.

No entanto, é frequente a ocorrência de Risco Moral que se configura numa disparidade entre os projetos aprovados e aqueles que são realmente desenvolvidos pelos cientistas. Isso ocorre porque muitas vezes os cientistas atribuem demasiada relevância às suas próprias pesquisas, em detrimento do projeto demandado pela Política Científica. Nesse sentido, a motivação dos pesquisadores para entrar num relacionamento com a política estaria apenas em galgar fundos para suas agendas privadas de pesquisa (MORRIS, 2003, p. 366).

Um exemplo disso para o caso brasileiro aparece na visão do Químico Fernando Galembeck⁶⁶, da Unicamp, destacada por Fernandes e Filgueiras (2008, p. 2010).

[...] grande parte da ciência que vem sendo feita nas universidades e demais institutos de pesquisa do país é um “tributo à irrelevância”, isto é, estuda-se o que é de interesse do cientista, muitas vezes em detrimento do que é de interesse estratégico para o setor produtivo nacional.

Outra situação que costuma ocorrer é uma mudança de trajetória de pesquisa de alguns cientistas, justamente para se adaptar aos temas da “moda”, ou seja, àqueles que têm recebido maior volume de recursos públicos. O caso de novas e promissoras tecnologias é emblemático. Essas mudanças podem levar ao problema da Seleção Adversa, já que na seleção dos agentes corre-se o risco de contratar “oportunistas”⁶⁷ que não possuem as habilidades adequadas.

Caswill (2003) analisou o papel das agências de fomento à pesquisa como intermediárias entre o governo e a comunidade de pesquisa. Para o autor, a configuração e a dinâmica dos sistemas de oferta e demanda por fundos para a pesquisa é marcada geralmente por uma oferta escassa, tendo em vista o tamanho da demanda (inclusive em países centrais). Assim, na disputa pelos fundos, os cientistas tenderiam a aceitar virtualmente as indicações das agências de fomento, muitas vezes para poder angariar fundos para seus projetos individuais. Por exemplo, no caso em que os editais/chamadas trabalham com temáticas mais restritas, os pesquisadores precisam decidir sobre mudanças e/ou adaptações de suas agendas de pesquisas.

Assumindo que umas das formas de gerenciamento de redução dos problemas de Agência é a utilização de contratos, Caswill (2003) destaca que esses mecanismos nem sempre apresentam as mesmas características de uma tradicional relação Agente-Principal. Para o autor, os contratos nem sempre têm a rigidez e a eficácia das relações contratuais presentes em outras formas de relacionamento, e isso pode ser explicado, por exemplo, pelo fato de que muitas vezes a avaliação dos resultados será realizada, como já mencionamos, pelos próprios pares de cientistas.

⁶⁶ Como veremos no capítulo III, Galembeck aparece como importante ator na comunidade de pesquisa em N&N no Brasil, inclusive como participante ativo na elaboração das políticas para o setor.

⁶⁷ A palavra oportunista é utilizada em consonância com a Teoria Agente-Principal.

2.4.2 PCTs e a Análise de Redes Sociais

Redes são aqui definidas como organizações construídas ao longo do tempo. Nela estão imersos os atores sociais e políticos relevantes em cada situação concreta (MARQUES, 1999). Barnes (1987) destacou que a análise de redes sociais deve estar presente, em suas diversas roupagens, sempre que buscamos entender como um indivíduo é afetado por suas ligações/relações com outros indivíduos. Naturalmente, o padrão de relações e a posição de cada um dentro da rede proporcionarão vantagens ou desvantagens nos diversos eventos compartilhados pelos atores.

Como destaca Marques (1998), pelo olhar da sociologia relacional, as instituições, a estrutura social e as características de indivíduos e grupos são cristalizações dos movimentos, trocas e encontros entre entidades, nas múltiplas e intercambiantes redes de relações ligadas e superpostas. Assim, a matéria-prima das ciências sociais seria o conjunto de relações, vínculos e trocas entre entidades e não suas características.

As redes constituem um nível intermediário crucial para se entender processos mobilizatórios. Através dessas redes as pessoas interagem, influenciam umas às outras e se envolvem em negociações, ao mesmo tempo em que produzem os processos cognitivos e motivacionais indispensáveis para a ação coletiva (MELUCCI, 1996). Não somente os movimentos sociais podem ser analisados pela perspectiva das redes, mas também a maioria das interações sociais.

Nesta perspectiva, Granovetter (1985) deixou claro que a busca por objetivos econômicos é normalmente acompanhada por itens não econômicos, tais como: sociabilidade, aprovação, *status* e poder. A ação econômica aparece então situada socialmente, não podendo ser explicada por motivação puramente individual, ou seja, ela está enraizada (*embeddedness*) em redes de relações pessoais ao invés de estar em atores atomizados. Explorando as redes sociais, Granovetter (*op.cit.*) descobriu que os laços que se estabelecem entre os agentes não se resumem, ou são determinados, por afinidades familiares e pessoais. Segundo ele, para além dos laços de parentesco (estudando grandes conglomerados familiares), existem redes onde os agentes estão ligados por relações de confiança interpessoal, com base em afinidades pessoais, étnicas, históricas e interesses comuns. Nesse contexto, muito mais dinâmicos que os laços fortes (representados nas relações de parentesco, entre outras) estão os “laços fracos”, aqueles que se estabelecem de forma tácita ou informal entre os atores que se relacionam nas mais diversas esferas da ação social.

Granovetter (1973) destaca que as redes sociais se consubstanciam em relações de reciprocidade e confiança entre parceiros. A força dos laços fracos, impregnados nas relações de troca de informação, de influência, de conhecimento dos líderes empreendedores, emerge como fator crítico de sucesso. Nesse sentido, as instituições econômicas são uma construção social. Os laços fracos são os canais através dos quais circulam as idéias, as influências ou socializam-se informações entre as redes ou indivíduos; através deles ligam-se membros de diferentes pequenos grupos que apresentam entre si laços fortes.

Para Granovetter (*op.cit.*), a força de um laço resulta da (provavelmente linear) combinação de quantidade de tempo, intensidade emocional, intimidade (confidências mútuas) e serviços recíprocos que caracterizam os laços. O autor se pergunta então se os laços fracos também não poderiam explicar porque determinadas comunidades conseguem se organizar e lutar coletivamente diante de alguma situação a qual desejam influenciar, enquanto outras não.

Partindo da constatação da importância das relações no contexto da geração de políticas e da participação do público e do privado na esfera do Estado, a metodologia da Análise Estrutural de Redes Sociais (ARS) aparece como importante instrumental analítico para nossa tese. Na ARS, as principais unidades de análise que dão suporte à metodologia são: nós, vínculos, fluxos, densidade e centralidade.

Para a análise das redes sociais, as posições na rede não definem as ações e estratégias dos agentes: as redes constroem os movimentos, alteram preferências, restringem e moldam a racionalidade e ajudam na construção de identidades, mas são ao mesmo tempo transformadas continuamente pelos atores e pelos fenômenos sociais (EMIRBAYER e GOODWIN, 1994, *apud* MARQUES, 1998, p. 18)

Os nós são os atores e/ou instituições que estabelecem relações dentro de uma rede. As relações são estabelecidas através dos laços (vínculos, nós relacionais) que se apresentam sob a forma de proximidade comportamental (participantes de uma mesma tribo, por exemplo), relações formais (trabalho, sociedade, ciência, política, etc.), relações informais (coleguismo, confrarias, etc.), ligações físicas (membros de um núcleo familiar, p.e.), negociais (empresas *versus* fornecedores), etc.

Os vínculos se estabelecem entre dois ou mais nós, e podem ser diretos ou indiretos. Isso significa que dois nós podem se relacionar diretamente ou por intermédio de outro nó (ator), formando díades (pares de atores) ou tríades (trios de atores). Dois atores conectados podem manter apenas um vínculo (trabalhar no mesmo departamento, por exemplo) ou estabelecer relações de diversas natureza dentro de uma mesma rede. Por exemplo, pai e filho que trabalham num mesmo departamento assumem no mínimo dois laços, um profissional e outro afetivo.

A ARS privilegia as relações em detrimento dos atores isolados, já que elas representam os fluxos, ou seja, movimentos uni ou bidirecionais de informações, documentos, bens, moeda, etc. trocados no interior da rede e que refletem a influência dos atores para além dos limites dela. Além de possuírem diferentes direções, as relações também se estabelecem em diferentes intensidades (NEWMAN, 2001; LEMIEUX e OUIMET, 2008; TOMAÉL, 2005). Fluxos bidirecionais significam laços recíprocos, ou seja, os atores compartilham interesses.

A coleção de díades e tríades formam uma rede social, que consiste em uma série finita de atores e das relações que estabelecem entre si, possuindo vida em si mesma (WASSERMAN e FAUST, 1994). Dessa forma, o movimento dos atores que a compõe se explica a partir de sua inserção na estrutura. No interior da rede, conexões se estabelecem em maior ou menor intensidade entre os pares e trios, o que pode formar subgrupos, dependendo do grau de coesão das relações estabelecidas.

A intensidade de relações e fluxos dos atores que compõem a rede determina a importância relativa que cada um assume na rede, ou seja, sua centralidade. O grau de centralidade se mede pelo número de contatos diretos (vínculos) de um nó; quanto mais contatos, mais central é a sua posição na rede (LEMIEUX e OUIMET, 2008; MARQUES, 1998). O grau de centralidade ajuda a compreender a velocidade e a força de determinados fluxos, porém, mais importante do que ser o centro é ser conectado. Conforme Hanneman (2000) a diferença entre os atores (sucesso, fracasso, participação, isolamento) pode ser interpretada com base nas limitações e oportunidades que surgem por sua inserção na rede. Para ele, quanto maior a densidade da rede, maior é a exposição dos atores aos fluxos e, quando bem conectados, esses atores tornam-se mais influentes ou passíveis de serem mais influenciados, tornando-se também capazes de mobilizar o ambiente em seu favor.

Indo além da preocupação específica de Granovetter, nos perguntamos de que forma os laços (fortes ou fracos) podem influenciar a elaboração de políticas específicas necessárias para a solução de novos problemas. Mais ainda, de que forma uma rede social (uma comunidade específica) cria, na estrutura da rede, um ambiente capaz de permear o Estado. A permeabilidade se liga aos relacionamentos pessoais e é a rede de relações que a conforma. Ela se baseia no padrão de relações estabelecido ao longo da vida do indivíduo. De acordo com Marques (1999, p. 49), ela é disseminada e dispersa, canalizada por relações que, na maior parte do tempo, não buscam, necessariamente, a maximização de interesses específicos. São elos estabelecidos com outras intenções, ou mesmo sem finalidade.

Acreditamos que as políticas científicas e tecnológicas, como a maioria das políticas públicas, são amplamente influenciadas por redes de atores que trazem idéias e ideologias acerca daquilo que representa o progresso e o desenvolvimento no âmbito da ciência. Parece claro que, em se tratando de ciência e tecnologia, a comunidade científica aparece como a parte mais envolvida, mesmo assumindo-se o caráter universal de uma PCT. No entanto, a comunidade científica não pode ser compreendida como uma única rede, ela é composta por indivíduos ou grupos das mais diversas áreas do conhecimento que coexistem num mundo onde a compartimentalização exacerbada do conhecimento cria domínios específicos que se consubstanciam em espaços de disputa frequente.

Em termos práticos, para além dos ideológicos, essas disputas se dão no âmbito da repartição dos recursos disponíveis para a atividade científica. O momento da definição da agenda da política torna-se então o espaço mais apropriado para garantir uma maior “fatia do bolo”. Aqui entram as redes, as relações, os vínculos e os fluxos diversos que podem explicar os temas, os caminhos e os métodos na implementação da política. Nesse sentido, a comunidade científica, dispersa em diversas comunidades de pesquisa, merece atenção quando estamos tratando de ciência e tecnologia, sobretudo no Brasil.

2.4.3 PCTs sob a perspectiva das comunidades de pesquisa

Algumas das observações e problemas apontados na seção 2.3 sobre a trajetória da PCT no Brasil têm sido objeto de estudo exaustivo em alguns espaços de reflexão latino-americanos. Para o foco de nossa tese, nos parecem profícuas as investigações, ensaios e propostas analíticas realizadas por Dagnino (2007) que apresenta o conceito de comunidade de pesquisa como ponto de partida para a reflexão sobre os resultados alcançados pelas políticas de C&T no Brasil e seus pontos de estrangulamento.

Para iniciar a discussão, recorreremos novamente às palavras do Ministro Reis Velloso:

Sem embargo, seus objetivos não serão atingidos sem a compreensão, confiança e solidariedade dos homens que fazem ciência e tecnologia nas instituições de pesquisa e nas universidades. Dos cientistas e tecnólogos brasileiros, o que se deseja é a atitude de participação, dentro da convicção de que todos somos homens de trabalho – no Governo, na empresa, no laboratório, na universidade –, com uma tarefa a executar e responsabilidade pela qual deve responder à Nação. Interessa, ao País, não a existência de um mundo dicotômico – a economia em contraste com a ciência, a universidade em contraste com a sociedade. Interessa, sim, a realidade de uma sociedade indivisa e solidária, empenhada na tarefa de compatibilizar o progresso vertiginoso e a dimensão de potência a que o Brasil está voltado [...]. (Discurso do Ministro João Paulo dos Reis Velloso, por ocasião do Lançamento do I PBDCT, *in* Salles Filho, 2002, p. 409).

O fragmento do discurso proferido pelo Ministro Reis Velloso na solenidade de lançamento do I PBDCT evidencia a marca das PCTs brasileiras, o que nos leva a apontar algumas observações. Por um lado, percebemos mais uma vez uma visão ofertista-linear acerca da ciência e tecnologia. Por outro lado, salta aos olhos a fé nas competências da comunidade científica, nos peritos do conhecimento que poderiam colocar o Brasil em outro patamar de desenvolvimento. E, por fim, as palavras do Ministro revelam uma noção de “sistema”, ou seja, a existência de um corpo orgânico, composto por cientistas, governo e sociedade com papéis bem definidos, “gerenciando” o desenvolvimento científico e tecnológico.

Quanto à primeira observação, cabe esclarecer que, ao final do primeiro capítulo, utilizamos a interpretação neoschumpeteriana acerca dos paradigmas técnico-econômicos a fim de analisar a questão do novo paradigma de desenvolvimento. Porém, nesse momento, rompemos com essa vertente teórica no que se refere ao caráter explicativo da tecnologia sobre a sociedade. Em nosso entender, a visão Schumpeteriana (ou neo), se aproxima em muito da visão ofertista-linear, ou seja, aquela que argumenta que as tecnologias, por si só, são capazes de promover o desenvolvimento econômico e social.

Dagnino, Thomas e Davyt (2003) destacam que, no caso brasileiro, a despeito do foco do Estado no desenvolvimento dos grandes projetos nacionais, incluindo investimentos pesados em pesquisa, não se obteve êxito na formação de uma dinâmica endógena de inovação capaz de promover um desenvolvimento industrial autônomo e competitivo.

A atividade de pesquisa aplicada existente se concentrou em áreas vinculadas à saúde humana e à atividade agrária; raramente se relacionou ao setor industrial. A dinâmica de pesquisa não parece poder explicar-se por motivos econômicos. Ao invés disso, as explicações adequadas parecem ser políticas, derivadas do papel antecipatório e intervencionista do Estado ou vinculadas à influência da comunidade científica na estruturação e orientação das instituições de P&D (DAGNINO, THOMAS E DAVYT, 2003, p. 103, tradução nossa).

O que houve nesses países, portanto, foi a adoção acrítica de um modelo de desenvolvimento linear de inovação, esperando-se que os investimentos em tecnologia e inovação fossem suficientes para romper com a condição periférica. Nessa perspectiva, supõe-se a seguinte sequência de eventos: desenvolvimento de pesquisa básica, passando à pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, aplicação comercial, adaptação e melhorias tecnológicas (CASSIOLATO *et.al.*, 1983; VALLE, 2005). Nas palavras de Herrera (1983, p. 14) “[...] o planejamento da ciência seguiu, de maneira geral, as diretrizes oriundas dos países centrais, que têm características muito diferentes.”⁶⁸

Ainda para Herrera (1983, p. 14) “[...] a ciência moderna com seu altíssimo custo e com o grande esforço social que sua sustentação significa, só se desenvolve quando existe uma demanda social efetiva”. Ou seja, os vultosos investimentos requeridos somente são levados a cabo se houver um reconhecimento adequado dos retornos e benefícios potenciais dessa atividade.

Então, a questão que se coloca é: até que ponto esses retornos e benefícios se convertem em melhoria das condições de vida em sociedade? Não estamos falando da

⁶⁸ Herrera (1983, p.16) também destaca que: “No que se refere à base científica e tecnológica [...], aplicaram-se os mesmos critérios imitativos que se utilizaram para induzir a industrialização. Criaram-se ou ampliaram-se – os sistemas de P&D que possuíam a mesma estrutura e se baseavam nos mesmos princípios gerais que os existentes nos países avançados. Se supôs que, dado um sistema científico “moderno” (quanto aos temas de pesquisa, qualidade do pessoal e do equipamento etc.) este se vincularia de maneira natural com o sistema produtivo, mediante a cadeia clássica de pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental”.

melhoria simples da disposição e da oferta de bens materiais, já que nisso as PCTs brasileiras foram bem exitosas. Nossa questão aponta para benefícios no que concerne uma visão ampliada de bem-estar, que, para além dos avanços no nível de renda *per capita*, incorpora maior acesso à saúde, condições adequadas de trabalho, acesso a bens culturais e de lazer e redução dos riscos de se viver numa sociedade moderna. Portanto, apontamos para uma visão alternativa de desenvolvimento, que refuta o pragmatismo da visão “crescimento *igual* (=) a desenvolvimento”.

Por isso contribuíram para nossa análise, os estudos sociais que pensam a relação entre ciência, tecnologia e sociedade como um corpo sistêmico que:

“[...] procura enfatizar a produção científica e tecnológica de outras formas de conhecimento, como os agentes da ciência manipulam objetos, realizam experimentos e refletem sobre esta prática e, principalmente, como o “social” se insere neste tipo de conhecimento que deseja, por vezes, apresentar-se como liberto de qualquer contrapartida ou influência social” (PREMEBIDA, NEVES & ALMEIDA, 2011, p. 36).

Na tentativa de explicar os percalços cometidos na concepção das PCTs na América Latina e, de forma especial, no Brasil, Dagnino (2009; 2010) mostrou que no País houve uma conjunção de elementos relativos aos processos de desenvolvimento científico-tecnológico e produtivo por um lado e aspectos ideológicos relacionados às alianças políticas que se estabeleceram entre comunidade de pesquisa e as elites burocráticas e econômicas, por outro. Tal fato propiciou a incorporação das idéias do chamado Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS) ao marco analítico-conceitual das análises de PCT e à própria formulação da PCT do País. Para o autor, o “Projeto Brasil-grande-potência” e sua meta de autonomia tecnológica foram os grandes responsáveis pela idéia de fortalecimento da pesquisa científica e da pós-graduação.

Nessa perspectiva analítica, o conceito de comunidade de pesquisa torna-se central. O rol dessa comunidade:

“abrange os profissionais que se dedicam ao ensino e à pesquisa em universidades públicas e aqueles que, tendo sido ali iniciados na prática da pesquisa, [...] atuam em institutos públicos de pesquisa e, também, em agências dedicadas ao fomento e planejamento da C&T” (DAGNINO, 2007, p. 37).

De acordo com Dias (2010), a evolução do aparato institucional para o desenvolvimento científico e tecnológico é fruto não só de uma ideologia desenvolvimentista por parte do Estado. É também resultado de pressões explícitas da comunidade de pesquisa que naquele momento gozava de prestígio junto à sociedade e aos órgãos do governo. Dias mostra que “[...] implicitamente, a pressão da comunidade de pesquisa não era apenas pela criação de instituições que pudessem dar suporte às suas atividades, mas pela construção de espaços que garantissem poder político a esse ator” (p. 78). O autor destaca, por exemplo, o papel desempenhado pela SBPC como instância de representação da comunidade de pesquisa.

Ou seja, a análise da PCT torna-se mais frutífera quando conjuga ideologia com o poder dos atores na determinação das agendas de política. Dias (2010) também destaca que no caso brasileiro a comunidade de pesquisa (os cientistas) representa o ator dominante no processo decisório que encerra a construção da agenda da política científica e tecnológica nacional, o que significa que a agenda da política pública está impregnada de interesses particulares dessa comunidade. Ou seja, a PCT, por estar inserida no rol de políticas públicas, assume a complexidade inerente a essas políticas no momento de sua formulação. É aí que se confrontam diversos interesses (comunidade científica, tecnocracia, comunidade política, movimentos sociais, setor privado) que acabam formatando o seu aspecto final.

Para tentar explicar essa conjunção de interesses diversos, Dagnino (2007) apresenta-nos o conceito de Complexo Público de Ensino Superior e de Pesquisa (CPESP), que se caracteriza como um *locus* de interação entre os profissionais responsáveis pelas atividades de C&T no Brasil, o que implica na existência de diversas relações entre atores no interior das universidades, instituições de pesquisa e de fomento e planejamento. Mas o autor esclarece que a palavra “Complexo” é usada em detrimento da palavra “Sistema,” não por uma simples preferência léxica, mas por evidenciar a inorganicidade do SNDCT (diferente do que esperava o Ministro Reis Velloso).

Ampliando a interpretação acerca das comunidades de pesquisa, Dagnino (2007, p. 26-27) trabalha com a tese de que, no Brasil, e em geral na América Latina, os professores-pesquisadores com desempenho profissional no âmbito do CPESP possuem um papel dominante na elaboração das políticas científicas e tecnológicas. Isso se tornaria problemático na medida em que a visão dessa comunidade acerca da C&T está impregnada de imperativos de eficiência, competitividade, neutralidade científica, o que difere bastante dos ECTS. Essa ideologia, caracterizada como *ethos* acadêmico/científico (MERTON, 1974; 1985) que estabelece as normas de comportamento profissional, negligencia a participação de atores externos à comunidade.

O que se argumenta aqui é que o setor público, através de suas universidades e institutos de pesquisa, domina o planejar e o fazer científico, não somente no Brasil, mas em toda a América Latina. São vários os grupos que podem ser listados, a saber: núcleo central dos cientistas, resto da comunidade de pesquisa, financiadores e *policy makers* (DAGNINO, 2007, p. 38-9). É como se imperasse a lógica de um “colégio invisível”, ou seja, uma comunidade informal de cientistas que trabalham em um mesmo tema e que intercambiam informação (CRANE, 1972; ZUCCALA, 2006). É nesse “colégio” que se reproduz a comunidade de pesquisa, através das atividades de orientação de ensino e iniciação de novos pesquisadores nos laboratórios universitários. No colégio invisível ocorre um processo de socialização.

Dagnino (2007) argumenta que existe a prática de pesquisadores renomados da comunidade de pesquisa ocuparem cargos de confiança e comando nas instituições responsáveis pela formulação das políticas públicas, inclusive para a área de C&T. Segundo o autor, isso se daria pelas dificuldades inerentes à formação de uma burocracia autônoma nos países periféricos. Assim, a partir dessa lógica, há um fortalecimento do poder da comunidade de pesquisa na formulação das políticas.

Ainda de acordo com Dagnino (2007, p. 46-47), a empresa privada não parece estar interessada em assumir um papel mais ativo na elaboração da PCT. Existe um “alto clero das ciências duras” com acadêmicos empreendedores que interagem com as “empresas inovadoras” e cumprem a função de atender aos interesses empresariais a partir da posição que ocupam na comunidade de pesquisa e no aparelho estatal. Para o autor, esse processo se daria “em torno das bandeiras da interação universidade-empresa, dos parques e pólos tecnológicos, do apoio aos projetos cooperativos, dos *spin off* de base tecnológica, dos mecanismos para facilitar a absorção de pessoal pós-graduado pelas empresas etc [...]” (p. 47). Ao fim e ao cabo, isso explica o baixo interesse das empresas locais no investimento em P&D, dando prioridade à aquisição de equipamentos. Dentre outras coisas, essa decisão reforça a dependência externa em relação a novas tecnologias e transfere ao CPESP a maior parte do esforço em P&D.

Diante dessas reflexões, Dagnino (*op.cit.*) sugere que o enfoque utilizado pelos tradicionais ECTS para analisar PCT nos países centrais é inadequado para o caso brasileiro, porque não dispensa a devida atenção ao papel das comunidades de pesquisa e negligencia a

força dos aspectos relacionais, da visão ideológica e do comportamento da comunidade de pesquisa enquanto ator político.

Cabe esclarecer que é despropositado questionar a presença dos especialistas na elaboração e implementação das políticas, principalmente no Brasil, cuja passagem do Estado burocrático para o Estado gerencial ainda caminha a passos curtos, e, cuja tecnocracia não se conforma enquanto um corpo coeso capaz de coordenar de forma eficaz a elaboração de políticas. Está claro que são esses especialistas a “força tarefa” que mantém possível o andamento da máquina pública, principalmente em áreas onde se requer alto nível de conhecimento (p.e., tecnologia e saúde). Mas a questão em voga diz respeito exatamente à ineficácia de algumas atuações, na medida em que interesses individuais se sobrepõem aos objetivos da política pública, e isso parece ser bastante frequente na área de C&T. No capítulo seguinte empreendemos uma análise da comunidade de pesquisa brasileira.

CAPÍTULO III - *POLICY E POLITICS* DO SETOR DE N&N NO BRASIL: OS LAÇOS DA REDE

Neste terceiro e último capítulo fazemos uma análise da agenda de política construída e implementada para o setor de N&N no Brasil. O entendimento de como essas políticas foram gestadas e colocadas em prática nos permitirá compreender o espaço reservado às preocupações fundamentais de nosso estudo, destacadas na introdução e no primeiro capítulo dessa tese, a saber: o gerenciamento dos riscos da atividade nanocientífica e do empreendimento nanotecnológico, a participação dos atores sociais externos à comunidade de pesquisa e à tecnocracia estatal e os retornos sociais provenientes dos investimentos públicos nessa atividade.

No encaixe dessa tarefa, levamos em conta as principais contribuições analítico-metodológicas apresentadas na seção 2.4 do capítulo anterior. Além disso, a descrição da experiência histórica da PCT brasileira feita ao longo do segundo capítulo serve de referencial para a verificação de regularidades, desvios, vícios e virtudes da política em foco.

Para tanto e diante da complexidade que envolve o ciclo de uma política, seja pelo número e categoria de atores envolvidos, ou mesmo pela divergência de visão acerca do problema da agenda, optamos por analisar o conteúdo explícito da política, os procedimentos de execução, as estratégias e diretrizes presentes. Além disso, realizamos um mapeamento dos atores e redes envolvidos de forma deliberativa e executiva na *Policy*. Na próxima seção detalhamos as etapas metodológicas percorridos na análise.

3.1 ASPECTOS METOLÓGICOS DA ANÁLISE

Nos capítulos anteriores levamos a cabo uma ampla discussão acerca dos *imbróglis* que permeiam a introdução e o desenvolvimento de políticas para novas tecnologias, buscando explicitar temas recorrentes no universo da tecnociência que acabam demandando atenção especial dos pesquisadores, sobretudo das ciências humanas e sociais. No caso das N&Ns, buscamos destacar como essas questões tornam-se ainda mais problemáticas; primeiro porque se tratam de áreas inter ou transdisciplinares, o que aponta para a necessidade de maior colaboração entre pesquisadores e gestores; segundo porque os riscos previstos na gama de inovações possíveis através delas podem ser de consequências globais e de controle negligenciável; e terceiro, porque suas políticas se encontram em um ambiente cujo foco na empresa parece flexibilizar os debates acerca dos marcos regulatórios.

Tendo em vista essas características e considerando o desenvolvimento constante desde 2001 de um Programa Brasileiro de Nanotecnologia (doravante PBNano), a partir de agora nosso estudo busca contemplar os seguintes objetivos específicos: a) analisar a orientação da política, verificando o papel atribuído ao histórico gargalo da interação universidade-empresa e o reflexo desse em termos de promoção da competitividade da empresa nacional; b) destacar as instâncias decisórias, sua visão de futuro e seus reflexos na operacionalização das políticas; e c) descrever se e como a questão do risco e a participação social aparecem nos textos oficiais. A fim de atingir esses objetivos, verificar a hipótese inicial de que é a comunidade de pesquisa quem possui o poder de determinar os rumos da política, e caminhar para o encontro do objetivo central da tese que trata da análise do

ambiente decisório das políticas de N&N no Brasil, trabalhamos com a seguinte sequência metodológico-analítica.

Primeiro, para analisar a orientação da política, verificamos detalhadamente o conteúdo de todas as ações do MCT e do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) que focam a N&N, contrastando com a efetiva execução no âmbito do CNPq e da FINEP. Tais informações constam nos macroprogramas da política industrial, tecnológica e de desenvolvimento brasileira e nos subprogramas de desenvolvimento científico tecnológico⁶⁹. As questões fundamentais que orientaram essa tarefa foram:

- Qual é o conteúdo do discurso acerca da N&N presente nos programas de desenvolvimento brasileiro? O que se espera, oficialmente, dessas atividades?
- Que instrumentos foram propostos para atingir os objetivos das políticas?
- Quais setores estiveram envolvidos no processo de formulação e implementação das políticas para a N&N no Brasil⁷⁰?

Nessa fase também analisamos o volume e a qualidade dos financiamentos de pesquisa levados a cabo pelo CNPq no período 2000-2010 e pela FINEP entre 2004 e 2010. Isso nos forneceu pistas sobre as áreas que mais têm sido foco das políticas executadas pelo governo. Além disso, fizemos uma avaliação da comunidade de pesquisa (comitês avaliadores, coordenadores de pesquisa, etc.) envolvida nos projetos em diversas áreas, contrastando essas informações com a arquitetura das instâncias decisórias (oficiais) do SINDCT. Aqui a questão fundamental investigada foi: Como os diversos atores (participantes dos comitês científicos, pesquisadores, ocupantes de cargos estratégicos, líderes de grupos de pesquisa) que compõem a densa teia da formulação e execução do PBNano se interconectam (participam, decidem) nas arenas decisórias e quais são os interesses existentes?

À luz dessas informações, nos apropriamos das reflexões analíticas apresentadas no capítulo anterior para verificar: a) a existência ou não de problemas típicos de relações de agenciamento, sobretudo no que se refere à relação entre conteúdo das políticas e agendas de pesquisa; e b) o papel da comunidade de pesquisa que se organiza sob a forma de rede social capaz de permeiar o Estado.

Quanto ao problema da relação universidade-empresa, os dados da Finep mostram quais as empresas que receberam recursos dos fundos setoriais para desenvolver projetos na área em voga. Além disso, os dados de inovação do INPI para a área de nanotecnologia mostram o volume de patentes de empresas nacionais (em parceria ou não com as universidades) e estrangeiras depositadas ao longo desses anos. Isso forneceu pistas sobre a eficácia da política de aproximação entre estes atores.

Quanto aos temas do gerenciamento dos riscos e da participação social, voltamos novamente à análise do conteúdo *stricto sensu* das políticas. Verificamos então se e como esses temas aparecem nos textos e qual o desdobrando em ações práticas durante a fase de execução. Já a questão da participação social, esta foi verificada através da composição dos

⁶⁹ As informações desses programas foram obtidas através de várias edições do Diário Oficial da União e dos documentos oficiais disponibilizados pelo governo brasileiro, através das páginas eletrônicas dos referidos ministérios.

⁷⁰ Existem pelo menos quatro setores envolvidos com a formulação e implementação das PCTs: comunidade científica (ou de pesquisa), setores empresariais, setor governo (executivo e tecnocracia) e sociedade civil organizada.

comitês científicos, instâncias decisórias e de coordenação, dos gestores dos projetos e das diversas ações no âmbito do PBNano.

Antes de iniciar a análise *stricto sensu* do conteúdo das políticas ao longo dos anos 2000, momento em que a N&N se materializa gradativamente enquanto componente estratégico das ações em C&T no Brasil, apresentamos a seguir uma breve seção onde descrevemos a atual estrutura do SNDCT. Tendo em vista o papel que se atribuiu à inovação no fim dos anos 1990 e início dos 2000 e devido à sua forte presença nas atuais PCTs, passamos agora a tratar esse Sistema, em consonância com os escritos do próprio MCT, de Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCT&I). Vale destacar que a Medida Provisória 541, de 03 de Agosto de 2011, mudou o nome do MCT para Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Assim, para homogeneizar a linguagem, passaremos a tratar PCT como PCT&I, incluindo definitivamente a inovação.

3.2 O ATUAL SISTEMA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

Discriminar todos os atores que fazem parte do SNCT&I é uma tarefa complexa, já que são muitas instituições que, direta ou indiretamente, participam dos esforços em ciência, tecnologia e inovação no Brasil. Mas algumas delas são detidamente responsáveis pela formulação e pela execução das políticas explícitas, entre as quais destacamos o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), o Ministério da Educação (MEC) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O MCTI é o órgão que concentra a maior parte do aparato institucional da PCT&I no Brasil. Nele, horizontalmente, estão ligados o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e o Conselho de Coordenação das atividades de Meteorologia, Climatologia e Hidrologia (CMCH). Cabe destacar também que, entre a Presidência da República e o MCTI, está o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, o qual, de acordo com o Artigo 1º da Lei nº 9.257, de 09 de janeiro de 1996, é o órgão de assessoramento superior do Presidente da República para a formulação e a implementação da política nacional de desenvolvimento científico e tecnológico.

O Quadro 14 abaixo representa as diversas instituições subordinadas (ligadas verticalmente) ao MCTI que compõem o aparato fundamental do SNCT&I.

Quadro 14 - Instituições do SNCT&I ligadas ao MCTI

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	
Órgãos de assistência direta e imediata ao Ministro de Estado	Secretaria executiva
	Gabinete do Ministro
	Assessoria de assuntos internacionais
	Consultoria jurídica
Órgãos específicos singulares	Secretaria de Desenvolvimento tecnológico e inovação
	Secretaria de C&T para Inclusão social
	Secretaria de política de informática
Unidades Descentralizadas	Representação Regional do Nordeste
	Representação Regional do Sudeste
Agências	Financiadora de Estudos e Projetos
	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
	Agência Espacial Brasileira
	Comissão Nacional de Energia Nuclear

Fonte: Elaboração própria, inspirado em CGEE (2010).

O sistema de pesquisa do MCTI é composto por vários centros, laboratórios e institutos a ele ligados diretamente, tais como o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Nacional de Tecnologia (INT), o Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste (CETENE), o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), entre outros. No que concerne às agências de fomento, como destacado no Quadro acima, estão o CNPq e a Finep. O CNPq é o órgão oficial de apoio à pesquisa nas universidades brasileiras, que congregam a maior força científica e tecnológica do País. A Finep se destaca enquanto principal articuladora das fontes de fomento à pesquisa brasileira e é responsável pela gerência do FNDCT e dos fundos setoriais. Vale destacar que o FNDCT também sustenta parte das iniciativas das Fundações Estaduais de Fomento à Pesquisa (FAPs) que aparecem como unidades descentralizadas do sistema.

O MDIC é o responsável pela formulação e implementação da política industrial e de desenvolvimento do País, conectando-se às ações do MCTI, incentivando, principalmente, o desenvolvimento tecnológico do setor empresarial e a promoção das exportações. Os órgãos mais relevantes para o desenvolvimento científico e tecnológico ligados a este ministério são a Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). A ABDI tem a função de promover a execução da Política Industrial do Brasil, em consonância com as políticas de Comércio Exterior e de Ciência e Tecnologia, sobretudo no que se refere à inserção da empresa nacional em posição de competitividade internacional. Ao Inmetro, no que tange à sua função no âmbito da C&T, cabe alinhar o desenvolvimento tecnológico nacional aos padrões internacionais de metrologia. Já o BNDES tem a função de, juntamente com a Finep, financiar o avanço científico e tecnológico das empresas nacionais, com destaque para a gerência do Funtec.

O MAPA participa da C&T brasileira através das diversas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do apoio que oferece às diversas instituições estaduais de pesquisa agropecuária.

O MEC cumpre o histórico papel de subsidiar o desenvolvimento de recursos humanos voltados para o fazer científico e tecnológico do País, em especial através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes).

No que tange especificamente à gerência das atividades na área de nanotecnologias, o MCTI conta, em sua Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, com a Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias. Já o MEC, através da Capes, tem a área de nano apoiada diretamente através da Diretoria de Programas Especiais. No caso do MDIC e do MAPA, não conseguimos destacar nenhuma estrutura específica para a N&N, já que as iniciativas nessa área aparecem nas diversas ações nos vários órgãos e setores que compõem esses ministérios.

3.3 *POLICY*: AS POLÍTICAS EXPLÍCITAS PARA N&N NO BRASIL

3.3.1 Os Macroplanos da Política Brasileira de Nanotecnologia

Desde 2001 o governo brasileiro investe no financiamento de projetos e redes de pesquisa, juntamente com a criação de infraestrutura laboratorial⁷¹, para a prática da nanociência e o desenvolvimento de nanotecnologias. Várias empresas, sobretudo estrangeiras, já possuem pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), o que denota uma predisposição para a criação de um sistema de inovação pautado em N&N no Brasil.

Ao final do primeiro capítulo, apresentamos um quadro (Quadro 7) que destacou os principais eventos acerca das atividades de N&N no Brasil, no que se refere às políticas públicas explícitas para o setor. Foram ali elencados: a) em 2003, o Programa “Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia”; b) em 2005, o Programa Nacional de Nanotecnologia, no âmbito da PITCE; e c) em 2008, o Programa Nacional de Desenvolvimento Produtivo (PDP), onde nanotecnologia e nanociência apareceram como componentes estratégicos para o desenvolvimento da produção nacional. Na execução desses planos, é possível observar um conjunto de ações levadas a cabo através do CNPq e da Finep, que aparecem como as principais iniciativas nacionais em N&N.

A primeira vez em que a nanotecnologia apareceu num documento público foi no Plano Plurianual (PPA) 2000-2003, compondo o Macroobjetivo 12 que visava à ampliação da capacidade de inovação, através do “Programa de expansão e consolidação do conhecimento científico e tecnológico”. É neste Programa que aparece como meta a implantação do Centro de Referência em Nanotecnologia, com a finalidade de “criar competência nacional nesta área”. Interessante notar que o principal objetivo daquele Programa era o de “ampliar e ajustar a base técnico-científica do país às necessidades do mercado de conhecimento e de serviços em ciência e tecnologia”. A execução desse programa estava a cargo tanto do MDIC quanto do MCT (BRASIL, 2000).

Todavia, a primeira ação efetiva (execução), para além do planejamento subsidiado por documentos e retórica, ocorreu no ano de 2001, quando foi lançado o Edital CNPq Nano nº 01/2001 que previa a constituição de redes de pesquisa em nanotecnologia, com orçamento de três milhões de reais. Nesse edital, a criação das redes aparece com os seguintes objetivos:

⁷¹ Exemplo disso é o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, sediado na cidade de Campinas (dentro da Unicamp), financiado pelo governo brasileiro e vinculado ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT).

a) dar início a um processo de criação e consolidação de competências nacionais (na área de N&N); b) identificar grupos ou instituições de pesquisa que estivessem desenvolvendo, ou em vias de desenvolver, projetos nessa área e; c) estimular a articulação desses grupos e instituições com empresas potencialmente interessadas e atuantes no setor (BRASIL, 2001b).

Esse edital foi fruto de uma reunião de trabalho realizada em novembro de 2000 com o objetivo de tratar as “Tendências em Nanociências e Nanotecnologias”. Nessa ocasião, reuniram-se o então presidente do CNPq, Prof. Evando Mirra, o Diretor de Programas Horizontais e Instrumentais do CNPq, Prof. Celso Pinto de Melo, o Secretário de Políticas e Programas do MCT, Prof. Esper Cavalheiro, e mais 32 pesquisadores convidados de diversas instituições e algumas áreas do conhecimento, em geral de física, química e engenharia de materiais⁷².

Nessa reunião, foi indicado um grupo de articulação (comitê) para elaborar as bases de um Programa Nacional de P&D em Nanociências e Nanotecnologias. Esse grupo elaborou um documento preliminar⁷³ para discussão, apontando as diretrizes para o PBNano. O documento deixava claro que até o ano de 2000 não havia registros de nenhum programa de N&N sendo fomentado pelo governo federal ou por governos estaduais. Na ocasião, os temas estratégicos selecionados pelo comitê para os estudos da área foram: a) Nanodispositivos, nanossensores e Nanoeletrônica; b) Materiais nanoestruturados; c) nanoquímica e nanobiotecnologia; d) nanoescala e meio-ambiente; e e) nanometrologia.

No final do documento, o comitê deixou claro que os investimentos em N&N se justificavam pela necessidade de colocar o País na fronteira da competitividade internacional, numa área que ainda afluía enquanto vanguarda de pesquisa no mundo. Algumas sugestões do comitê para as atividades a serem desenvolvidas no Brasil merecem destaque:

- Articulação, pelo MCT/CNPq, de uma comissão multidisciplinar, multiagência (ou multiministerial) para acompanhamento da implantação do Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia;
- Criação de um “consenso” na comunidade científica e fora dela (na sociedade de forma geral) do importante papel que a nanociência e a nanotecnologia representavam para o País nos próximos anos, explicitando seu impacto social e econômico;
- Identificação de atores-chave na área industrial e da inserção da N&N no panorama de fomento à pesquisa aplicada no País através dos fundos setoriais;
- Criação de Centros e Redes de Excelência na área;
- Implantação de um Instituto do Milênio, como Instituto Nacional do MCT, em N&N; e
- Implantação de infraestrutura nacional, flexível, multiusuário, bem como de infraestruturas regionais em consonância com centros e redes de excelência.

Ainda em 2001, no âmbito das ações do CNPq, foram disponibilizados recursos para a criação de quatro Institutos do Milênio na área de nano. Os Institutos do Milênio eram Institutos virtuais criados para patrocinar pesquisas científicas de excelência em áreas estratégicas para o desenvolvimento do País no âmbito do Terceiro Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT III⁷⁴). Os Institutos contaram com um

⁷² Na seção 3.4 empreendemos uma análise sobre o papel dessa reunião para os rumos da N&N no Brasil.

⁷³ O documento pode ser acessado na íntegra através do endereço eletrônico que arquiva a memória das ações do CNPq durante os anos 2000. Veja: http://memoria.cnpq.br/servicos/editais/ct/res_nanociencias.htm

⁷⁴ Os PADCTs contam com o apoio e o financiamento do Banco Mundial.

orçamento de cerca de R\$ 22,5 milhões. As propostas aprovadas à época foram: Instituto do Milênio de Materiais Complexos; Instituto de Nanociências; Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microssistemas e Nanoeletrônica e Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos.

Em 2002, a CAPES entrou na cena do PBNano no Brasil. Em setembro daquele ano, lançou o Programa Nacional de Nanotecnologia com o objetivo de conceder bolsas de Doutorado na área. A proposta piloto foi realizada pelo LNLS, disponibilizando, naquele ano, seis bolsas. Os projetos financiados estavam todos ligados às atividades realizadas no âmbito daquele Laboratório. Para além desse programa piloto, não encontramos nenhum outro programa específico promovido pela Capes ao longo desses anos.

Em maio de 2003, o MCT, através da Portaria nº 252, criou o Grupo de Trabalho que desenvolveu a proposta do Programa de Desenvolvimento de Nanociência e Nanotecnologia (doravante PDN&N) para o PPA 2004-2007. O objetivo explícito no Programa era criar e desenvolver novos produtos e processos em Nanotecnologia, implementando-os para aumentar a competitividade da indústria nacional e capacitando pessoal para o aproveitamento das oportunidades econômicas, tecnológicas e científicas da Nanotecnologia. As áreas consideradas na proposta do GT foram: nanofabricação, nanometrologia, materiais nanoestruturados, nanotecnologia funcional, energia, nanotecnologia molecular, nanoagregado, funcionalização de materiais e *software* (BRASIL, 2003)

O PDN&N propunha altos investimentos em recursos humanos, inclusive promovendo a inserção internacional, destacando o papel dos grupos e redes de pesquisa já consolidados no país. A inserção internacional aparece no documento como forma de “combinar, sempre que possível, os novos conhecimentos com a efetiva possibilidade de sua aplicação a problemas claramente identificados, aos quais a Nanotecnologia possa dar uma resposta”. A Capes é destacada como instituição adequada para promover a criação de cursos de pós-graduação multidisciplinares e multi-institucionais. Há destaque também para a inclusão de disciplinas na área de nanotecnologia nos cursos de graduação, sobretudo nos cursos das áreas de química, física, engenharia e biologia. Além disso, o documento aponta para a necessidade de incluir e atualizar os cursos técnicos na direção das nanotecnologias.

Ainda de acordo com o documento, os principais gargalos para o desenvolvimento das atividades de N&N no Brasil estavam situados na infraestrutura de pesquisa, devido a problemas de instalação e manutenção de equipamentos. Assim, outro objetivo explícito no PDN&N era a viabilização da manutenção constante destes, visando incrementar sua utilização em condições mais adequadas e competitivas. Além disso, um conjunto de objetivos específicos foi proposto no Programa, a saber:

- Geração de novos conhecimentos;
- Desenvolvimento tecnológico e inovação, capacitando o País para a competição em nível internacional;
- Formação de recursos humanos em alta tecnologia, capacitando gestores, pesquisadores, engenheiros e trabalhadores para o aproveitamento das oportunidades abertas pela Nanotecnologia;
- Formação e manutenção de uma rede nacional de laboratórios, associados em torno de objetivos de pesquisa, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia;
- Execução de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), enfatizando a interação e sinergia entre os laboratórios de pesquisa e o setor produtivo;

- Agregação de valor e tecnologia a produtos industriais, do agronegócio e serviços, criando empregos qualificados em números significativos; produção industrial que incorporasse conceitos, conhecimentos, descobertas e desenvolvimentos da Nanotecnologia;
- Criação de empresas inovadoras, modernização e aumento de competitividade de empresas e aumento da participação brasileira na economia global;
- Atualização curricular de cursos nas áreas afins a Nanotecnologia; e
- Informação da sociedade sobre os impactos da Nanotecnologia na vida do cidadão, as novas oportunidades e os riscos de obsolescência que criaria para produtos e processos atuais.

Em março de 2004, foi lançada a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), que trazia consigo as orientações do PPA 2004-2007. Organizada em torno de três planos, a política apresentava o objetivo explícito de aumentar a eficiência produtiva da indústria nacional, sobretudo através da inovação e da diferenciação de produtos e serviços. Neste íterim, a nanotecnologia integrou o plano de desenvolvimento das “atividades portadoras de futuro” e suas ações foram, sobretudo, executadas no âmbito da Finep.

Dando continuidade ao planejamento e a institucionalização, a Portaria MCT nº 614, de 1º de dezembro de 2004 instituiu a Rede BrasilNano como um dos elementos do PDN&N em consonância com a PITCE (BRASIL, 2004b). Composta por redes temáticas de duração de até quatro anos, os recursos para sua sustentação foram vinculados a chamadas anuais de projetos, cujas rubricas constavam no orçamento do PPA. De acordo com aquela Portaria, a finalidade da Rede era fomentar o avanço científico-tecnológico e de competitividade internacional da ciência, tecnologia e inovação brasileiras, o desenvolvimento regional equilibrado, a interação entre centros de pesquisa públicos e privados e empresas. No seu Artigo 2º, fez-se menção à promoção de estudos sobre os impactos em políticas públicas, éticos ou ambientais provenientes das nanotecnologias.

Em agosto de 2005, foi lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN) como programa estratégico da Presidência da República e ligado às diretrizes da PITCE. O Programa nasce com o objetivo de atender às demandas estratégicas identificadas pela comunidade envolvida com o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia, tendo a ciência e a tecnologia como bases sólidas do desenvolvimento sustentado do País. O aporte de recursos para o Programa esteve vinculado à execução financeira do FNDCT e às ações dos fundos setoriais, onde esperava-se o investimento da ordem de 70 milhões de reais entre 2005 e 2006. As áreas selecionadas foram: Jovens Pesquisadores; Programa de Laboratórios Nacionais; Programa de Laboratórios Estratégicos; Cooperação entre Empresa e Instituições de Pesquisa; Programa de Redes de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação; Cooperação Internacional; Incubadoras de Empresas; e Editoração de Material de Divulgação da Nanotecnologia⁷⁵.

No discurso de lançamento do Programa, o então presidente Lula destacou a relação direta entre o PNN e a PITCE, e a necessidade de cooperação interministerial na execução do mesmo. Destacam-se no discurso as seguintes palavras:

⁷⁵ As informações sobre o programa, bem como um histórico das ações do MCT na área de N&N podem ser obtidas na *homepage* do MCT, através do Link: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/77609.html>

Meus amigos e minhas amigas,

Ao contrário de tempos passados, quando o poder de um país decorria exclusivamente de seu poderio militar, de suas riquezas naturais ou de sua extensão territorial, hoje poderosos são, sobretudo, aqueles que detêm conhecimento técnico-científico.

São esses os países mais capazes de decidir sobre o seu destino, de soberanamente defender seus interesses nas mesas de negociação internacionais e de melhor buscar a justiça social. E, certamente, é este o Brasil em que nós estamos e queremos construir⁷⁶.

A Tabela abaixo resume os investimentos feitos no âmbito da PITCE na área de N&N, destacando sua distribuição regional.

Tabela 4 - Recursos investidos pelo MCT na área de N&N, 2001-2008

ANO	RECURSOS em R\$ mil	Investimento por Região*				
		Centro- Oeste	Norte	Nordeste	Sul	Sudeste
2001	25.468	-	-	-	-	-
2003	11.652	-	-	-	-	-
2004	17.515	-	-	402,50	641,24	4.224,08
2005	60.300	3.074,07	15,00	8.948,96	6.553,96	18.279,92
2006	28.400	516,10	50,00	1.420,52	5.814,39	18.277,20
2007	57.700	7.363,71	136,65	7.298,23	6.893,20	32,237,53
2008	27.200	-	-	-	-	-

Fonte: Relatório Nanotecnologia: Investimentos, resultados e demandas (BRASIL, 2006) e Relatório Analítico do Programa de C,T&I para Nanotecnologia (BRASIL, 2009). *Somente apoio a projetos selecionados por editais.

No início de 2008, o governo federal, através do MDIC, apresentou a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP). Nela, as nanotecnologias compunham um dos programas estruturantes para o sistema produtivo, que previa a mobilização de áreas estratégicas, tais como: Nanotecnologia e Biotecnologia, Energia, Indústria da Saúde e Tecnologias da Informação. Os objetivos apresentados para a área de nanotecnologia foram: a) criação de grupo de trabalho, com especialistas e setor privado, para seleção de produto ou família de produtos finais passíveis de fabricação no Brasil; b) financiamento e capitalização para formação, diversificação ou ampliação da capacidade instalada de empresas, consórcios e/ou *joint-ventures*; c) desenvolvimento de nichos de mercado com potencial de competitividade em materiais, eletrônicos, médico e farmacêutico, equipamentos e ferramentas e tecidos nanoestruturados; e d) ampliação do acesso da indústria aos desenvolvimentos da nanotecnologia (BRASIL, 2008a).

Cabe ressaltar que a execução do PBNano se deu quase exclusivamente através dos editais de fomento do CNPq e Finep, sendo que a primeira instituição teve mais peso. De 2001 a 2010, mapeamos 20 editais do CNPq com recursos específicos destinados à projetos na área de nanotecnologias. Além desses, várias outras chamadas como, por exemplo, editais universais, editais do Programa Sul-Americano de Apoio às Atividades de Cooperação em Ciência e Tecnologia, entre outros, tiveram projetos aprovados na área de nano. Já na Finep, encontramos nove editais, quatro específicos para financiamento de pesquisa em N&N e cinco editais onde nanotecnologia e nanociência disputavam recursos com outras áreas. Na seção seguinte fazemos uma análise desses editais.

⁷⁶ Discurso do então Presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, na cerimônia de lançamento do Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia. Campinas – São Paulo, 19 de agosto de 2005

3.3.2 Os editais de pesquisa e fomento e a execução da política

Dos 20 editais lançados pelo CNPq no período de 2011 a 2010, 14 tinham as atividades de N&N como objeto principal e seis traziam a N&N como área passível de financiamento. Através dos editais, foram financiados mais de 400 projetos, dos quais cerca de 230 foram desenvolvidos por “jovens pesquisadores”. No Quadro 15 abaixo destacamos os temas recorrentes nos diversos editais do CNPq, bem como os principais objetivos listados.

Quadro 15 - Objetivos dos Editais do CNPq para a área de N&N, 2001-2010

TEMAS-ÁREAS	OBJETIVOS
Competitividade	a) Expandir e consolidar infraestrutura laboratorial em nanotecnologia; b) Inserir mestres ou doutores em empresas, prioritariamente de pequeno e médio porte; b) Apoiar processos de incubação e pré-incubação de empresas com foco específico no desenvolvimento de produtos e processos inovadores baseados em N&N com vistas à aplicação comercial e/ou social.
Colaboração	a) Constituir e consolidar Redes cooperativas integradas de pesquisa básica e aplicada; b) Apoiar jovens pesquisadores com até cinco anos de doutorado, vinculados a centros de pesquisa sem fins lucrativos ou em estreita cooperação com grupos no país já envolvidos com essas áreas; c) Fomentar a cooperação internacional em projetos conjuntos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação com a França; d) Viabilizar a aquisição de equipamentos multiusuários, para pesquisas em nanotecnologia; e) Acelerar o processo de desenvolvimento cooperativo e comercialização de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, por meio da articulação entre Instituições Científicas e Tecnológicas e empresas.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações contidas nos editais de fomento do CNPq.

É interessante notar que os editais do CNPq seguem linearmente as diretrizes apontadas pelos macroplanos, o que mostra uma coerência entre a fase de planejamento e de execução das atividades. Vejamos também que os objetivos e objetos dos editais têm ligação direta com sua respectiva fonte orçamentária. Como exemplo, destacamos o edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003 que objetivava financiar projetos de pesquisa cooperativa entre redes de pesquisa e o setor produtivo. Esse edital teve como principal fonte orçamentária o “Fundo Verde-Amarelo”, um Fundo Setorial cuja principal diretriz é exatamente a de promover a aproximação entre as instituições de pesquisa e as empresas.

A fim de fomentar essa aproximação, ainda em 2003, o MCT, através de vários fundos setoriais da Finep, disponibilizou recursos para desenvolvimento de projetos em N&N nos seguintes editais: CT-Petro/CNPq nº 01/2003, CT-Energ/CNPq nº 01/2003 e CT-FVA/CNPq nº 01/2003. Respectivamente, os editais buscavam apoiar projetos de pesquisas básica, aplicada ou de desenvolvimento tecnológico que possibilitassem a geração de conhecimento novo e suas possíveis aplicações nas áreas temáticas para o setor de petróleo e gás natural; financiar projetos de pesquisa nas áreas de Materiais Avançados, Nanotecnologia, Plasma, Supercondutividade e Fusão Nuclear cujos resultados demonstrassem possuir potencial

aplicação no setor de energia elétrica; e, por fim, estimular a cooperação de universidades ou centros de pesquisa com empresas públicas ou privadas nas áreas de nanotecnologia e materiais avançados.

As fontes orçamentárias dos editais foram diversas, com destaque para os recursos disponibilizados pelos fundos setoriais. Dos 14 editais, sete utilizaram recursos dos seguintes fundos: CT-FVA, CT-BIOTEC, CT-Petro e Ações Transversais. Além dos fundos, os recursos foram provenientes dos orçamentos do PDN&N do PPA-2004-2007, das cifras disponibilizadas pelas ações previstas no Programa 1388 (Ciência, Tecnologia e Inovação) da PITCE e dos recursos específicos do MCT previstos no PPA 2008-2011 e na Lei Orçamentária Anual de 2010. O total de recursos previstos nesses editais soma, aproximadamente, 65 milhões de reais⁷⁷.

Das áreas financiadas pelos editais, o setor industrial apresentou maior peso, principalmente a indústria química, de materiais e de componentes eletrônicos. No Quadro 16 a seguir estão listadas as áreas prioritárias selecionadas na execução da política.

Quadro 16 - Áreas estratégicas em N&N selecionadas nos Editais do CNPq, 2001-2010

ÁREAS ESTRATÉGICAS
a) Nanobiotecnologia, sensores, materiais nanoestruturados e materiais nanomagnéticos;
b) Materiais avançados, plasma, supercondutividade e fusão nuclear com aplicação nos setores de energia elétrica, petróleo e gás natural;
c) Cadeia produtiva do agronegócio, incremento da produtividade agrícola, detecção e/ou vetores e pragas;
d) Setor de pigmentos de tintas, setor têxtil;
e) Saneamento básico e recursos hídricos, tratamento de água e/ou remediação ambiental, redução e/ou tratamento da poluição;
f) Cosméticos, liberação controlada de fármacos, monitoramento e/ou diagnósticos em saúde; e
g) Estudos voltados aos impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações contidas nos editais de fomento do CNPq.

No que concerne especificamente aos estudos sobre aspectos éticos, sociais e ambientais do desenvolvimento da N&N, preocupação fundamental do escopo de nosso estudo, cabe destacar que esses temas apareceram pioneiramente e de forma direta no edital MCT/CNPq nº 013/2004 e marginalmente nos editais MCT/CNPq 028 e 029/2005, 042/2006, 09/2007 e 074/2010. No edital 013/2004, o objetivo era financiar propostas de estudos voltados para os impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil que gerassem e difundissem informações ao público. Cabe destacar que a partir de 2004 os editais que focaram em outras áreas estratégicas trouxeram, em geral, o componente “g” do Quadro 16 acima.

A maioria dos editais do CNPq caracteriza a nanotecnologia como uma “fronteira transdisciplinar com fortes características multi e interdisciplinares” num estágio ainda emergente. Em muitos casos, os editais continuam um elemento de descentralização regional, prevendo que ao menos 30% dos recursos fossem investidos nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do País em projetos de desenvolvimento científico, tecnológico e da inovação

⁷⁷ A previsão orçamentária consta nos textos dos editais. Porém, a execução das cifras pode não ocorrer o que implica em redução do valor apresentado. Por outro lado, existe a possibilidade de aditamento dos editais, o que implica num aumento do valor previamente orçado. No entanto, a primeira situação é a mais freqüente.

regional. Apuramos que isso resultava de uma exigência legal da fonte de financiamento, no caso os fundos setoriais, e não de uma peculiaridade do PBNano.

Ainda sobre a dinâmica dos editais, cabe destacar como é feito o processo de seleção das propostas. Em geral elas são avaliadas, num primeiro momento, por um grupo de consultores que verifica a adequação dos projetos aos diversos requisitos dos editais (temáticos, legais e institucionais) e, em um segundo momento, é feita a seleção por mérito, levando-se em consideração critérios de qualidade do pesquisador e da proposta, contribuição para o desenvolvimento nacional, entre outros. Os comitês são formados por pesquisadores de notória competência designados pela Presidência do CNPq. Assim, tem-se nessa dinâmica o processo de revisão por pares (*peer-review*), ou seja, pesquisadores avaliando pesquisadores.

Da mesma forma que os editais do CNPq, as chamadas de projetos da Finep também seguiram as proposições dos diversos planos. Isso também denota coerência entre as fases de planejamento e execução das políticas de N&N no Brasil. No quadro a seguir, notamos as semelhanças entre os temas/áreas financiadas pelo CNPq e pela Finep. A diferença central é que o foco da primeira esteve em grande medida na formação de recursos humanos e na consolidação de linhas e grupos de pesquisa; já no caso da Finep buscou-se, mais uma vez, promover a aproximação entre os pesquisadores das universidades e dos centros de pesquisa e as empresas nacionais.

Quadro 17 - Temas e Objetivos dos Editais da Finep para a área de nanotecnologia

TEMAS-ÁREAS	OBJETIVOS
Competitividade	a) Desenvolver novos produtos, processos ou prestação de serviços baseados em nanotecnologia, em todo o território nacional; b) Compartilhar custos, diminuindo o risco tecnológico da inovação e estimulando a ampliação das atividades de inovação no universo empresarial; c) Estimular a ampliação e o adensamento das atividades de inovação; e d) selecionar propostas visando o apoio financeiro a projetos de pesquisa aplicada ao desenvolvimento de novos produtos e/ou protótipos industriais, processos ou serviços baseados em nanotecnologia.
Colaboração	a) Cooperação entre empresas públicas ou privadas e grupos de pesquisa atuantes na área; b) Cooperação entre empresas brasileiras, grupos de empresas brasileiras ou consórcio de empresas brasileiras formalmente constituído e Instituições Científicas e Tecnológicas – ICTs, atuantes na área; e c) Selecionar empresas localizadas no território brasileiro interessadas em obter subvenção de apoio à inserção de novos pesquisadores, titulados como mestres ou doutores, em atividades de inovação tecnológica nas empresas.
Áreas Estratégicas	Microeletrônica e Nanoeletrônica, indústria de <i>hardware</i> para as tecnologias de informação, comunicação, eletroeletrônica, automação e correlatas.

Fonte: Elaboração própria a partir das informações presentes nas chamadas de fomento da Finep.

Entre 2004 e 2010, a Finep lançou dez chamadas públicas na área de nanotecnologia, sendo cinco específicas e cinco envolvendo diversas áreas, inclusive N&N. Os editais da Finep financiaram aproximadamente 60 projetos de pesquisa e movimentaram recursos da

ordem de 30 milhões de reais, somente nos editais específicos para a área de nanotecnologia⁷⁸.

Interessante notar que a Finep é executora de ações do PPA. Entre suas atividades, executou parte do Programa 1388 da PITCE. Todas as chamadas estiveram vinculadas à Ação 6225 - Fomento a projetos Institucionais de pesquisa e Desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia -, cuja finalidade é fomentar a pesquisa e a inovação tecnológica no setor de nanotecnologia bem como solucionar ou atenuar impactos sociais associados às atividades do setor (Finep, 2008). No entanto, não encontramos nos relatórios de gestão da Finep nenhuma proposta aprovada que tivesse ligação direta com estudos sobre impactos.

3.3.3 Análise da orientação da política

Analisando todo o ciclo da política de nanotecnologia no Brasil, percebemos que foi naquela reunião pioneira de novembro de 2000 que se formatou o protótipo daquilo que se tornou o atual PBNano, tendo em vista que as orientações do “Documento Preliminar”, já citado, serviram de inspiração para todas as ações posteriores do governo brasileiro. Dentre as principais conclusões tiradas naquela reunião destacamos:

[...] envolver a formação de recursos humanos para consolidar a pesquisa básica em nanociências, e buscar uma interação com o setor produtivo, garantindo assim um impacto social, particularmente no âmbito das nanotecnologias. Deve ficar bastante claro o caráter altamente inovador e multidisciplinar da área, e o conseqüente longo prazo para a maturação das tecnologias e o retorno do investimento [...]. O programa deve atuar de forma disseminadora no processo educacional em seus diversos níveis, de modo a formar uma consciência em nanociência e nanotecnologia. No delineamento do programa, outros setores da sociedade deverão ser chamados a contribuir, como o MEC, o setor industrial através da CNI, ANPEI entre outras associações e sociedades interessadas no desenvolvimento científico e tecnológico e as Secretarias Estaduais de C&T⁷⁹ (BRASIL, 2001a).

Na passagem acima fica evidente a orientação do PBNano, qual seja, a de promover a aproximação entre empresa e universidade, garantindo o fomento à pesquisa básica. Os pesquisadores da reunião também expressaram preocupação em tornar a nanotecnologia um assunto notório para a sociedade brasileira, o que se daria através da inclusão do tema nos mais diversos níveis educacionais.

A essa altura cabe uma observação inicial acerca do que consideramos como a primeira negligência do PBNano: o foco específico na competitividade. Como pode ser percebido, desde 2000 fala-se em envolvimento de outros setores “interessados no desenvolvimento científico e tecnológico”. E quais seriam esses setores? Pelo documento, seriam os pesquisadores da área, o setor industrial, as empresas inovadoras e as instituições educacionais. Em 2000, a N&N é vista como instrumento de competitividade e isso se reflete no Programa de expansão e consolidação do conhecimento científico e tecnológico do PPA 2000-2003.

⁷⁸ Os dados acerca do real investimento na área de nanotecnologia são de difícil visualização nos relatórios da FINEP, tendo em vista a grande quantidade de chamadas agregadas. Sendo assim, os números aqui apresentados podem variar para mais ou para menos.

⁷⁹ CNPq Memória. Disponível em: http://memoria.cnpq.br/noticias/noticias05_040401.htm, Acesso em: 21 de maio de 2011.

Como já dito, o resultado prático da reunião de 2000 foi o edital 01/2001 do CNPq que deu o início ao financiamento das redes de pesquisa cooperativas. À época, o edital recebeu 28 propostas e aprovou 12, que foram agrupadas em quatro redes, a saber: Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia (Nanobiotec), Materiais Nanoestruturados (Nanomaterials), Rede Cooperativa para Pesquisa em Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados (Nanoseminat) e Renami (Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces), abrangendo as áreas de física, química, matemática, medicina, biologia, engenharias, ciências dos materiais e tecnologia da informação. Entre 2002 e 2005, as quatro redes juntas envolveram cerca de 300 pesquisadores, 77 instituições de ensino e pesquisa e 13 empresas, publicaram mais de mil artigos científicos e depositaram 90 patentes (BRASIL, 2006).

O foco na competitividade foi reforçado em 2003 no “Programa de Desenvolvimento de Nanociência e Nanotecnologia” desenvolvido para compor o PPA 2004-2007. O documento do Programa destaca a necessidade de construir um lastro entre o que se pesquisava internamente e a agenda de pesquisa do exterior, daí a necessidade de cooperação internacional. O documento do PDN&N buscou mostrar que o parco desenvolvimento brasileiro poderia ser explicado, parcialmente, pela adoção de políticas “pouco agressivas e pouco focalizadas de investimentos em áreas estratégicas nos momentos cruciais da nossa história” (BRASIL, 2003).

Para o grupo de trabalho que elaborou o documento, o Brasil havia percebido, finalmente, o “vínculo entre desenvolvimento, educação e investimentos em C&T” e aquela era a oportunidade única de “ingressarmos na nova era em face com países desenvolvidos, contando com uma sociedade científica organizada e estruturada através de um modelo que valorize a complementaridade de competências”. Assim, o PDN&N é concebido, nas palavras de seus formuladores, como “um instrumento de competitividade econômica, um fator de aumento da participação do Brasil no produto econômico mundial e de soberania” (BRASIL, 2003).

Os setores da economia que se esperavam impulsionar com o PDN&N eram: eletroeletrônica, veículos e equipamentos de transportes, tecnologia da informação, construção civil, química e petroquímica, energia, agronegócio, biomedicina e terapêutica, ótica, metrologia, metalurgia, produção mineral, proteção e remediação ambiental, além de áreas estratégicas como as de segurança nacional, pessoal, patrimonial e alimentar.

Em 2004, a PITCE é lançada sob a bandeira “Construindo o Brasil do Futuro”, onde o desenvolvimento científico e tecnológico aparece como forma de inserir a empresa nacional de maneira competitiva no comércio exterior. Vejamos a seguir um trecho retirado do texto da política.

Uma nova trajetória de desenvolvimento requer políticas públicas que aumentem a eficiência produtiva, diminuam a vulnerabilidade externa e estimulem a taxa de investimento e da poupança como fração do PIB. Para dinamizar a estrutura produtiva, a política industrial deve integrar a busca da eficiência econômica com a inovação tecnológica e a ampliação do comércio exterior (BRASIL, 2004b).

Em 2005, os objetivos apresentados para o PNN e as ações observadas ao longo de sua operacionalização denotam um compromisso explícito com a PITCE. Esse aspecto ressalta a forte ligação entre o PBNano e a política industrial. Na mesma linha da PITCE, a PDP traz como slogan: “Inovar e investir para sustentar o crescimento”.

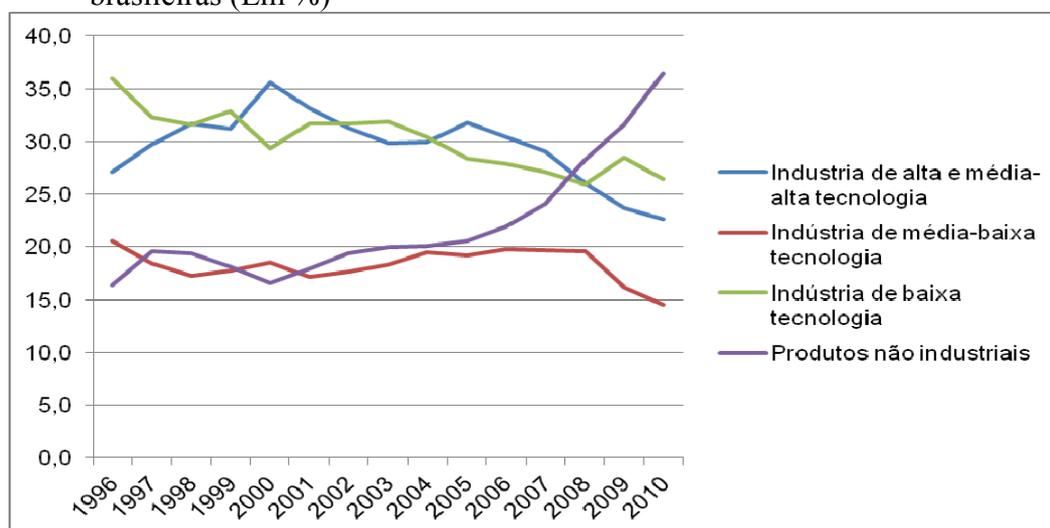
Como destacam Suzigan e Furtado (2006), uma política industrial deve ser um instrumento para lidar com incertezas, além disso, deve estar aliada com as políticas macroeconômicas. Pensar a política industrial é pensar a política macroeconômica e, sobretudo, é pensar a política social. A questão é até que ponto existe esse tipo de

interlocução e integração entre as políticas. Os percalços históricos das PCT&Is na segunda metade do século XX nos ajudam a ver a fragilidade brasileira no que toca essa questão.

A política de ciência, tecnologia e inovação brasileira, em especial a de nanociência e nanotecnologia, aparece primordialmente como um insumo do desenvolvimento industrial e tecnológico. As estratégias utilizadas foram as tradicionalmente conhecidas: identificação de setores estratégicos e criação de aparato institucional para garantir linhas de financiamento. Vários ministérios foram envolvidos e houve avanço na curva de investimentos. No entanto, recorrendo mais uma vez à breve história contada no segundo capítulo dessa tese, vemos que o caráter desenvolvimentista e entusiástico das PCT&Is não é suficiente para transformar o Brasil num país de tecnologia autóctone, competitiva e com alto valor agregado.

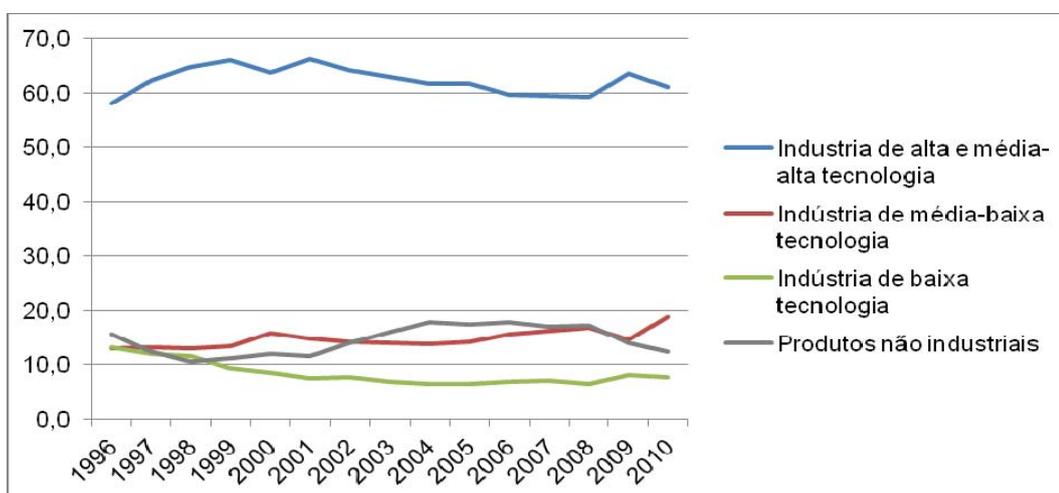
Os Gráficos 4 e 5 a seguir ilustram o comportamento da pauta de exportação e importação brasileira conforme a intensidade tecnológica dos produtos. Neles, percebemos um pouco da ineficácia das políticas para os fins a que se pretendeu.

Gráfico 4 - Participação por intensidade tecnológica dos setores no total das exportações brasileiras (Em %)



Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do SECEX/MDIC.

Gráfico 5 - Participação por intensidade tecnológica dos setores no total das importações brasileiras (Em %)



Fonte: Elaboração Própria a partir dos dados do SECEX/MDIC.

Em resumo, o que os dois gráficos acima revelam que houve um aumento da participação de produtos não-industriais e queda de produtos de alta e média-alta tecnologia na pauta de exportações. Enquanto isso a pauta de importações mantém-se elevada em produtos de alta e média-alta tecnologia, acima de 60%. Assim, a despeito de todos os esforços de política, o saldo comercial do Brasil por intensidade tecnológica tem sido historicamente deficitário quanto mais alto é o nível de tecnologia⁸⁰.

No tocando ao projeto de aproximação dos Institutos de Pesquisa em C&T (ICTs) e das universidades com as empresas, através dos editais do CNPq e Finep (além das subvenções econômicas concedidas) não encontramos resultados auspiciosos. Isso pode ser explicado, parcialmente, pelo fato de os editais e chamadas captarem empresas que já são potencialmente inovadoras e que, portanto, já possuem a cultura de absorver mão de obra especializada em seus laboratórios de P&D. Assim, os incentivos e subvenções concedidos têm como consequência o fortalecimento de empresas com notório potencial de inovação, pouco servindo para a mudança de cultura de empresas com baixa capacidade para inovar.

No CNPq foram apenas dois editais (12/2004 e 43/2006) que tentaram aproximar empresas e pesquisadores, financiando algo em torno de 20 projetos. Já a Finep, tendo em vista sua própria razão de ser⁸¹, teve na maioria de suas chamadas o objetivo de promover essa aproximação, destaque para o ano de 2006 com quatro chamadas. Segundo relatório da ABDI (2009b), entre 2004 e 2007 foram apoiados 72 projetos em 51 empresas através de subvenções econômicas. Dentre as empresas estão: Braskem S/A, Dentscare, Suzano Petroquímica, Aegis Semicondutores, Nanocore Biotecnologia, Itajara Minérios, Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda, Nanox Tecnologia, entre outras, em geral de produtos médicos, farmacêuticos e cosméticos, insumos químicos, biotecnologia, etc.

Interessante notar que Braskem S/A, Itajara Minérios e Cristália Produtos Químicos Farmacêuticos Ltda são empresas que aparecem na lista daquelas que depositaram patentes na área de Nanotecnologia junto ao INPI e a organismos internacionais. Dentre elas, apenas a Braskem apresentou patente conjuntamente com uma Instituição de Pesquisa (a UFRGS), o que reforça o argumento da fragilidade da estratégia de aproximação empresa-universidade⁸².

Os dados abaixo revelam a situação das ações de proteção de invenções no mundo e no Brasil.

⁸⁰ Essas observações revelam um processo interessante que vêm ocorrendo no Brasil, à despeito das políticas industrial, que é a tendência à reprimarização da economia brasileira.

⁸¹ Segundo o relatório de Gestão 2008, a FINEP tem a missão de “promover e financiar a inovação e a pesquisa científica e tecnológica em empresas e instituições científicas e tecnológicas, mobilizando recursos financeiros reembolsáveis e não-reembolsáveis e integrando instrumentos, visando o desenvolvimento econômico e social do País” (FINEP, 2009, p.06).

⁸² A título de exemplo, é como fazer programa de saúde da família para quem tem plano de saúde e vai regularmente ao médico.

Tabela 5 - Evolução dos pedidos de patentes por País de Prioridade⁸³

ANO	Pedidos de patente - Total Mundo	Ranking País prioridade			BRASIL		
		1 ^a EUA	2 ^a Japão	3 ^a China	Total	Residentes	Não residentes
2008-II	-	1961	510	444	30	30	00
2009-I	-	2814	591	445	10	10	00
2009-II	-	1676	607	596	31	30	01
2010-I	-	1512	357*	87*	28	28	00
2010-II	5256	1765	585	655	31	31	00

Fonte: Elaboração Própria. Dados extraídos dos Alertas Tecnológicos semestrais divulgados pelo INPI para a área de nanotecnologia. Obs.: Os dados refletem a dinâmica dos pedidos de patentes pelo mundo, incluindo aquelas pertencentes a uma mesma família, não necessariamente indicando a dinâmica de novas patentes.

*Especialmente nesse semestre o Japão ficou na terceira posição e a China na oitava. Nos semestres seguintes a China assume definitivamente a segunda posição e o Japão passa a ser o terceiro.

Os dados da Tabela 5 revelam a disparidade entre o número de patentes publicadas nos países líderes e no Brasil. Estados Unidos, Japão e China, além da Coreia, Alemanha e França, dominam a produção de patentes. Além de mostrar a dispersão de “famílias de patentes⁸⁴” desses países pelo mundo, os dados revelam, por um lado, o enorme distanciamento assumido pelos EUA e, por outro, o quão longe o Brasil se encontra dos líderes. Considerando que a maior parte dos pedidos no país de prioridade é feita por empresas nacionais (mas não necessariamente), é difícil se esperar qualquer tipo de competitividade substancial das empresas brasileiras no cenário acima descrito.

Ainda conforme os dados da Tabela 5 acima, podemos observar que os depositantes cujo país de prioridade é o Brasil são em geral residentes, o que mostra que a dinâmica de geração de patentes (esforço de P&D) no Brasil é fundamentalmente nacional. Porém, os dados da tabela não revelam integralmente a evolução dos pedidos totais em nanotecnologia no INPI. Para isso precisamos analisar o número de solicitações de patentes no Brasil cuja prioridade está em outros países. Vejamos então a Tabela 6 a seguir.

⁸³ País Prioridade é o local onde a patente é publicada pela primeira vez. Vale lembrar que uma mesma patente pode ser publicada em diferentes países.

⁸⁴ Conjunto de documentos de publicação de patentes de uma mesma invenção (ou diversas invenções de mesmo aspecto) em países ou regiões diferentes.

Tabela 6 - Publicações de pedidos de patentes na área de nanotecnologia por categoria de depositante – 2008-2010

CATEGORIA DE DEPOSITANTE	2008/II	2009/I	2009/II	2010/I	2010/II	Total
Universidades Brasileiras no Brasil (Prior. BR)	03	00	06	05	11	25
Universidades Brasileiras no Exterior (Prior. BR)	04	02	06	00	01	13
Universidades Estrangeiras no Brasil (Prior. BR)	00	01	01	00	00	02
Universidades Estrangeiras no Brasil (Prior. EX)	00	00	00	01	02	03
ICT Brasileiro no Brasil (Prioridade BR)	04	00	03	00	00	07
ICT Brasileiro no Exterior (Prioridade BR)	01	01	00	01	02	05
Pessoa Física Brasileira no Brasil (Prior. BR)	02	00	01	07	05	15
Pessoa Física Brasileira no Exterior (Prior. BR)	00	02	01	04	01	08
Empresa Privada Brasileira no Brasil (Prior. BR)	08	00	06	02	04	20
Empresa Privada Brasileira no Ext. (Prior. BR)	06	02	01	05	02	16
Empresa Privada Brasileira no Ext. (Prior. EX)	00	00	00	02	02	04
Empresa Pública Brasileira no Brasil (Prior. BR)	01	00	01	00	02	04
Empresa Pública Brasileira no Ext. (Prior. BR)	00	02	02	03	02	09
Empresa Privada Estrangeira no BR (Prior. EX)	26	00	07	12	21	66
Parc. Universidade-Empresa no BR (Prior. BR)	00	00	01	00	00	01
Parc. Universidade-Empresa no Ext. (Prior. BR)	01	00	02	01	01	05
TOTAL – PAÍS PRIORIDADE BR (No Brasil)	18	01	19	14	22	74
TOTAL – PAÍS PRIORIDADE BR (No Exterior)	12	09	11	14	09	55
TOTAL – PAÍS PRIORIDADE EXTERIOR	26	00	08	15	25	74

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados extraídos dos Alertas Tecnológicos do INPI.

Obs.1: A maioria das publicações de patentes de residentes no Exterior foi feita pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO). Obs.2: Dentro de uma mesma categoria de depositante, é possível que o mesmo solicitante seja responsável por todas as patentes publicadas. Obs.3: A publicação da patente ocorre com um lapso temporal mínimo de 18 meses em relação à data de depósito da patente junto ao órgão.

Na Tabela 6 destacamos o volume total de patentes solicitadas e publicadas no Brasil (residentes e não-residentes) entre os anos de 2008 e 2010, discriminando o tipo de depositante e a inserção das patentes brasileiras no exterior. Os dados encontrados nos revelam uma dinâmica interessante acerca dos pedidos de patente realizados em território nacional. Analisando primeiramente os pedidos feitos no INPI, onde o Brasil aparece como país de prioridade, vemos que as universidades estão em primeiro lugar com, 25 pedidos publicados, seguidas por empresas privadas (20), pessoas físicas (15) e ICTs (07). A Petrobrás, na categoria de empresa pública, participou com quatro pedidos junto ao INPI e, finalmente, aparece uma parceria universidade-empresa com uma patente publicada no Brasil ao longo desses três anos. Naturalmente, à exceção de duas universidades, não se verifica pesquisadores e empresas estrangeiras buscando o Brasil como país de prioridade.

As universidades que buscaram patentes para suas invenções, seja no Brasil ou no Exterior, foram: UNICAMP, USP, UFPE, UFPR, UFRGS e UFMG. No que se refere à parceria universidade-empresa, verificamos cinco publicações no exterior, tendo o Brasil como país de prioridade. Porém, tratam-se todas da mesma parceria que envolveu a UFRGS e a Empresa Biolab Sanus Farmacêutica Ltda. Em se tratando de empresas nacionais, existe concentração em poucas empresas nacionais, com destaque para Braskem, Biolab e Itajara minérios.

Os números também nos mostram que é grande a variedade de empresas privadas estrangeiras cujas patentes têm prioridade no exterior, que têm buscado proteger suas invenções no Brasil. Vejamos que, se somarmos todos os pedidos de patente das empresas privadas brasileiras no Brasil e no mundo, o resultado ainda é menor do que os 66 pedidos de estrangeiros publicados no Inpi. São empresas coreanas, americanas, australianas, alemãs,

francesas, inglesas, entre outras, penetrando os mais diversos ramos, desde as ligas metálicas até insumos e processos para o setor farmacêutico.

Durante o levantamento dos dados de patente, vislumbramos a possibilidade de existência de um típico “problema de agência”, tal qual tratado no capítulo anterior. Observamos que algumas pessoas físicas (ou grupos de pessoas) e empresas brasileiras que aparecem como beneficiárias dos recursos públicos do PBNano são requerentes privados de patentes de suas invenções. Porém, verificamos que a Lei Brasileira de Propriedade Industrial nº 9279/96 (BRASIL, 1996) prevê a participação do inventor nos ganhos resultantes da exploração da patente, e no caso da administração pública, isso seria regulado por regimentos internos. Verificamos também que a Finep abre mão dos direitos de propriedade gerados durante as subvenções a empresas, com a justificativa de que o aumento da competitividade industrial promove o desenvolvimento social do país. No entanto, nesse cenário, nos parece claro que é difícil esperar que os resultados de pesquisa, fruto das políticas públicas, tenham algum tipo de retorno para a sociedade que os financia, já que a dinâmica de inovação está diretamente relacionada à criação de posições de monopólio (mesmo que temporário) com geração de lucro extraordinário.

Os contratos poderiam ser formulados buscando contemplar questões mais relevantes para o desenvolvimento social. Para garantir resultados públicos, talvez fosse necessário selecionar as agendas de pesquisa com maior potencial multiplicador para a sociedade. No caso de envolvimento de empresas privadas, isso poderia ocorrer ao se detalhar as contrapartidas, como, por exemplo, o desenvolvimento de tecnologias sociais⁸⁵. Porém, o foco específico na competitividade tende a gerar maior poder de monopólio e, quando isso ocorre em setores prioritários para o bem-estar, como é o caso, por exemplo, do setor farmacêutico, os resultados socializados são positivos do ponto de vista dos novos bens e serviços disponibilizados, mas negativos do ponto de vista do acesso.

Se existe fragilidades na concepção da política, elas também aparecem no processo de execução. Em 2010, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) publicou um breve estudo realizado junto aos gestores de uma amostra de empresas que foram subvencionadas pelas ações do governo federal na área de nanotecnologia no Brasil. Nesse estudo, aponta-se a existência de pelo menos 150 empresas trabalhando com nanotecnologia nos três elos da cadeia (fornecimento de insumos em nanopartículas, fabricação de produtos intermediários e fabricação de produtos finais). Isso significa que as ações do MCT abarcaram 1/3 das empresas, sendo elas, conforme Firjam (2010), basicamente grandes empresas e *spin-offs* acadêmicos⁸⁶.

De acordo com a Firjan (*op. cit.*), numa amostra de 29 empresas, existiam 36 projetos, sendo 14 na área de nanomateriais e 13 em nanobiotecnologia. Desses, apenas 11 estavam em estágio de comercialização e os outros encontravam-se em diversas fases, inclusive parados por falta de recursos financeiros e humanos. A falta de sustentação financeira às diversas etapas dos projetos (da pesquisa à inserção no mercado) aparece como principal falha do processo de integração universidade-empresa. Para nós, isso se deve, mais uma vez, a uma visão imediatista e de curto prazo do processo de desenvolvimento e as constantes disfuncionalidades das políticas.

⁸⁵ Reconhecemos que muitos editais trazem como critério a questão do retorno social. No entanto, quando olhamos o portfólio de financiamentos, não conseguimos visualizar isso na prática o que destaca a fragilidade dos contratos.

⁸⁶ *Spin-offs* acadêmicos são empresas de base tecnológica criadas por pesquisadores egressos de universidades e laboratórios do governo.

A fraqueza da política também se relaciona ao caráter linear atribuído ao processo inovativo, tal qual tratado no segundo capítulo. Mais do que atrelar a oferta de recursos ao processo linear de inovação ou a uma aproximação “forçada” entre pesquisador e empresa, seria necessário avançar no entendimento sobre o cunho das pesquisas básicas e aplicadas realizadas no interior das universidades, institutos de pesquisa e empresas brasileiras. Além disso, cabe uma reflexão acerca dos motivos da baixa capacidade inovativa por parte das empresas brasileiras. Esse tipo de reflexão deve ocorrer no processo de formulação da política, em fóruns que contemplem diversos atores que costumeiramente estão fora da discussão sobre inovação⁸⁷. Desde os anos 1970 fazemos política “competitiva”, porém nesses quase 40 anos os resultados ainda são pífios.

Em que pese o fato de as empresas brasileiras não inovarem, percebemos que, a partir dos fundos setoriais e dos diversos editais do CNPq, o governo brasileiro vem fazendo um esforço de políticas voltadas para a resolução desse problema. No entanto, os resultados não parecem ser diferentes daqueles apresentados ao longo de toda a história das PCTs no Brasil, onde os principais responsáveis pelas inovações sempre foram as empresas públicas, as empresas estrangeiras e, mais recentemente, a universidade e seus grupos de pesquisa ou pesquisadores isolados. Na Tabela 7 a seguir destacamos alguns números sobre a dinâmica das atividades inovativas da indústria brasileira.

Tabela 7 - Dinâmica das empresas “inovadoras” nas indústrias extrativa e de transformação brasileiras, 1998-2008 (Em %)

EMPRESAS	PERÍODOS			
	1998-2000	2001-2003	2003-2005	2006-2008
Que inovaram. (1)	31,5	33,3	34,4	38,6
Grau de novidade da inovação. (2)				
- Empresa	81,8	93,4	90,4	92,1
- Merc. Nacional	23,5	8,3	11,2	12,2
Que inovaram e depositaram patente. (3)	8,1	6,1	6,1	7,2
Que atribuem alta importância para a atividade inovativa através de:				
- Atividade Interna de P&D	-	17,3	18,3	8,4
- Aquisição máquinas e equipamentos	-	66,6	64,7	60,8
- Treinamento	-	40,6	44,9	44,1
Parcerias com universidades	3,9	2,0	4,0	0,9
Que receberam recursos do governo.				
- Projetos Diversos	-	18,7	18,8	22,3
- Projetos P&D	-	3,9	4,0	5,3
Financiamento de P&D.				
- Própria	65,0	90,0	89,0	81,0
- Terceiro (privado)	19,0	5,0	4,0	15,0
- Terceiro (público)	16,0	5,0	7,0	4,0
Pessoas ocupadas nas atividades de P&D , nível de qualificação.				
- Graduação	85,0	85,7	77,1	77,3
- Pós-Graduação	15,0	14,3	22,9	22,7

Fonte: Elaboração própria a partir da base de dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (IBGE, edições de 2000, 2003, 2005 e 2008). (1) Porcentagens em relação ao total de empresas entrevistadas em cada período. (2) Os dados não somam 100% já que as empresas podem indicar a relevância para as duas categorias, concomitantemente. (3) Porcentagem em relação às empresas que inovaram.

⁸⁷ Em maio de 2011, o CNPq promoveu um fórum para discutir as expectativas futuras da cooperação entre Universidade e Empresas, como estratégia do Plano de Reconfiguração do Conselho. Isso sugere certo reconhecimento da ineficácia das estratégias atualmente utilizadas. Porém, nos parece que a representação no fórum foi incompleta já que, mais uma vez, negligencia a participação ampla de diversos segmentos.

Como podemos ver na Tabela 7 acima, em torno de 30% do universo de empresas analisadas apresentaram algum tipo de inovação. Porém, quando olhamos para o grau de novidade atribuída às inovações, a maior parte aparece como inovação no âmbito da empresa, o que indica a existência de concorrentes próximos no mercado nacional (sejam de empresas nacionais ou estrangeiras). Ou seja, em geral não se tratam de produtos substancialmente novos.

Vemos também que não passa de 8,1% o total de empresas que depositaram patentes a partir de suas atividades inovativas. Se considerarmos a amostra total de empresas, podemos concluir que a indústria brasileira se caracteriza por um baixo índice de patenteamento. Talvez isso se deva ao próprio perfil das atividades inovativas. Vejamos conforme a Tabela 7 que a aquisição de máquinas e equipamentos e as atividades de treinamento se sobrepõem em muito às atividades de P&D. Isso mostra que grande parte das atividades inovativas é, na verdade, aquisição de tecnologias (produtos e processos) já pronta, produzida tanto em território nacional quanto estrangeiro.

As parcerias com universidades também aparecem com resultados ínfimos, bem como o financiamento de P&D subsidiado pelo setor público. Por fim, observamos que a maior parte do pessoal de nível superior ocupado em atividades de P&D está no nível de graduação, apesar da ocorrência de um leve aumento da participação dos pós-graduados nos últimos anos.

Foi Dagnino (2010) quem nos apresentou uma interessante reflexão acerca dessa deficiência no esforço inovativo por parte do empresariado nacional. Para ele, partindo do princípio de que inovação é algo custoso e de que os gastos para tal só ocorrem tendo em vista os lucros extraordinários, no caso brasileiro os incentivos à inovação são baixos justamente porque as empresas possuem outras fontes de lucro extra como, por exemplo, políticas macroeconômicas que potencializam o lucro de empresa com alto poder de mercado. Exemplo disso ocorre quando o governo brasileiro taxa substancialmente a importação de determinados bens, reduzindo a concorrência, possibilitando a cobrança de preços maiores por parte do empresariado nacional⁸⁸.

Uma interpretação que caminha nesse mesmo sentido já havia sido apresentada por Simon Schwartzman em 1979, quando finalizou um excelente estudo sobre a formação da comunidade científica no Brasil. Seguindo as reflexões de Bielschowsky (*apud* SCHWARTZMAN, 1979, p. 305), ele concluiu que o pouco incentivo existente à época para as empresas investirem em tecnologias próprias ocorria pelo fato de que todo o esforço sistemático para criar no País uma capacidade tecnológica própria não era acompanhado de uma política econômica correspondente.

Outro ponto que talvez explique parte do “comodismo” de alguns setores da indústria nacional, sobretudo aqueles mais próximos dos oligopólios, está numa reserva de mercado ainda bastante presente no Brasil, e que se consubstancia num perfil de consumidor pouco exigente em relação às inovações. Vê-se isso, por exemplo, no setor de automóveis⁸⁹, que

⁸⁸ Não negligenciamos a importância de algumas políticas protecionistas que objetivam a manutenção da produção nacional e, conseqüentemente, do emprego de milhares de trabalhadores. No caso específico de protecionismo para indústria nacional de automóveis, uma visão estratégica de médio prazo poderia motivar a nacionalização de empresas estrangeiras.

⁸⁹ A recente entrada no mercado brasileiro de um conjunto grande de montadoras estrangeiras promoveu uma melhoria dos produtos oferecidos, principalmente pelas montadoras nacionais. Além disso, em média, houve uma queda do preço dos automóveis em concomitância com a manutenção da participação dessa indústria no produto nacional.

somente introduz novos modelos, com novos atrativos, quando se inviabiliza a continuidade de produção dos “velhos” modelos em sua cadeia produtiva.

Mais recentemente, refletindo sobre a política industrial, Suzigan e Furtado (2006) também concluíram que as fraquezas da PITCE no Brasil passam pela incompatibilidade entre esta e a política macroeconômica; pela falta de articulação de instrumentos; pela precariedade da infraestrutura; pela insuficiência do sistema de C,T&I; e pela fragilidade no comando da política. Para os autores, a coordenação política deve ser imparcial (extra-partido, extra-região); não deve capturar interesses específicos (grupos de pressão); deve possuir representação empresarial legítima; e deve haver colaboração estratégica entre empresas, governo e entidades sociais.

As idéias dos autores acima servem para pensarmos a construção da agenda e as diretrizes do PBNano. Nos parece que tal Política foi formulada servindo mais aos anseios de uma comunidade de pesquisa e menos a um projeto de desenvolvimento social⁹⁰. Trata-se de ideologias e crenças que se materializam em planos e projetos de acordo com o poder que determinados grupos possuem para influenciá-los. É nesse sentido que vale à pena focarmos nossa atenção na *politics* e no papel exercido pelas comunidades de pesquisa no ciclo da política.

3.4 *POLITICS*: AS REDES E A COMUNIDADE DE PESQUISA

3.4.1 A metodologia da ARS

Para analisar a comunidade de pesquisa envolvida no planejamento e na execução do PBNano, utilizamos como subsídio a metodologia da Análise Estrutural de Redes Sociais (ARS) a fim de verificar a existência ou não de interdisciplinaridade e cooperação nas pesquisas e de destacar os atores mais centrais nas várias fases do ciclo da política. Ressaltamos que a ARS não foi utilizada como ferramenta final de análise, mas sim para evidenciar a configuração da comunidade de pesquisa que supomos ter algum tipo de poder estrutural para influenciar os rumos da política em foco.

Diante das diversas possibilidades de uso da ARS, optamos por uma análise de co-autorias tendo em vista a quantidade de atores envolvidos e o tipo de colaboração estabelecida. Uma rede de co-autorias expressa os laços entre atores conectados, e cada um desses laços pode conduzir alguns fluxos (informações, indicações, nomeações, etc.) a quaisquer um dos atores conectados à rede. Nesse tipo de análise, os atores (também chamados de nós ou vértices) são os pesquisadores que possuem uma relação de cooperação técnica e intelectual na elaboração de pesquisas. Conforme destaca Silva *et.al.* (2006, p. 79):

As redes de co-autoria (A é co-autor de um artigo com B) têm sido estudadas, [...] para se entender como funcionam as comunidades científicas, de forma a se analisar a construção dos colégios invisíveis e das comunidades de prática. A metodologia de análise de redes permite analisar e representar graficamente essas comunidades e testar algumas hipóteses sobre o comportamento de colaboração dos pesquisadores, agregando, ainda, informações sobre os seus atributos, tais como área de pesquisa e de formação, tempo de formação, departamento,

⁹⁰ Muitas vezes esses anseios trazem consigo uma visão de desenvolvimento. No entanto, como destacado ao longo, não parece ser o tipo de desenvolvimento adequado às demandas mais profundas de um país tal qual o Brasil.

instituição a que pertencem, sexo etc. As pesquisas fornecem aos formuladores de políticas informações sobre a topografia e a morfologia das diferentes áreas de conhecimento, sobre a existência ou não de subgrupos fechados de pesquisa, sobre as relações entre pesquisadores de várias universidades e, mesmo, países. [...] Isso é importante para servir de insumo para a política científica.

Na construção do que denominamos de Rede de Pesquisa em N&N no Brasil (doravante RedeNano), trabalhamos com a técnica de “rede completa”⁹¹, ou seja, delimitamos o grupo focal dentro de uma população que congrega todos os atores envolvidos nas pesquisas e na articulação de políticas para a área de N&N no Brasil que foram levadas a cabo no MCT. Selecionamos vários atores que tiveram algum envolvimento com os editais do CNPq, seja como avaliador ou proponente de projeto, mas deixamos de fora os editais da Finep. Isso foi feito tendo em vista que os editais da Finep tendem a financiar pesquisas no interior das empresas, o que dificultaria o levantamento dos nomes dos pesquisadores envolvidos, além de muitas vezes inviabilizar a análise de co-autoria, já que em geral a participação das empresas não se expressa sob a forma de publicações⁹².

Para fins de instrumentalização da ARS, optamos por trabalhar somente com os editais que tinham a nano como objeto central. Dos editais que tratam diretamente de N&N, excluímos os que tinham foco em jovens cientistas devido aos seguintes motivos: primeiro, porque a inclusão de todos tornaria a análise de co-autoria inviável, tendo em vista que somavam mais de 450 nomes; segundo, porque acreditamos que a retirada dos jovens cientistas possibilitou uma melhor visualização dos indicadores da comunidade de pesquisa analisada, já que algumas simulações realizadas mostraram que os jovens cientistas em geral têm uma rede de colaboração muito pequena. Tendo em vista essas contingências, ao final, foram escolhidos nove editais (conforme Quadro 27 no apêndice A).

Desses editais, selecionamos dois grupos de atores, quais sejam: a) participantes dos comitês avaliadores e b) proponentes/coordenadores dos projetos aprovados. Para completar a amostra, incluímos os atores que participaram diretamente na articulação das políticas. Assim, entraram na rede os participantes do comitê de avaliação das redes formadas em 2001 no edital pioneiro, os Coordenadores de Micro e Nanotecnologia do MCT, os participantes da Reunião pioneira realizada pelo MCT e CNPq no ano de 2000, os integrantes do grupo de trabalho que elaborou a proposta de N&N para o PPA 2004-2007, os membros do Conselho Diretor da Rede BrasilNano, os Coordenadores dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia criados em 2005 na área de Nano e, por fim, os participantes do Comitê Consultivo em Nano criado em 2011. Ao final, a RedeNano foi composta por 191 atores (nós).

⁹¹ Para uma descrição sobre métodos de análises em redes sociais ver, por exemplo, Hanneman (2000).

⁹² Vale ressaltar a ausência de uma importante instituição, a saber: a Fundação de Amparo à pesquisa de São Paulo – FAPESP. É notória a relevância da FAPESP na PCT brasileira, inclusive com algumas ações na área de Nano. Porém, optamos, sob o risco de negligenciar importantes ações, em trabalhar apenas com as ações na esfera federal.

No quadro a seguir descrevemos os elementos constituintes da RedeNano:

Quadro 18 - Elementos estruturais para a ARS

Elementos morfológicos	Elementos Constituintes
Nós ou Atores	Pesquisadores/professores/profissionais que lidam com Nanotecnologia no Brasil.
Posições	Localização do ator na rede, refletindo poder no ciclo da política de Nano no Brasil.
Ligações (laços)	Produção científica em co-autoria.

Fonte: Adaptado de Britto (2002, p. 352)

Para realizar a ARS foi utilizado o *software* UCINET, que a partir de dados organizados sob a forma de Matriz, permite calcular um conjunto de métricas que caracterizam a estrutura de relações de uma rede⁹³.

Para levar a cabo a pesquisa, foi construída uma Sociomatriz (Matriz adjacência) dicotomizada em que os autores aparecem em linha e coluna, formando uma Matriz quadrada onde os valores de i (linhas) e j (colunas) são iguais (WASSERMAN e FAUST, 1994, p. 81-83). Essa matriz quadrada também é simétrica em relação à diagonal principal, a qual aparece preenchida por zeros, significando a ausência de autolaços, o que quer dizer que um autor não aparece em co-autoria consigo mesmo (SILVA *et.al.*, 2006, p. 78). Além dessas características, vale ressaltar que as redes de co-autoria são do tipo não-direcionais, ou seja, não existe informação relevante sobre a origem da co-autoria, importando nesse tipo de rede apenas os vínculos estabelecidos. Realizamos apenas o preenchimento da matriz binária, já que em nosso estudo não consideramos o número de artigos escritos em co-autoria, ou seja, prescindimos da construção de uma matriz valorada tendo em vista as limitações instrumentais.

Construímos uma base de dados que permitiu levar a cabo a ARS. Começamos com uma rede ampla incluindo todos os atores e depois fracionamos os dados em sub-redes, quais sejam: Rede de Comitês, Rede de Vencedores e Rede de Articuladores. Para cada uma dessas redes montamos a matriz binária, uma lista de frequência de participação de cada ator na rede e um mapa de atributos⁹⁴. Ao fim e ao cabo, essas sub-redes serviram apenas para testes e simulações que evidenciaram a necessidade de se trabalhar com a rede completa. Na lista de frequência de participação, mapeamos a quantidade de vezes que o ator aparece em cada uma das sub-redes. Essa lista serviu como pista para identificação de atores relevantes dentro da RedeNano.

O preenchimento da matriz de co-autoria foi realizado utilizando a base de dados da Plataforma Lattes do CNPq de onde extraímos as informações acadêmicas e profissionais de cada um dos participantes, o que possibilitou a construção de um mapa de relações entre os diversos atores da rede. O mapeamento das colaborações levou em consideração apenas artigos publicados em periódicos e os trabalhos publicados em anais de simpósios, seminários e congressos, excluindo-se, portanto, as co-participações em livros, bancas de avaliação de teses e dissertações, entre outros trabalhos. Além de viabilizar a operacionalização da pesquisa, essa escolha metodológica considerou o fato de que a proximidade entre os atores

⁹³ Utilizamos uma versão gratuita do *software* UCINET 6 for Windows (versão 6.352) disponibilizada pela *Analytic Technologies*. Disponível em: <http://www.analytictech.com/ucinet/>

⁹⁴ Atributos são características dos atores. Podem se referir a tempo ou área de formação, região, sexo, etc.

ocorre de forma quase inequívoca quando colaboram na preparação de artigos científicos. A proximidade, não raras vezes, pode inexistir, por exemplo, em bancas de avaliação ou na elaboração livros organizados⁹⁵.

Durante o preenchimento da matriz, foi realizado um procedimento de crítica em relação aos nomes dos atores, onde foi necessário realizar a homogeneização. Ao final do preenchimento, realizamos uma checagem da coerência dos dados através do cálculo do grau de entrada e grau de saída, utilizamos nessa fase o programa UCINET na versão 6.343 (BORGATTI; EVERETT & FREEMAN, L., 2002). Como se trata de uma rede de co-autoria, é de se esperar que o número de relações seja exatamente igual nas duas direções formando uma matriz simétrica, como já apontado. Devido a algumas falhas detectadas nos currículos, vários atores apresentaram diferença nos graus de entrada e saída ($i \neq j$). Para solucionar o problema, padronizamos esses graus pelo maior número de laços de cada ator⁹⁶.

No quadro a seguir detalhamos algumas especificidades dos atributos da Rede.

Quadro 19 - Mapa de Atributos da RedeNano

ATRIBUTO	DETALHAMENTO
Instituição	Foram destacadas as seguintes instituições: 1) USP, 2) UFPE, 3) UNB, 4) Unicamp, 5) UFMG, 6) UFRGS, 7) UFRJ, 8) UFSC, 9) UFC, 10) UFBA, 11) UNESP, 12) UFPR, 13) UFRN. Profissionais de outras universidades foram classificados em: 14) Outras Universidades. Pesquisadores de outras Instituições públicas ou privadas foram identificados como 15) Outras Instituições de Pesquisa.
Área de Formação	Foram destacadas seis áreas de formação específicas, a saber: 1) Física, 2) Química, 3) Engenharias, 4) Biologia, 5) Medicina e 6) Farmácia. Os Atores com formação básica em Engenharia Química foram qualificados na área de química. As áreas que não se enquadravam na lista foram classificadas como 7) Outras.
Tempo de Doutorado	Refere-se ao tempo passado desde a obtenção do título de Doutorado, dividido em três períodos: 1) Doutorados concluídos até 1980; 2) Doutorados concluídos entre 1981 e 1999; e 3) Doutorados concluídos nos anos 2000. Os atores sem doutorado foram qualificados com o escore 4) Sem Doutorado.
Coordenador de Rede	Foram destacados os atores que tiveram alguma inserção como coordenadores das redes de pesquisa na área de nano ou como coordenadores de INCTs na área. Escores: 1) Sim e 2) Não.
Bolsista Produtividade	Atores qualificados como bolsista ou não-bolsista. 1) Sim e 2) Não.
Cargo Político	Refere-se à participação do ator em alguma comissão, coordenação, grupo de trabalho nomeado ou convidado pelos órgãos do governo federal. Escores: 1) Sim e 2) Não.
Região	Refere-se ao local onde o ator desempenha suas atividades atualmente, independentemente de onde fez sua graduação ou doutorado. Os escores foram: 1) Sudeste, 2) Sul, 3) Nordeste, 4) Norte, 5) Centro Oeste e 6) Estrangeiro.
Participantes da 1ª Reunião	Escores: 1) Sim e 2) Não.
Tempo de Entrada na Rede (1)	Dividido em dois períodos: 1) Até 2004 e 2) 2005 em diante.

Fonte: Elaboração Própria. (1) A divisão do tempo de entrada na rede levou em consideração o ano de 2004, momento em que houve a entrada de novos temas nos Editais.

⁹⁵ As redes de co-autoria limitam-se à colaboração profissional e são incapazes de captar outras relações pessoais existentes entre os vários membros da rede. Porém, a proximidade profissional em co-autoria é, em princípio, uma proximidade pessoal.

⁹⁶ As falhas nos currículos referem-se à forma como os atores preenchem as informações na Plataforma Lattes. Se a grafia do nome não for identificada pelo sistema, um colaborador pode não aparecer na rede de co-autoria.

A construção do mapa de atributos, inicialmente, levou em consideração sete características que nos permitiu uma análise mais detalhada da comunidade científica. Essas características foram: Instituição, Área de Formação, Tempo de Doutorado, Coordenador de Rede, Bolsista Produtividade, Cargo Político e Região. A fim de incluir o fator “Tempo” na análise, numa segunda fase adicionamos mais dois atributos, quais sejam: “Participantes da 1ª Reunião” e “Tempo de Entrada na Rede”, os quais foram utilizados na descrição dos resultados.

Outro procedimento de crítica realizado foi o ajuste em relação aos atributos “Instituição” e “Área de Formação”. Ao final do preenchimento da matriz, constatamos a irrelevância da participação de professores/pesquisadores da PUC-Rio (Universidade selecionada previamente) e um grande número de atores classificados em “Outras Universidades” (68). Dessa forma, decidimos checar novamente as instituições desses 68 atores a fim de verificar a existência de alguma negligência. Cabe ressaltar que as primeiras simulações realizadas no programa NetDraw⁹⁷ (BORGATTI, 2002) mostraram que, quando excluíamos o atributo “Outras Universidades”, a densidade da rede (evidenciada a partir do volume de laços estabelecidos no interior de uma rede) diminuía de forma aparentemente relevante. Essas observações foram determinantes na decisão de refazermos a checagem dos dados.

Ainda nessa fase de ajustes da amostra, verificando a participação dos atores por Área de Formação, encontramos um pequeno número de atores na área de Medicina (cinco) e um número relativamente alto para outras áreas (21). Procedemos então uma contabilização dessas diversas “Outras Áreas” a fim de contrastar com os números da área de Medicina.

Este Atributo levou em consideração a graduação. Verificamos que a maioria dos atores permanecia em suas áreas “primeiras” durante a estada na pós-graduação. Porém, alguns atores graduados em Química ou Engenharia Metalúrgica, por exemplo, fizeram a pós-graduação na área de Física. No caso dos graduados em Farmácia, a pós-graduação é feita, geralmente, nas áreas de Ciências Biológicas ou Bioquímica.

A partir de todas as informações coletadas, empreendemos os cálculos de um conjunto de medidas que possibilitaram a identificação de atores mais centrais e “poderosos” na RedeNano. Partimos do reconhecimento de que o poder deriva do posicionamento do ator e das relações que estabelece no interior da rede, ou seja, o poder é inerentemente relacional já que se expressa na capacidade que um indivíduo tem de influenciar os outros (WASSERMAN e FAUST, 1994; MARQUES, 1999; HANNEMAN, 2000; MARTELETO, 2001).

Na ARS, as técnicas de análise de poder, prestígio e capacidade para influenciar se dividem em três grandes grupos, quais sejam: Grau, Proximidade e Intermediação. Conforme Hanneman (2000), o primeiro aspecto da distribuição de poder é o grau de contatos diretos que um ator possui no interior da rede; quanto maior o grau⁹⁸, maior será o poder exercido pelo ator. Isso se explica pelo maior acesso aos fluxos (informações, recursos, indicações, idéias, etc.) que o ator de maior grau pode receber de suas relações.

⁹⁷ O NetDraw é um *software* que acompanha o UCINET e que possibilita a construção dos Grafos a partir dos dados da matriz.

⁹⁸ Um grau é medido por uma ligação entre um ator e outro. Considerando três atores A, B e C, se A está ligado a B e a C, porém B e C não possuem laços, significa que A possui dois graus, enquanto B e C possuem apenas um grau cada. Existe diferença entre o “grau de entrada” - pessoas que se ligam ao ator - e “grau de saída” - pessoas com quem o ator se liga. Nas redes de co-autoria, os números de entrada e saída coincidem obrigatoriamente, mas isso não é uma regra geral para a análise de redes.

Ainda de acordo com Hanneman (2000), o poder no interior de uma rede pode ser exercido por negociação direta ou por mediadores, mas também provém do fato de um ator servir como “ponto de referência” e ser o centro das atenções cuja opinião é ouvida por todos os outros. Exemplo disso é a posição de um ancião de uma empresa frente aos novos funcionários, ou de um coordenador de um grupo de pesquisa que participa da cúpula de fóruns especializados, etc. Quanto mais curto é o caminho⁹⁹ para que um ator chegue a outro, ou quanto menor a distância entre todos os outros atores e o ator referência, mais favorecida é a posição. Essa proximidade é uma vantagem estrutural que se traduz em poder.

Por fim, a intermediação, refere-se à capacidade que os atores têm de situarem-se entre os caminhos geodésicos¹⁰⁰ que ligam outros atores. Como destaca Marteleto (2001, p. 79) esse ator atua como “ponte”, facilitando o fluxo de informação da rede. Assim, mesmo não tendo muitos contatos, o ator tem importância fundamental na mediação das trocas, o que lhe confere poder de controlar as informações que circulam na rede e o trajeto que elas podem percorrer.

Na seção seguinte, utilizamos algumas técnicas da ARS a fim de identificar a estrutura da rede e caracterizar a Comunidade de Pesquisa em N&N no Brasil (doravante Comunidade Nano). Iniciamos com alguns indicadores e medidas mais gerais que destacam os aspectos macro da rede; em seguida descemos a análise buscando identificar os atores centrais e “poderosos”, conforme os quesitos apontados nos parágrafos acima (centralidade de grau, de proximidade e de intermediação); por fim, procedemos a análise pontual a fim de examinar a relevância dessa comunidade e de seus atores na orientação da política.

3.4.2 Análise Estrutural da Rede de Nanotecnologia e Nanociência

Começamos a análise estrutural apresentando alguns dados quantitativos que fornecem as peculiaridades da RedeNano. Para tanto, procedemos a tabulação dos dados extraídos do levantamento feito em cada um dos atributos detalhados no Quadro 19. A Tabela 8 a seguir evidencia uma primeira e importante característica sobre a configuração da comunidade de pesquisa em nano no Brasil. Vejamos:

Tabela 8 - Número de Atores da Rede por Área de Formação

ÁREA	Nº ATORES	%
Física	65	34,0
Química	56	29,3
Engenharias	28	14,7
Biologia	8	4,2
Medicina	5	2,6
Farmácia	17	8,9
Outros	12	6,3
Total geral	191	100

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

⁹⁹ O caminho para que um ator chegue até outro é medido pelo número de atores pelo qual ele deve passar para alcançar (se comunicar) outro.

¹⁰⁰ De acordo com Hanneman (2000), a distância geodésica é o número de relações entre o caminho mais curto possível entre um ator e outro.

Como podemos observar, existe uma alta concentração dos atores da Rede nas áreas de Física e Química, que somadas chegam à cifra de 63,3%. A área de Engenharias vem em terceiro lugar, com 14,7%, e é representada em grande medida por atores das sub-áreas de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. A área de Farmácia aparece em quarto lugar com 8,9% dos atores. Interessante notar que uma especificidade da área de Farmácia é o forte interesse que desperta no setor privado. Conforme os dados que apresentamos sobre patentes, a indústria farmacêutica aparece entre as mais inovadoras do País no quesito propriedade industrial. Interessante notar também que na área de Medicina, onde o apelo social é bastante grande, a participação de pesquisadores brasileiros ainda é ínfima, 2,6%. As Outras Áreas do conhecimento com participação nas atividades de nano apareceram de forma esporádica e marginal nos editais, representando apenas 6,3% dos atores. Assim, os dados indicam o predomínio da pesquisa básica, em geral relacionadas à Física e a Química.

Além da concentração em poucas áreas do conhecimento, a Tabela 9 a seguir evidencia a segunda característica marcante da RedeNano, qual seja, a alta concentração regional dos atores, a despeito de toda a tentativa de descentralização presente na Lei dos Fundos Setoriais. Vejamos a tabela seguinte.

Tabela 9 - Participação dos pesquisadores por Região

REGIÃO	ATORES	%
Sudeste	102	53,4
Sul	36	18,8
Nordeste	32	16,8
Centro-Oeste	14	7,3
Norte	01	1,0
Exterior	05	2,6
Total geral	191	100,0

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

A Tabela 9 mostra que mais da metade dos pesquisadores encontra-se na Região Sudeste (53,4%); a Região Sul aparece em segundo lugar, com 18,8% dos atores, e em terceiro o Nordeste, com 16,8%. As Regiões Norte e Centro-Oeste aparecem com o menor número de pesquisadores. Com relação aos números dessa tabela, cabem ainda duas observações: i) apesar de a Região Nordeste possuir um número de representantes próximo ao da Região Sul, essa participação está bastante concentrada em uma única instituição, qual seja, a UFPE, e no caso do Centro-Oeste, verifica-se uma concentração de atores na Universidade de Brasília; ii) os atores estrangeiros que aparecem na amostra referem-se aos pesquisadores indicados para participar de conselhos deliberativos, representando a comunidade internacional de pesquisadores¹⁰¹.

A participação relativa dos atores por Instituição pode ser verificada na Tabela 10 a seguir. Vejamos:

¹⁰¹ Não existe informação clara sobre como esses nomes são indicados/escolhidos.

Tabela 10 - Número de atores da Rede por Instituição

INSTITUIÇÃO	Nº	%
USP	18	9,4
UFPE	13	6,8
UNICAMP	13	6,8
UFMG	12	6,3
UFRGS	11	5,8
UFRJ	10	5,2
UNB	9	4,7
UFSC	6	3,1
UFC	6	3,1
UFBA	5	2,6
UFPR	5	2,6
UNESP	4	2,1
UFRN	4	2,1
Outras Univ.	40	20,9
Outras Inst. Pesq.	35	18,3

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

Como podemos verificar na Tabela 10, entre as seis instituições com maior participação de atores, quatro são do Sudeste, uma do Sul e uma do Nordeste. Como apontado anteriormente, a UFPE aparece com um peso alto no que se refere ao número de atores envolvidos na Rede, ocupando a segunda posição juntamente com a UNICAMP. Quando analisamos o número de atores dessas instituições que tiveram participação em cargos políticos, os resultados reforçam a tese de concentração regional/institucional.

Na Tabela 11 podemos observar o forte peso político de três instituições, a saber: UFPE, UNICAMP e USP. Interessante notar a posição de liderança assumida pela UFPE, já que os dados anteriores mostraram um alto grau de concentração nas instituições do Sudeste.

Tabela 11 - Distribuição dos atores com Cargo Político nas Instituições

INSTITUIÇÃO	CARGO POLÍTICO				Total
	Sim	%	Não	%	
UFPE	8	11,0	5	4,2	13
UNICAMP	8	11,0	5	4,2	13
USP	7	9,6	11	9,3	18
UFMG	4	5,5	8	6,8	12
UFRJ	4	5,5	6	5,1	10
UFRGS	3	4,1	8	6,8	11
UNB	3	4,1	6	5,1	9
UFSC	2	2,7	4	3,4	6
UFC	1	1,4	5	4,2	6
UFBA	1	1,4	4	3,4	5
UNESP	1	1,4	3	2,5	4
UFPR	1	1,4	4	3,4	5
UFRN	1	1,4	3	2,5	4
Outras Universidades	6	8,2	34	28,8	40
Outras Inst. Pesquisa*	23	31,5	12	10,2	35
Total Geral	73	38,0	118	62,0	191

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

*Em geral os atores que compõem esse item aparecem na Rede por fazerem parte de algumas estruturas importante para a N&N no Brasil.

Na Tabela 12 abaixo, analisamos os números absolutos da distribuição dos atores nas instituições por Área de Formação. Esses dados fornecem indicações sobre os departamentos mais “dinâmicos”, no que tange à participação no PBNano.

Tabela 12 - Participação dos atores por área de formação nas instituições de pesquisa

INSTITUIÇÃO	ÁREAS DE FORMAÇÃO							Total
	Física	Quím.	Engenh.	Biologia	Medicina	Farmácia	Outras	
USP	9	2	0	2	3	2	0	18
UFPE	6	6	1	0	0	0	0	13
UNB	2	3	1	1	0	0	2	9
UNICAMP	5	3	3	1	0	1	0	13
UFMG	4	1	3	0	2	2	0	12
UFRGS	2	5	0	1	0	1	2	11
UFRJ	3	1	3	0	0	3	0	10
UFSC	1	4	0	0	0	0	1	6
UFC	4	1	0	0	0	0	1	6
UFBA	2	3	0	0	0	0	0	5
UNESP	1	3	0	0	0	0	0	4
UFPR	2	1	1	0	0	1	0	5
UFRN	1	3	0	0	0	0	0	4
Outras Univ.	13	13	7	2	0	3	2	40
Out. Inst. Pesq.	10	7	9	1	0	4	4	35
Total geral	65	56	28	8	5	17	12	191
%	34,0	29,3	14,7	4,2	2,6	8,9	6,3	100

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

Vejamos, conforme a Tabela 12, que na USP existe uma forte presença de atores da Área de Física e na UFPE as Áreas de Física e Química dominam a participação relativa dessa Instituição. Essa mesma concentração é frequente em todas as instituições, inclusive nas “Outras Instituições” (Universidades e Institutos de pesquisa) que não foram individualizadas na amostra.

Os dados até aqui apresentados nos permitem dizer que o PBNano tende a levar a uma alta concentração regional e disciplinar. Para aprofundar nossa análise e entender a política a partir dos aspectos relacionais, apresentamos a seguir um conjunto de métricas e interpretações que nos permitirão compreender melhor o processo e o ambiente no qual se consubstancia a *policy*. As métricas extraídas nos fornecem uma visão das relações de poder e centralidade dos atores consubstanciadas na formação em Rede. Nessa empreitada, utilizamos, mais uma vez, como ferramenta de apoio, o *software* UCINET.

O poder posicional dentro de uma rede depende tanto das relações entre os atores (nível micro) quanto da própria estrutura da Rede (nível macro). Nesse sentido, como explica Hanneman (2000), as oportunidades e as restrições de um ator na Rede estão relacionadas à sua posição. Atores que enfrentam menos restrições e têm mais oportunidades do que outros ocupam posições mais favoráveis. Em nosso estudo, uma pergunta relevante é: ser Físico ou Químico, ou ser da USP, UNICAMP ou UFPE coloca o ator numa posição favorável no PBNano? E se isso ocorre, quais são as consequências para o desenvolvimento da área de N&N no Brasil?

A primeira e mais simples métrica que destacamos é a centralidade de grau (*Freeman's degree centrality*), ou seja, o número de laços diretos que cada um dos atores da Rede possui com outros atores. Linton Freeman, um dos proponentes dessa medida, acreditava que os atores que possuíam maior grau, ou seja, que compartilhavam um número maior de contatos diretos, gozavam de maior poder de escolha no interior da Rede (FREEMAN, 1979). Inserindo as informações de co-autoria no UCINET, verificamos o grau de cada um dos atores. Os graus variam de 0 a 15 e estão distribuídos conforme os dados da Tabela 13 a seguir:

Tabela 13 - Frequência de laços de co-autoria da RedeNano

	Graus assumidos pelos atores (laços de co-autoria)												
	15	14	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Frequência dos Graus	01	01	01	06	04	05	09	18	10	16	21	36	63
%	0,52	0,52	0,52	3,14	2,09	2,61	4,71	9,42	5,23	8,37	11,0	18,84	32,98

Fonte: Dados de Saída do Ucinet para o algoritmo: *network>centrality and Power>degree*.

O que percebemos na Tabela 13 de frequência dos laços de co-autoria é que cerca de 33% dos participantes da RedeNano estão desconectados. Considerando os atores com 1 ou 2 laços de co-autoria como “pouco conectados”, a percentagem de baixa conexão e/ou desconexão da rede sobe para 62%. Porém, esses dados fornecem apenas uma visão geral acerca de como se distribuem os laços entre os atores. Se considerarmos apenas os laços diretos dessa rede, encontramos uma densidade (*Density - Average Matrix Value*) de 1,3% (ou seja, dos 36.481 laços possíveis, apenas 470 são estabelecidos), valor que nos parece muito baixo¹⁰². No entanto, cabe lembrarmos que a RedeNano selecionada é composta por atores de diversas Áreas e Instituições, e que os laços de co-autoria indicam a necessidade de existência de uma proximidade bastante grande entre os atores. Considerando o fato de estarmos trabalhando com a hipótese de existência de uma comunidade de pesquisa no interior dessa Rede, utilizamos o maior número possível de medidas a fim de descobrir a existência ou não dessa comunidade e a identidade dos atores¹⁰³.

Ainda no âmbito macro, para medir a coesão da rede, uma métrica interessante que mede o grau de proximidade (ou grau de separação) entre os atores da RedeNano é a distância geodésica (*Geodesic Distance*) ou distância de caminho, que se trata de uma medida de proximidade. Apesar da baixa densidade, verificamos que na RedeNano a distância geodésica entre um ator e outro vai de 01 (um) a 09 (nove) graus, sendo a distância média entre os pares acessíveis de aproximadamente 4,3 graus. Isso quer dizer que, desconsiderando os atores desconectados (33,0%), podemos afirmar que cada um dos participantes da RedeNano pode contatar ou ser contatado pelos outros membros passando por no máximo nove atores (graus, etapas, passos). Esse é um dado importante acerca da dinâmica do fluxo informacional.

Os dados de saída do UCINET nos mostram também que 91,0% dos atores conectados estão separados por no máximo 6 passos¹⁰⁴. As distâncias estão assim distribuídas: 1 passo (3,0%); 2 passos (8,8%); 3 passos (18,1%); 4 passos (23,8%), 5 passos (22,2%); 6 passos (15,4%); 7 passos (6,7%), 8 passos (1,7%) e 9 passos (0,2%). Cabe dizer que os atores mais desconectados (com maior grau de separação) podem acessar a rede, porém têm menores chances de serem acessados. Isso significa que os fluxos são mais facilmente compartilhados entre os atores mais próximos.

Para visualizar a morfologia da Rede no que concerne às propriedades de conexão, utilizamos a métrica “*Components*” que divide a rede em Regiões conforme os laços estabelecidos entre os atores. Os dados de saída do UCINET revelaram a presença de 65 Regiões na RedeNano, sendo que apenas uma região (Região 01) reúne aproximadamente 65,0% dos atores (125). Essa Região é revelada na Figura 3 e facilmente percebida como a

¹⁰² A densidade para a Rede composta apenas pelos atores conectados é de 2,9%.

¹⁰³ Outro tipo de centralidade de grau é aquele proposto por Phillip Bonacich. Para ele é preciso diferenciar “centralidade” de “poder”, tendo em vista que se um ator tiver várias ligações com atores bem conectados pode ter seu poder reduzido, já que seus pares são menos dependentes dele. Por outro lado, atores muito conectados com indivíduos mal conectados tornam-se referência no interior da Rede (HANNEMAN, 2000).

¹⁰⁴ Interessante notar que esses resultados se assemelham àqueles estudos ligados à Teoria dos Seis Graus de Separação, proposta por Milgram (1967). Mais do que qualquer conotação mítica, os resultados mostram que uma comunidade disposta em rede reduz a distância existente entre os atores.

área de interesse da Rede. Uma segunda Região, composta por três atores, é destacada através da métrica, e também pode ser percebida no canto superior direito da Figura em questão. As outras Regiões são compostas unitariamente por cada um dos 63 atores isolados, ou seja, aqueles que não possuem nenhum vínculo de co-autoria.

A figura 3 a seguir nos revela visualmente algumas dessas características estruturais¹⁰⁵.

Figura 3 - Regiões da RedeNano



Fonte: Elaboração própria. Figura de saída do NetDraw para os dados da Matriz de co-autoria da RedeNano.

¹⁰⁵ Para reduzir os problemas de visualização, tendo em vista o emaranhado de conexões, todas as figuras de redes foram reapresentadas no apêndice desse trabalho. Todos os Sociogramas foram apresentados na forma MDS (*Multi-Dimensional Scaling*), assim a posição dos atores leva em consideração a distância relacional, as posições centrais ou periféricas são preenchidas de acordo com as relações estruturais.

A fim de contornar as limitações existentes nas redes de co-autoria, antes de analisar a estrutura da Região 01, decidimos voltar parte de nosso olhar para as Regiões desconectadas. Essa tarefa se fez necessária tendo em vista a presença nessas Regiões de atores sabidamente destacados no âmbito do PBNano, dentre os quais aparecem alguns representantes da Rede BrasilNano e Coordenadores da área de Micro e Nanotecnologias do MCT. Nesse sentido, reunimos as informações sobre os nós desconectados e as apresentamos na Tabela 14 abaixo:

Tabela 14 - Categoria dos atores desconectados da RedeNano

CATEGORIA	Nº de atores
Ganhadores de Projeto Edital 12/2004	03
Ganhadores de Projeto Edital 13/2004	04
Ganhadores de Projeto Edital 43/2006	03
Ganhadores de Projeto Edital 09/2007	15
Ganhadores de Projeto Edital 10/2007	02
Ganhadores de Projeto Edital 74/2010	05
Coordenador Geral de Micro e Nanotecnologia	02
Pesquisador estrangeiro	04
Participantes de Comitê Avaliador	10
Participantes de Comitê consultivo nano	03
Participantes da 1º Reunião do ano 2000	05
Representantes de Empresas	07

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

A Tabela 14 merece alguns comentários. O primeiro deles refere-se ao edital 13/2004 que marca a entrada no PBNano de novos temas, quais sejam, “estudos voltados para os impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil”. Nesse edital, quatro trabalhos foram aprovados e os proponentes aparecem todos desconectados da Rede. Já o edital 09/2007 chama a atenção pelo número de desconectados, porém este foi um edital que teve 45 propostas aprovadas e era exclusivo para jovens pesquisadores (com até cinco anos de Doutorado).

Outro ponto interessante a comentar é o de que dois coordenadores de micro e nanotecnologia do MCT aparecem desconectados da Rede, são eles: Márcio Augusto dos Anjos e Alfredo de Souza Mendes. O primeiro, à época de sua gestão, era funcionário de carreira do MCT e não possuía uma aproximação direta com a comunidade de pesquisa em N&N no Brasil. O segundo, apesar de aparecer como ator desconectado, foi por muito tempo Coordenador de Micro e Nanotecnologia do MCT, tendo participado inclusive da elaboração do PPA 2004-2007. Isso nos leva a crer que a Rede de co-autorias não foi capaz de detectar a relevância desses atores dentro da comunidade de pesquisa em N&N no Brasil¹⁰⁶.

Os pesquisadores estrangeiros e participantes de comitês consultivos muitas vezes aparecem como desconectados, seja por não participarem efetivamente das pesquisas sobre nano no Brasil, ou mesmo por não possuírem co-autoria com os atores da rede. É o caso, por exemplo, da Bióloga Mayana Zatz, notória por sua participação nas pesquisas sobre células-tronco no Brasil, mas que não aparece nas pesquisas básicas sobre nanotecnologia. A despeito dessa desconexão, a Doutora Mayana foi nomeada para integrar o Conselho Diretor da Rede BrasilNano em 2005¹⁰⁷.

¹⁰⁶ Isso pode ser explicado por falhas existente no currículo desse ator. Conforme verificação realizada *a posteriori*, percebemos que sua rede de colaboração estava desatualizada.

¹⁰⁷ Cabe destacar que a própria característica da interdisciplinaridade na área de nanotecnologia faz com que, mesmo não havendo o prefixo nano nos projetos de determinado ator, ele possa ser um nome destacado no

Essas observações nos mostram as limitações de uma rede de co-autorias. Diversas relações não podem ser captadas por esse tipo de rede, já que redes de influência, mesmo em comunidades de pesquisa, não se constroem, exclusivamente, através de relações acadêmicas. Levando-se em consideração as redes superpostas que podem surgir ao buscarmos outras relações sociais para além das acadêmicas os desconectados de nossa análise podem aparecer perfeitamente conectados. Porém, para fins de uma análise acerca do poder de uma comunidade de pesquisa, podemos encontrar muitas inferências a partir dessas redes o que nos habilita a continuar nessa trajetória de análise.

Como era de se esperar, alguns participantes da primeira reunião sobre nano no Brasil foram desconectados da Rede. Além disso, os empresários que compõem ou compuseram os diversos comitês e conselhos sobre N&N também aparecem desconectados. As duas tabelas a seguir apresentam informações acerca da área de formação e das instituições a que pertencem os desconectados. Vejamos:

Tabela 15 - Área de Formação dos atores desconectados da RedeNano

Área	Total de Atores	Total de Desconectados	%
Física	65	6	9,2
Química	56	8	14,3
Engenharias	28	22	78,6
Biologia	8	6	75,0
Medicina	5	3	60,0
Farmácia	17	8	47,1
Outros	12	10	83,3
Total geral	191	63	33,0

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

Vejamos que o menor percentual de desconexão aparece entre os Físicos e Químicos, o que mais uma vez ratifica a relevância dessas Áreas dentro da RedeNano. Já a área de Engenharia, de onde se esperaria certa coesão, aparece muito desconectada. E, por fim, os atores das outras diversas áreas do conhecimento, além de possuírem uma participação relativa muito baixa, apresentam um alto percentual de desconexão.

No que se refere à distribuição dos desconectados por Instituição, como podemos ver na Tabela 16 a seguir, o que nos chama maior atenção é a baixa desconexão dos atores pertencentes à UFPE. Isso indica coesão entre os atores dessa Instituição, o que pode evidenciar relativa força política.

Tabela 16 - Instituição dos atores desconectados da RedeNano

Instituição	Total de Atores	Total de Desconectados	%
USP	18	6	33,3
UFPE	13	1	7,7
UNB	9	2	22,2
UNICAMP	13	5	38,5
UFMG	12	3	25,0
UFRGS	11	3	27,3
UFRJ	10	4	40,0
UFSC	6	1	16,7
UFC	6	1	16,7
UFBA	5	1	20,0
UNESP	4	0	0,0
UFPR	5	0	0,0
UFRN	4	0	0,0
Outras Univers.	40	12	30,0
Outras Inst. Pesq.	35	24	68,6
Total Geral	191	63	33,0

Fonte: Elaboração Própria. Dados da Matriz de Co-autoria.

Conforme percebemos na Tabela 16 acima, apesar da diferença no número bruto de atores, a USP e a UFPE possuem o mesmo número de conectados. Isso nos fez optar pela utilização de outras métricas da ARS a fim de analisar a estrutura da participação por Área e por Instituição. Assim, uma medida que expressa o grau de coesão da rede é a Transitividade (*Transitivity*). De acordo com Hanneman (2000), o princípio da transitividade significa que “se A está conectado a B e B está conectado a C, então, A deveria estar conectado a C”. Na RedeNano, do total de tríades (ligação entre três atores) com potencial de transitividade, cerca de 25,2% são transitivas. Parece claro que somente pode existir transitividade nas duas Regiões mais densas, sendo que a maior Região é a única que a possui. Conforme Wasserman e Faust (1994, p. 245), a existência de muitas tríades transitivas numa rede indica a formação de alguns grupos, que podem ser mais ou menos conectados. O percentual encontrado para a RedeNano indica a possibilidade de grupos bem conectados no interior da Região 01. Interessante também é notar os dados absolutos da transitividade. Na RedeNano, encontramos 2.236 tríades do tipo A conhece B e B conhece C. Esse número é importante já que, como dissemos anteriormente, basta uma conexão bem estabelecida para que o indivíduo se beneficie de alguns fluxos na Rede.

Tendo em vista a freqüente afirmação de que N&N deve ser interdisciplinar para que os resultados de pesquisa sejam mais profícuos, buscamos analisar na RedeNano indicadores sobre esse tipo de colaboração inter-áreas. Para tanto, utilizamos os atributos “Instituição” e “Área de Formação” e verificamos o índice de coesão E-I (*Cohesion E-I Index*). Considerando um ator caracterizado dentro de um grupo (por exemplo, grupo dos físicos) o índice é calculado somando-se o número de laços externos ao grupo com o número de laços internos ao grupo (com sinal negativo), dividido pelo número total de laços do ator.

O valor E-I pode variar de -1 a 1. Valores negativos indicam que existem mais laços internos do que externos, valores positivos indicando o contrário. Quando o E-I é igual a 0, significa que o ator colabora externa e internamente na mesma proporção. Com esse índice, conseguimos avaliar o grau de colaboração entre os atores nas diversas instituições e a interdisciplinaridade entre os atores formados nas diversas Áreas de Formação. A Tabela a seguir revela o grau de internalização nas áreas de formação.

Tabela 17 - Índice E-I para as Áreas de Formação da RedeNano

ÁREA	Laços Internos	Laços Externos	Total	Índice E-I*
Física	170	072	242	(-) 0,405
Química	098	069	167	(-) 0,174
Engenharias	004	014	018	0,556
Biologia	000	009	001	1,000
Medicina	002	002	004	0,000
Farmácia	008	012	020	0,200
Outros	000	010	010	1,000

Fonte: Dados de Saída do UCINET para a RedeNano.

*Índice calculado pela diferença laços externos e internos dividido pelo total.

Como podemos observar na Tabela 17, as Áreas de Física e Química são as áreas mais “fechadas”. Já as áreas de Engenharia e de Biologia são as mais “abertas”. Vejamos que todos os laços dos biólogos da RedeNano são externos, e dos 18 laços estabelecidos pelos engenheiros apenas quatro são internos. A relevância da frequência dos laços de físicos e químicos somada à alta internalização dessas áreas faz com que o Índice E-I para a Rede, como um todo, seja de -0,2. Isso indica que, do ponto de vista das colaborações entre as Áreas, a RedeNano é mais disciplinar do que interdisciplinar.

Procedendo à mesma análise de colaboração para as Instituições, chegamos aos dados da Tabela 18 a seguir.

Tabela 18 - Índice E-I para o atributo “Instituições” da RedeNano

INSTITUIÇÃO	Laços Internos	Laços Externos	Total	Índice E-I*
USP	010	041	051	0,608
UFPE	032	028	060	(-) 0,067
UNB	016	028	044	0,273
UNICAMP	008	030	038	0,579
UFMG	014	021	035	0,200
UFRGS	006	013	019	0,368
UFRJ	002	014	016	0,750
UFSC	008	011	019	0,158
UFC	004	015	021	0,429
UFBA	004	012	016	0,500
UNESP	002	017	021	0,619
UFPR	002	009	011	0,636
UFRN	016	014	016	0,750
Outras Univers.	006	048	064	0,500
Outras Inst. Pesq.	006	033	039	0,692

Fonte: Dados de Saída do UCINET para a RedeNano

Vemos que, do ponto de vista das Instituições, as colaborações são mais abertas, pois em geral os laços externos são maiores do que os internos. Uma única exceção está na UFPE, o que mostra maior coesão e menos colaboração externa dos atores dessa universidade. O Índice E-I geral da Rede é de 0,421.

Outra medida que nos fornece o grau de interdisciplinaridade na RedeNano é a densidade por grupos (*Densities or average tie strengths within/between groups*). Porém, mais do que medir a colaboração, essa medida nos fornece o grau de coesão entre os Grupos e nos dá pistas acerca da comunidade de pesquisa dentro da Rede. Procedemos a seguir à apresentação da densidade nas Áreas de Formação. Para tanto, relembremos o número absoluto de atores por Área de Formação utilizados para o cálculo da densidade, quais sejam: (1) 65 físicos, (2) 56 químicos, (3) 28 engenheiros, (4) oito biólogos, (5) cinco médicos, (6)

17 farmacêuticos e (7) 12 outros. Abaixo apresentamos a Matriz onde estão distribuídos os 470 laços da RedeNano entre as sete áreas de formação.

Matriz 1 - Matriz de distribuição dos laços por área de formação.

	1	2	3	4	5	6	7
1	170	50	9	5	0	3	5
2	50	98	5	2	1	7	4
3	9	5	4	0	0	0	0
4	5	2	0	0	0	1	1
5	0	1	0	0	2	1	0
6	3	7	0	1	1	8	0
7	5	4	0	1	0	0	0

Fonte: Dados de Saída do UCINET para a RedeNano.

A partir da Matriz é possível calcular a densidade de coesão dentro de cada grupo, nesse caso, referente à Área de Formação. Esse cálculo é feito dividindo-se o número total de laços internos ao grupo pelo número de laços possíveis. Na Tabela 19 a seguir procedemos ao cálculo da densidade de cada Área.

Tabela 19 - Coesão de laços no interior das áreas de formação

ÁREA	Nº de Laços Internos	Nº de Laços internos possíveis	Densidade
Física	170	$65 * 64 = 4160$	0,041
Química	098	$56 * 55 = 2970$	0,032
Engenharias	004	$28 * 27 = 756$	0,005
Biologia	000	$08 * 07 = 56$	0,000
Medicina	002	$05 * 04 = 20$	0,100
Farmácia	008	$17 * 16 = 272$	0,029
Outros	000	$12 * 11 = 132$	0,000

Fonte: Dados de Saída do UCINET para a RedeNano.

Os dados nos revelam que as Áreas mais coesas são a Física, a Química e a Medicina. No entanto, esses dados precisam ser vistos com ressalva, já que, quanto menor o número de laços, mais difícil se torna a comparação entre as Áreas. Isso pode ser percebido quando olhamos para os dados de coesão no interior da Área de Medicina, como são apenas quatro laços, uma única relação entre os médicos nos daria uma densidade de 0,04, ou seja, a mesma densidade da Área de Física.

Assim, para ver um pouco mais acerca da dinâmica da Rede, voltamos novamente nosso olhar para a Matriz 01. Nela, vemos que em geral são os físicos e os químicos quem compartilham mais laços entre si. Os físicos, para além dos químicos, colaboram com mais frequência com os engenheiros. Os químicos, para além dos físicos, colaboram com mais frequência com farmacêuticos. Já os Engenheiros da RedeNano possuem mais laços com químicos e físicos do que internamente aos membros da Área. Isso também ocorre entre os biólogos e farmacêuticos. E, evidenciando mais uma vez o destaque dos físicos e químicos, atentemos para os dados da Área de Formação “Outros”. Vemos que dos 10 laços existentes, nove são colaborações com essas áreas.

Um aspecto do processo de colaboração evidenciado na coleta de dados foi a baixa média de parcerias estabelecidas por pesquisadores das ciências humanas e sociais (que compõem a área “Outros”) se comparada à média de colaborações de pesquisadores das

“ciências duras”. Se levássemos em consideração somente os laços de co-autoria, poderíamos dizer que o mundo nas ciências duras é “bem menor” do que nas ciências humanas e sociais. Quando analisamos a coesão baseada na distância geodésica encontramos o valor de 0,118. Considerando que esse valor pode variar de zero a um, sendo que quanto mais próximo de 01 mais coesa é a Rede, percebe-se uma baixa coesão. Essa baixa coesão é parcialmente explicada pelo fato de 1/3 dos integrantes da Rede estar desconectado, mas também reforça o argumento da baixa colaboração entre os atores no interior de algumas áreas (ciências humanas, por exemplo) e, principalmente, reflete a baixa interdisciplinaridade.

Até aqui apresentamos os aspectos mais gerais da RedeNano, o que nos evidenciou uma área de interesse composta por 128 atores (Região 01). Foi nessa área que buscamos mapear a comunidade de pesquisa determinante no PBNano. Os índices de centralidade de grau e a distância geodésica apresentados nos parágrafos anteriores podem ser desmembrados pontualmente para cada ator, o que foi feito numa tabela agregada com outros índices que serão o foco da análise a partir de agora.

Para medir a proximidade entre os atores, além da distância de caminho, podemos calcular também o quão perto um ator está de todos os outros, isso é conseguido através do “índice de alcance” (*Reach centrality*). A pergunta que orienta a formatação desse índice é: que proporção (%) de atores pode ser alcançada por um único passo, ou dois, ou três, etc. Quanto maior o valor desse índice, maiores serão as possibilidades de comunicação entre os atores. Apesar de ser um índice de intermediação da informação, ele revela o potencial de participação de um ator nos “eventos” da comunidade de pesquisa. Na RedeNano, apenas 65% dos atores são alcançáveis, pois existe um número bastante grande de atores desconectados (inalcançáveis pelas relações de co-autoria). Assim, mais uma vez, a Região 01 aparece em destaque, já que é nela que os atores tem potencial para compartilhar fluxos. Com apenas seis passos alguns atores são alcançados por 65,0% da rede (100% dos conectados), o que lhes garante maior grau de centralidade.

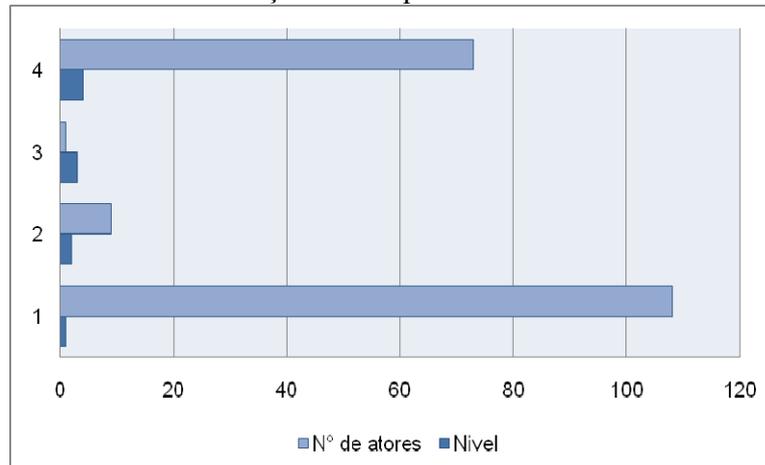
Utilizando uma medida de intermediação (*Freeman Betweenness Centrality*), buscamos encontrar nós mais poderosos no que se refere à possibilidade de selecionar e repassar (ou não) fluxos informacionais (editais, indicações, linha de pesquisa, projetos, etc). Ou seja, quanto mais pessoas precisam de determinado ator para levar ou repassar informações, mais poderoso ele é no interior da Rede. O algoritmo dessa métrica calcula quantas vezes um dado ator aparece no caminho geodésico (no meio das relações) entre outros pares diversos de atores.

Os dados da RedeNano revelaram uma altíssima variação no poder de intermediação dos atores, de zero a 2.309. Apesar de um pico muito alto de intermediação, a média de intermediações é de 136, refletindo o baixo poder de intermediação de grande parte da Rede. Porém, o desvio padrão de 266 em torno da média sinaliza a existência de um grupo de atores com alto poder de intermediação e um outro grupo sem nenhum poder. O primeiro grupo é composto justamente por atores que acreditamos formar a Comunidade Nano, tendo posição privilegiada no fluxo informacional.

Através do algoritmo dessa métrica, encontramos também o índice de centralização do poder de intermediação da RedeNano completa, qual seja, 12,2%, o que indica que, dos 191 atores que compõem a Rede, pouco mais de 23 atores detém poder de intermediação muito relevante. Além disso, indica também que esses atores podem manter um número grande de relações sem intermediários. De acordo com Hannemam (2000), essa medida pode ser importante para indicar a formação de grupos poderosos dentro de uma rede.

Outra medida de intermediação conveniente é aquela que divide os atores em níveis de hierarquia de acordo com a sua posição de intermediário, é a redução hierárquica. Parece claro que indivíduos que estão nas bordas de uma rede (veja Figura 03) possuem baixa capacidade de intermediar fluxos, embora possam ser em geral alcançados pelos outros membros. Por outro lado, quanto mais central está um indivíduo na trama da Rede, um passo acima ele estará na hierarquia.

Gráfico 6 - Distribuição hierárquica dos atores da RedeNano



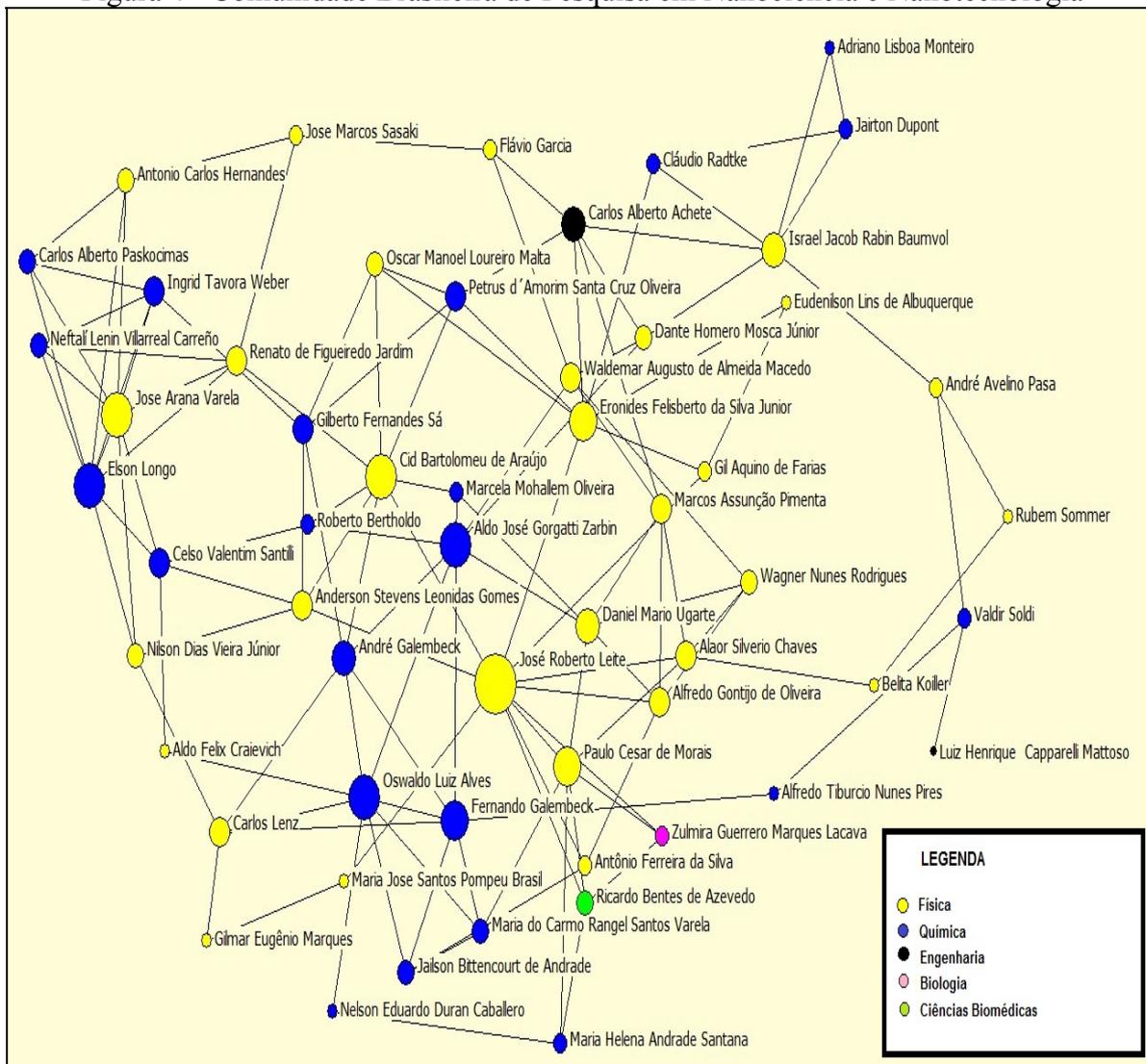
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da RedeNano.

Conforme indicado no Gráfico 6, a profundidade hierárquica (número de degraus de hierarquia) da RedeNano é quatro, sendo que os atores que estão nível 1, o mais baixo da hierarquia, possuem baixo poder de intermediação e assim sucessivamente. A proporção de atores por nível de hierarquia está assim dividida: nível 1 = 108 atores (que inclui os desconectados); nível 2 = nove atores; nível 3 = um ator; nível 4 = 73 atores. Os dados agregados mais uma vez apontam para a existência de um grupo mais “poderoso”, fechado e conexo no interior da RedeNano. Mais uma vez, intuímos que os atores que se encontram melhor posicionados estruturalmente no interior da RedeNano compõem uma comunidade de pesquisa em N&N no Brasil onde estão os principais responsáveis pela formatação e execução do PBNano. Na subseção seguinte nos dedicamos ao exame da Comunidade Nano, verificando o grau de participação dos atores no ciclo do PBNano.

3.4.3 Comunidade de Pesquisa e o ciclo da política

A fim de nomear os participantes da comunidade que tornou-se o foco de nosso análise, selecionamos inicialmente os 73 atores que estão no nível 04 da hierarquia apresentada e criamos uma ordem a partir da posição relativa em que aparecem nos cálculos dos índices de centralidade apresentados anteriormente: grau, intermediação e proximidade. A partir desse ordenamento, criamos uma lista de frequência mostrando a participação (ou não) dos atores nas 73 primeiras posições dos três índices. Ao final desse procedimento, verificamos que apenas 56 atores apresentavam-se posicionados na área central da Rede, os quais passam então a representar, no âmbito de nosso estudo, a Comunidade Nano, a qual supomos ser responsável pela construção do perfil ideológico, da agenda e dos resultados do PBNano. A figura a seguir apresenta a configuração dessa Comunidade, detalhando a Área de Formação e a posição dos atores na arquitetura dessa sub-rede.

Figura 4 - Comunidade Brasileira de Pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia



Fonte: Figura gerada no *Netdraw* a partir dos dados selecionados da Matriz da Redenano.

A figura acima evidencia uma comunidade de pesquisa bem conectada. O tamanho do círculo de cada nó representa o quão conectado ele está¹⁰⁸. Vemos que a Comunidade é dominada por físicos e químicos a despeito da presença de dois engenheiros, uma bióloga e um cientista da área de biomédicas. Os atores que mais se destacam em termos de centralidade e poder são: José Roberto Leite¹⁰⁹, Cid Bartolomeu de Araújo, Aldo José Gorgatti Zarbin, Paulo César de Moraes, Elson Longo, Oswaldo Luiz Alves, Fernando Galembeck, Eronides Felisberto da Silva Junior, Carlos Alberto Achete, Cid Bartolomeu de Araújo e José Arana Varela. Tais atores, muitas vezes, aparecem como *gatekeepers*¹¹⁰, possuindo alta centralidade e alto controle informacional, o que sugere que movem a Comunidade Nano.

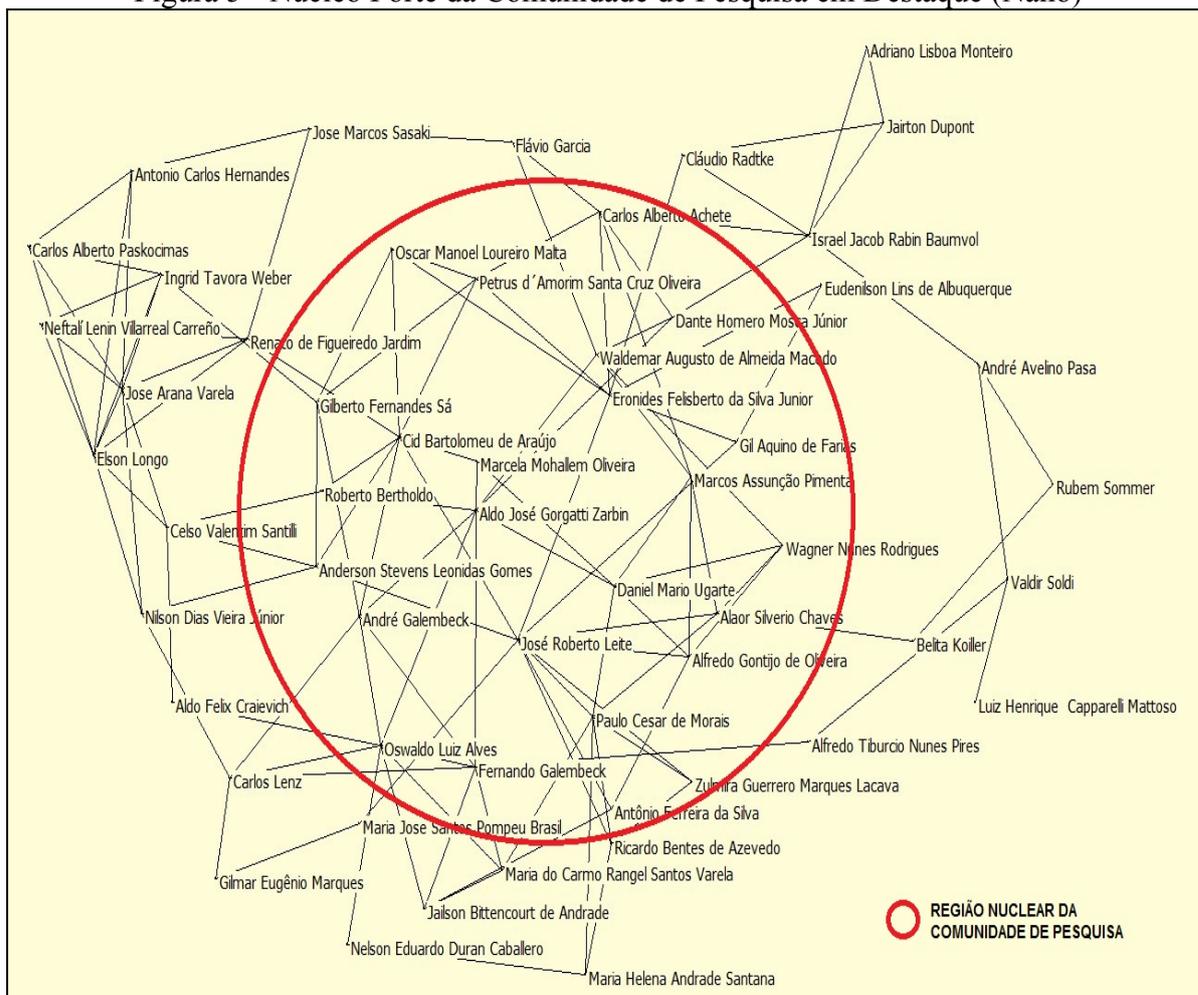
¹⁰⁸ Fizemos simulações utilizando as medidas de Centralidade de Grau, de Intermediação e Auto-vetor; os resultados para todas as medidas de centralidade forma semelhantes.

¹⁰⁹ O Professor José Roberto Leite faleceu em junho de 2004, porém ele não foi retirado tendo em vista a relevância de seu papel na defesa dos interesses da Comunidade Nano até aquele ano.

¹¹⁰ Cf. Metoyer-Duran (1993).

A maioria dos atores destacados acima ocupa uma posição nuclear, outros são mais periféricos. Lembremos que a distribuição posicional dos atores na rede tem a ver não só com o número de conexões que possui, mas também com o número de conexões que possuem seus parceiros, bem como seu posicionamento entre o caminho geodésico de conexão de outros atores. Vejamos, por exemplo, o caso de Elson Longo e José Arana Varela, que, apesar de destacados nos índices de centralidade, ocupam uma posição não-nuclear. Na figura a seguir destacamos o núcleo da comunidade, ou seja, a área onde existe um alto grau de proximidade e coesão entre os atores.

Figura 5 - Núcleo Forte da Comunidade de Pesquisa em Destaque (Nano)



Fonte: Figura gerada no *Netdraw* a partir dos dados selecionados da Matriz da Redenano.

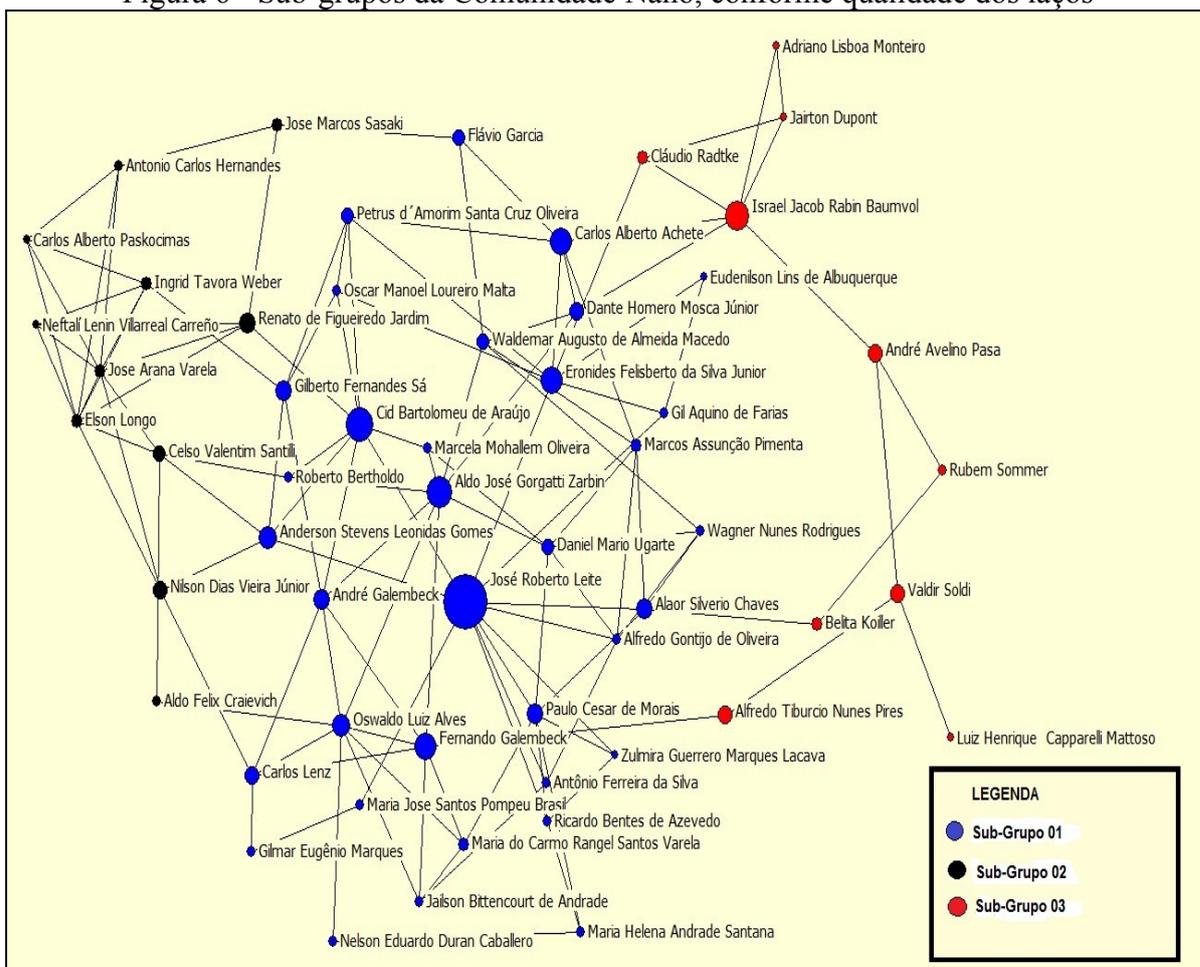
Salientamos que nem sempre as co-autorias conseguem captar todos os atores poderosos no âmbito da política. Em alguns casos verificamos que alguns pesquisadores com notória participação nas políticas e com um número extremamente alto de colaborações (fora da RedeNano) não apresentavam nenhuma distinção nas co-autorias no interior da RedeNano. Isso expôs a necessidade de buscarmos informações detalhadas sobre a trajetória da política, atentando para o papel de alguns atores que estão à margem da rede de colaboração¹¹¹. Nesse caso, o que explicará o poder do ator são os laços existentes para além das afinidades nos grupos de pesquisa. Temos aqui uma característica geral de uma comunidade de pesquisa, qual seja, os laços construídos ao longo de uma caminhada acadêmico-científica (amizade

¹¹¹ Isso ocorreu, por exemplo, para alguns dos Coordenadores de micro e nanotecnologia do CNPq. Assim, para todos esses casos, dispensamos atenção especial à trajetória acadêmica e profissional dos atores.

criada durante a formação acadêmica, participação conjunta em mesa de congressos, afinidade intelectual, etc.) explicam parte do comunitarismo para dentro e para fora da comunidade.

Interessante notar que o padrão de colaborações entre os atores nos permite prever a existência de sub-grupos com maior grau de coesão no interior da comunidade. Para além da região nuclear destacada na figura anterior, as simulações realizadas no *NetDraw* nos revelaram a existência de três sub-grupos com maior grau de coesão interna, conforme a qualidade¹¹² dos laços que possuem.

Figura 6 - Sub-grupos da Comunidade Nano, conforme qualidade dos laços



Fonte: Figura gerada no *Netdraw* a partir dos dados selecionados da Matriz da Redenano.

Percebemos claramente que existem alguns atores que são responsáveis diretos pela comunicação entre os sub-grupos. Vejamos que esse papel é exercido no Sub-grupo 01 por Anderson Gomes e Gilberto Sá; no Sub-grupo 02 por Renato Jardim; e no Sub-grupo 03 por Israel Baumvol e Alfredo Pires. Cabe ressaltar que na Comunidade Nano outros atores têm também importante papel na ligação entre os sub-grupos, o que os torna mais coesos e, portanto, mais comunitários.

Para analisar o papel dos atores da comunidade no ciclo da política voltamos nossa atenção para os principais eventos na trajetória da política que foram descritos na seção 3.3.

¹¹² Os subgrupos foram obtidos através de um algoritmo presente no *Netdraw* (*Analysis>Subgroups>Factions*) que forma grupos a partir da maximização de conexões entre os atores e minimização de conexões entre os grupos de atores. A qualidade dos laços se refere nesse caso ao padrão “quem se conecta com quem”. Vemos que os três sub-grupos são interligados por poucas conexões entre os atores que servem como “pontes” entre os grupos.

Lembremos que o documento base do PBNano foi realizado por um comitê criado no ano de 2000. De acordo com o comitê, na reunião de novembro de 2000 ficou decidido que ficaria a cargo da “comunidade científica” a elaboração da proposta de diretrizes para a política de N&N no Brasil. O quadro a seguir destaca a comunidade científica responsável por essa fase:

Quadro 20 - Grupo de articulação dos rumos da N&N no CNPq - 2000

PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO*	ÁREA DE FORMAÇÃO
Anderson S. L. Gomes	UFPE	Física
Carlos Lenz	Unicamp	Física
Elson Longo	UFSCar	Química
Israel Jacob R. Baumvol	UFRGS	Física
José Camargo da Costa	UNB	Engenharia elétrica
Maria de Fátima S. Lettere	UNB	Física
Paulo Sérgio Herrmann Júnior	EMBRAPA	Engenharia elétrica
Sílvia S. Guterres	UFRGS	Química
Wagner Rodrigues	UFMG	Física
Zulmira G. M. Lacava	UNB	Biologia

Fonte: CNPq. Plataforma Lattes. * Reflete a afiliação institucional no ano de 2000.

Como pode ser visualizado em destaque (negrito), das dez pessoas que ficaram a cargo da formatação da proposta inicial da política, seis fazem parte da Comunidade Nano e, à exceção de José Camargo, os outros três têm conexão direta com alguma membro da Comunidade. Foi esse comitê que propôs a criação de Redes de Pesquisa colaborativas que se materializaram no edital CNPq Nano 01/2001. Como já destacamos, este edital recebeu 27 propostas e aprovou 12 que foram agrupadas em apenas quatro redes. Essas quatro redes receberam, de 2001 a 2005, cerca de 9,8 milhões de reais.

Quadro 21 - Redes pioneiras na área de nanotecnologia no Brasil, 2001

Coordenador	Rede	Instituição	Área de Formação
Israel Jacob R. Baumvol	Materiais Nanoestruturados (Nanomat)	UFRGS	Física
Oscar M. L. Malta	Nanotecnologia Molecular e de Interfaces (Renami)	UFPE	Física
Nelson E. D. Caballero	Nanobiotecnologia (Nanobiotec)	Unicamp	Química
Eronides Felisberto da Silva Junior	Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados (Nanosemimat)	UFPE	Física

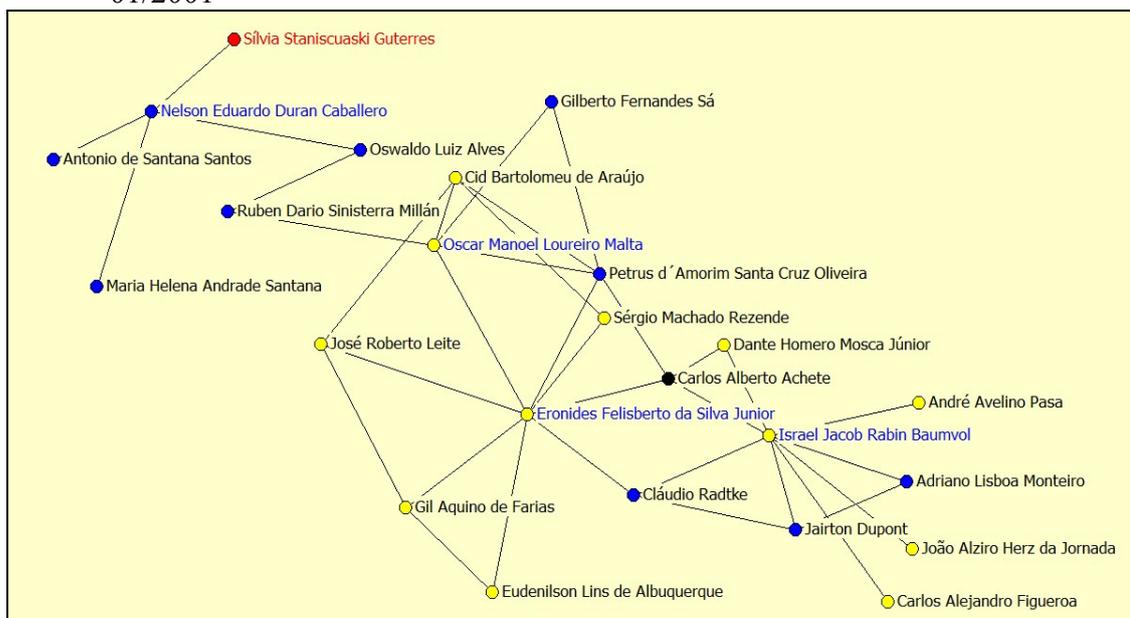
Fonte: Relatório MCT “Nanotecnologia: investimentos, resultados e demanda”, 2006.

O Quadro 21 dispensa destaque já que todos os coordenadores das quatro redes compõem a Comunidade Nano. Como é possível notar, a institucionalização de redes de pesquisa acontece com grande peso para a área de física, complementada pela área de química. Essas redes têm importância para nossa análise na medida em que retratam de forma detalhada a ideologia dos formuladores da política. Com base nos objetivos do edital CNPq Nano 01/2001, essas redes deveriam “articular os diferentes atores e agentes públicos e privados capazes de contribuir para a identificação, qualificação e solução de problemas relevantes para o desenvolvimento da área de nanociência e nanotecnologia no Brasil”.

Não há o que se questionar acerca da relevância das áreas selecionadas, tampouco da competência dos atores escolhidos para participar da execução das primeiras atividades sistemáticas na área de N&N no Brasil. No entanto, nos parece, a partir das análises até aqui empreendidas, que os atores não são tão diferentes assim, seja no âmbito da Área de Formação, seja no âmbito das Instituições. Uma simulação que realizamos com as redes egocentradas (conexões diretas com apenas um passo a partir de um nó específico) dos atores

que compunham o Grupo de Articulação (aquele da Reunião pioneira de novembro de 2000) evidenciou a presença de dois dos quatro coordenadores das redes selecionadas no edital destacado acima. Quando unimos as redes egocentradas dos articuladores com a dos coordenadores encontramos uma Sub-rede densa, totalmente conectada. Fizemos também a simulação unindo as redes egocentradas dos quatro coordenadores selecionados, vejamos a figura abaixo:

Figura 7 - União das Redes Egocentradas dos coordenadores de rede do Edital CNPq Nano 01/2001



Fonte: Elaboração própria. Figura obtida no *Netdraw*.

Além de uma participante do Grupo de Articulação, muitos atores que aparecem na figura acima estiveram presentes na reunião de novembro de 2000, incluindo dois dos coordenadores, Eronides F. Silva Junior e Israel Baumvol, além de Sérgio Machado Rezende que em julho de 2005 assumiu a pasta do Ministério de Ciência e Tecnologia.

A avaliação dos resultados alcançados pelas redes constituídas a partir do edital CNPq Nano 2001/01 foi realizada em 2003 pelo Comitê Assessor do MCT para as propostas de Nanociências e Nanotecnologia (doravante CA-NANO), composto especialmente para tal fim. No Quadro 22 a seguir apresentamos os nomes, a afiliação institucional à época e a área de formação dos componentes do CA-NANO.

Quadro 22 - Comitê Nano de avaliação das redes formadas em 2001, ano 2003

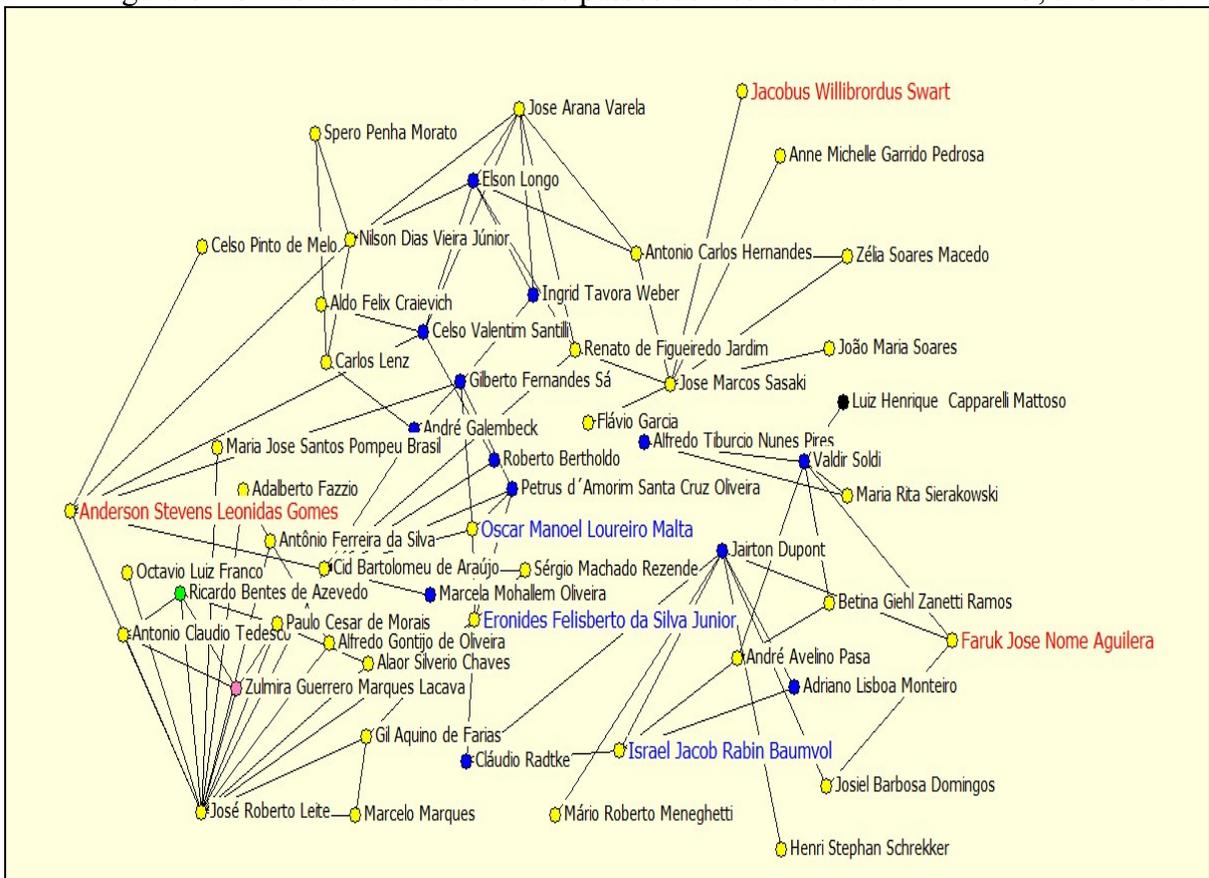
PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO*	ÁREA DE FORMAÇÃO
Anderson S. L. Gomes	UFPe	Física
Antonio Carlos Ancelotti Jr	EMBRAER	Engenharia Mecânica
Faruk José Aguilera	UFSC	Química
Jacobus W. Swart	UNICAMP	Engenharia elétrica
João Marcos Alcoforado Rebello	UFRJ	Engenharia Metalúrgica
Hércules P. Neves	UCLA -EUA	
Roberto Carlos Salvarezza	UNLP-Argentina	Engenharia elétrica Físico-química
Raphael Tsu	UNCC-EUA	Química

Fonte: CNPq. Plataforma Lattes.

* A Instituição de cada pesquisador reflete sua afiliação institucional no ano de 2000.

Dos participantes do comitê de 2003, apenas Anderson Gomes integra a Comunidade Nano, e, além dele apenas, Faruk Aguilera e Jacobus Swart apareceram conectados à RedeNano. A principal razão para a desconexão dos outros atores deve se explicar pelos seguintes fatos: Antonio Ancelotti Jr era engenheiro da Embraer sem muita atuação na academia e João Marcos Alcoforado Rebello, engenheiro da área de metalurgia que não possui atuação destacada na área de nanotecnologia. Já Hercules Neves, Roberto Salvarezza e Raphael Tsu eram pesquisadores estrangeiros convidados, portanto as relações de co-autoria não puderam ser verificadas. Interessante notar que, quando unimos as redes egocentradas dos três atores que possuem alguma conexão (Anderson Gomes, Faruk Aguilera e Jacobus Swart) e adicionamos um passo a essas redes, os resultados apontam para uma grande conexão com a Comunidade Nano. Vejamos:

Figura 8 - União das Redes com dois passos de três atores do CA-NANO, ano 2003.



Fonte: Elaboração própria. Figura obtida no *Netdraw*.

A figura nos revela que, com a união da rede de apenas três avaliadores, três dos quatro avaliados aparecem conectados. De acordo com a avaliação do Comitê, os resultados alcançados pelas redes foram bastante satisfatórios, ressaltando como ponto positivo, entre outros, a distribuição geográfica das redes. Como ponto negativo, foi destacado um desequilíbrio entre as atividades de nanociência e nanotecnologia. Para o Comitê, foi positivo o avanço das nanociências, porém ressaltou-se a necessidade de avanços tecnológicos, inclusive com geração de patentes, o que deveria se dar com uma maior aproximação entre os grupos e o setor empresarial (BRASIL, 2006). A orientação das políticas para a área de N&N a partir de 2003 teve como respaldo as conclusões do CA-NANO.

Ainda em 2001, a criação dos Institutos do Milênio também se consubstanciou numa das primeiras ações do PBNano. Apesar de não ser atividade exclusiva dessa política, o edital previa reserva de financiamento para as “áreas da ciência e tecnologia consideradas

estratégicas pelo Ministério de Ciência e Tecnologia” e nelas estavam incluídas as nanotecnologias. Naquele ano os Institutos aprovados para a área de nanotecnologias foram os seguintes:

Quadro 23 - Institutos do Milênio na área de nanotecnologia, ano 2001

INSTITUTO	COORDENADOR	INSTITUIÇÃO	ÁREA DE FORMAÇÃO
Nanociências	Alaor S. Chaves	UFMG	Física
Materiais Complexos	Fernando Galembeck	Unicamp	Química
Multidisciplinar de Materiais Poliméricos	Roberto Mendonça Faria	USP	Física
Rede em Sistema em Chip, Microsistemas e anoeletrônica.	Jacobus Willibrordus Swart	Unicamp	Engenharia Elétrica

Fonte: Elaboração própria.

Chaves e Galembeck (negritados acima) são integrantes da Comunidade Nano, com grande notoriedade na mídia especializada. Faria e Swart estão muito perto da Comunidade, pois, como visto, com apenas um passo acessam ao menos um integrante da rede. A cada passo dado a mais, o número de conexões se multiplica exponencialmente. Vale à pena destacar que os Institutos do Milênio podem ser os principais responsáveis pelo aumento da coesão da Comunidade Nano, tendo em vista que envolveram uma enorme quantidade de instituições e pesquisadores. Em 2005, o edital CNPq nº 01/2005 aprovou novamente as propostas de todos os Institutos criados em 2001.

Entre os anos de 2002 e 2003, as atividades do PBNano estiveram circunscritas à execução dos trabalhos das Redes e dos Institutos do Milênio, pois 2002 foi um ano eleitoral, o que em geral costuma “congelar” o andamento da maioria das políticas públicas no Brasil, e 2003 foi um ano de sucessão no executivo federal, inclusive com troca de ministros. Mas, a despeito desse marasmo, 2003 foi o ano de elaboração do Planejamento Plurianual obrigatório para os governos e a elaboração do PPA 2004-2007 foi, como visto, um capítulo importante do PBNano.

Em janeiro daquele ano, passou a ocupar a pasta do MCT o cientista político Roberto Átila Amaral Vieira¹¹³, da PUC-Rio, e dois nomes da Comunidade Nano assumiram posições importantes na execução de políticas: o químico Fernando Galembeck, da Unicamp, que assumiu a Diretoria de Políticas e Programas Temáticos do MCT, e o físico José Roberto Leite, da USP, que assumiu a Diretoria de Programas Horizontais e Instrumentais do CNPq.

Entre 1999 e 2002, F. Galembeck ocupou assento no Conselho Deliberativo (CD)¹¹⁴ do CNPq, porém muito antes disso já participara de atividades que discutiam os rumos da PCT no Brasil, como, em 1993, quando elaborou parte do documento “Ciência e Tecnologia no Brasil: uma nova política para um mundo global”, que serviu de insumo para o PADCT naquele ano (SCHWARTZMAN *et.al.*, 1993). Em 2003, Galembeck coordenou o GT que elaborou a proposta do PDN&N para o PPA 2004-2007. Todos os integrantes do GT aparecem listados no quadro abaixo.

¹¹³ Roberto Amaral é também formado em Direito e Filosofia, além de exercer a profissão de jornalista. Foi Ministro de janeiro de 2003 a janeiro de 2004, sendo sucedido pelo economista Eduardo Campos que ocupou a pasta entre janeiro de 2004 e julho de 2005.

¹¹⁴ O Conselho Deliberativo do CNPq é sua maior instância de poder decisório. Trata principalmente da aplicação dos recursos, da definição do orçamento, além de ações concernentes às políticas da instituição. Disponível em: <http://www.cnpq.br/cnpq/cd.htm>, Acessado em: 31 de agosto de 2011.

Quadro 24 - Grupo de Trabalho para a área de Nano – PPA: 2004-2007

PESQUISADOR	INSTITUIÇÃO	ÁREA DE FORMAÇÃO
Alaor Chaves	UFMG	Físico
Carlos Alberto Achete	UFRJ	Engenheiro
Darc Antônio da Luz Costa	BNDES	Engenheiro
Eronides Felisberto da Silva Jr	UFPE	Física
Israel Jacob R. Baumvol	UFRGS	Física
Jacobus W. Swart	UNICAMP	Engenheiro
José Maria Fernandes Marlet	EMBRAER	Física
José Roberto Leite	CNPq	Física
Marcel Bergerman	GENIUS	Engenheiro
Nelson E. Duran	UNICAMP	Químico
Oswaldo Luis Alves	UNICAMP	Químico
Wanderley Marzano	AEGIS	Engenheiro

Fonte: Lista de nomes obtida em BRASIL (2006). Obs.: O campo “Instituição” reflete a afiliação institucional naquele ano.

Como podemos ver em destaque, metade do GT que formatou a proposta do Programa foi composto por membros da Comunidade Nano. Interessante notar que à exceção de Carlos Achete e Jacobus Swart, os outros integrantes do GT encontram-se na Região 3 da RedeNano (Figura 3), ou seja, estão desconectados não somente da comunidade, mas também da RedeNano. Isso se explica claramente pelo fato desses atores não fazerem parte de comunidades acadêmicas e de pesquisadores. Carlos Achete e Jacobus Swart são engenheiros, o que talvez explique a ausência na Comunidade. Porém verificamos que ambos têm acesso a ela com apenas um passo, sendo que o primeiro ator se conecta diretamente ao núcleo da Comunidade. Considerando que conexão permite construir coesão em decisões, ressalta-se assim o poder da Comunidade Nano em influenciar diretamente a construção da proposta do PDN&N.

Silva *et.al.* (2006, p. 80), num estudo sobre redes de co-autoria, concluíram que a ciência funciona bem quando a comunidade de pesquisadores é densamente conectada. Porém, vale à pena questionar: o que caracteriza o bom funcionamento da ciência? Seria o número de patentes? Artigos publicados? Ciência e tecnologia ainda carecem de uma discussão muito ampla no Brasil, sobretudo incorporando debates acerca das instâncias decisórias para se entender o que pode ser considerado bom ou ruim.

Vale destacar que, de 1999 a 2009, o Conselho Deliberativo do CNPq sempre contou com a presença de ao menos um representante da Comunidade Nano, sendo que entre 2001 e 2005 a Comunidade se fez representar por dois atores anualmente (Revezaram nas cadeiras Fernando Galembeck, Oswaldo Luiz Alves e Jailson Bittencourt de Andrade), além de outros atores já conhecidos por sua proximidade com a comunidade, quais sejam: Sérgio Machado Rezende e Jacobus Swart. E, entre 2000 e 2009, revezaram-se na Diretoria de Programas Horizontais e Instrumentais: Celso Pinto de Melo, José Roberto Drugowich de Felício e José Roberto Leite, os dois primeiros próximos à Comunidade e o terceiro um importante expoente da Comunidade. Vale ressaltar, conforme pode ser observado na Figura 4, que José Roberto Leite apareceu como o mais destacado na Comunidade Nano em termos de índices de centralidade. A presença de Sérgio Rezende (UFPE) no CD do CNPq se deu enquanto Presidente da Finep nos anos de 2003 e 2004.

Uma instituição também decisiva na formatação do PBNano foi a Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologia do MCT, criada em 2003. Desde 2003 até 2011 passaram por essa

coordenação cinco atores, nenhum deles diretamente conectados à Comunidade Nano por relações de co-autoria, embora três deles possam ser alcançados pela comunidade por apenas um ou dois passos. Além disso, a circulação intensa de vários atores da comunidade pelos bastidores da política nos faz intuir a existência de laços que não puderam ser captados nas redes de colaboração.

Quadro 25 - Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologia do MCT, 2003-2011

COORDENADOR	PERÍODO	Pode ser alcançado pela comunidade por:	Área de Formação
Alfredo de S. Mendes	2003-2005 2008-2009	Desconectado	Química
Márcio Augusto dos Anjos	2006	Desconectado	Engenharia Metalúrgica
Antonio Alberto Ribeiro Fernandes	2007-2008	2 passos (a partir do núcleo forte)	Física
Mário Norberto Baibich	2008 e 2010	1 passo	Física
Adalberto Fazzio	2011	1 Passo (a partir do núcleo forte)	Física

Fonte: Elaboração própria. Dados do período de gestão obtidos nas diversas edições do Diário Oficial da União

O primeiro coordenador foi Alfredo de Souza Mendes que exerceu atividades entre 2003 e 2005, voltando à coordenação nos anos de 2008 e 2009. Mendes é graduado em química pela UNB (1971-75) e desde 1995 é funcionário de carreira do MCT. Sua ausência da Comunidade Nano pode ser explicada por dois motivos: por seu tipo de atuação em atividades tecnocráticas no MCT e pelo fato de seu Currículo Lattes não disponibilizar informações sobre produção científica¹¹⁵. Considerando que as relações nas redes de colaboração captam apenas um aspecto de uma rede de relações, a passagem de vários membros da Comunidade por diversas estruturas do MCT sinaliza a proximidade de Mendes. Soma-se a isso sua afiliação profissional à área de Química.

Em 2006, o engenheiro Márcio Augusto dos Anjos era funcionário de carreira do MCT, pouco envolvido com a Comunidade Nano, porém bastante conectado à Alfredo Mendes, inclusive participando anteriormente à sua nomeação da produção de relatórios de pesquisa. Não é um ator destacado na produção acadêmica, porém é possível supor que quem se relaciona com Mendes, se relaciona com Márcio dos Anjos.

Entre 2007 e 2008, passou pela coordenação Antonio Fernandes, físico formado pela UFRJ (1974-78). É professor da Universidade Federal do Espírito Santo com grande entrada em diversas Fundações de amparo à pesquisa nos Estados do Maranhão, Rio de Janeiro, Espírito Santo e de Pernambuco. Por essa atuação, mesmo não tendo conexões de co-autoria com os membros da Comunidade Nano, é razoável supor sua proximidade com alguns dos seus integrantes, sobretudo devido às suas estadas nas FAPs do Rio de Janeiro e Pernambuco. Essa suposição comprova-se quando vemos através do Quadro 25 acima que, com apenas dois passos (um único intermediário), o núcleo forte da Comunidade chega até Fernandes.

Mário Baibich é graduado em física pela UFRGS (1969-72) e Professor do Departamento de Física dessa mesma Universidade desde 1982. Baibich tem média interlocução com a Comunidade Nano, já que com apenas um passo ele é acessado por um membro, com dois e três passos esses acessos aumentam exponencialmente.

¹¹⁵ Aqui se destaca uma limitação das redes de co-autoria, já que, em alguns casos, tecnocratas que integram uma rede social muitas vezes não são identificados através das colaborações acadêmicas com seus pares.

Por fim, Adalberto Fazzio, que assume a coordenação em 2011, também é físico e contemporâneo de Mendes durante a graduação na UNB (1970-72). Professor do Instituto de Física da USP, já ocupou a presidência da Sociedade Brasileira de Física e é consultor da área de ciências físicas da Academia Brasileira de Ciências. Fazzio está conectado ao núcleo da Comunidade Nano por apenas um passo e, assim como Baibich, não possui intermediários. Com apenas dois passos (um intermediário) Fazzio é acessado por 12 membros da Comunidade.

Em 2008, o Edital nº 15/2008 lançado pelo CNPq envolvendo diversas instituições de financiamento, aprovou propostas para a criação dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), dentro do programa criado pela Portaria MCT Nº 429, de 17 de julho de 2008. Esse Programa nasce como componente estratégico do SNDCT&I e do Plano de Ação em CT&I 2007-2010. Na área de N&N os institutos aprovados foram os que constam no quadro abaixo. Vejamos:

Quadro 26 - INCTs na área de N&N aprovados em 2008

INCT	Coordenador	Com. Nano	Passos	Área
Catálise em sistemas moleculares e nanoestruturados	Faruk J.Aguilera	Não	1	Núcleo
Sistemas micro e nanoeletrônicos	Jacobus W.Swart	Não	1	SB-02
Nanomateriais de carbono	Marcos A. Pimenta	Sim	0	Núcleo
Nanotecnologia para marcadores integrados	Oscar M.Loureiro Malta	Sim	0	Núcleo
Nanodispositivos semicondutores	Patricia Lustoza de Souza	Não	1	SB- 01
Nanobiotecnologia do centro-oeste e norte	Ricardo B. de Azevedo	Sim	0	SB- 01
Nanobiofarmacêutica	Robson A. S. Santos	Não	2	Núcleo
NanoBioEstruturas e Simulação NanoBioMolecular	Benildo Sousa Cavada	Não	1	Núcleo
Engenharia de Superfícies	Israel J. R. Baumvol	Sim	0	SB-03
Ciências dos Materiais em Nanotecnologia	Elson Longo	Sim	0	SB-02
Materiais Complexos Funcionais	Fernando Galembeck	Sim	0	Núcleo

Fonte: Elaboração própria. Obs.: Com.Nano = Comunidade Nano. Passos = nº de passos para acessar a rede. Área: área da Comunidade acessada pelo número de passos.

Como podemos ver no quadro acima, dos 11 INCTs aprovados para a área de N&N, seis são coordenados por integrantes da Comunidade Nano, sendo três participantes do seu núcleo, e três pertencentes aos Subgrupos (SB) 01, 02 e 03. Os outros atores, alguns já conhecidos de nossa análise, estão muito próximos da Comunidade, a maioria com apenas um passo (sem intermediários) acessando os principais membros.

Na Tabela 20 abaixo sistematizamos a análise do padrão de relações dos atores que tiveram projetos aprovados nos editais do CNPq com a Comunidade Nano e os Comitês. A Tabela evidencia a dinâmica da seleção dos projetos vencedores nos editais do CNPq. A coluna “Participantes da Comunidade Nano” mostra o número de membros do comitê avaliador de cada edital que faz parte da Comunidade Nano, bem como a proporção de projetos dos participantes da Comunidade Nano que foi aprovada nos editais. Excluindo os participantes que estão desconectados da RedeNano, calculamos o número médio de passos que cada ator não participante da comunidade precisa dar para alcançá-la. Em média, com apenas 1,14 passo, todos os ganhadores de projetos acessam algum dos 56 atores da Comunidade. Isso evidencia uma grande proximidade de todos os ganhadores de projetos.

Tabela 20 - Padrão de conexões dos Ganhadores de projetos

EDITAL	Participantes da Comunidade Nano		Passos Para se Conectar	Passos para acessar o Comitê	Passos para acessar qualquer Comitê
	Comitê	Ganhadores			
Edital MCT/CNPq n° 001/2001*	-	4 de 04	0,00	-	-
Edital MCT/CNPq n° 012/2004	3 de 7	3 de 12	1,16	2,89	1,89
Edital MCT/CNPq n° 013/2004	1 de 5	0 de 04	-	-	-
Edital MCT/CNPq n° 029/2005	3 de 9	5 de 10	1,00	2,30	1,30
Edital MCT/CNPq n° 031/2005*	-	3 de 05	1,00	-	-
Edital MCT/CNPq n° 043/2006	2 de 5	6 de 08	1,00	2,71	1,43
Edital CNPq/MCT n° 009/2007	5 de 7	4 de 38	1,14	3,07	1,69
Edital CNPq/MCT n° 010/2007	3 de 6	6 de 12	1,50	2,40	1,10
Edital MCT/CNPq n° 74/2010*	-	5 de 17	1,17	-	-
Média	-	-	1,14	2,67	1,48

Fonte: Elaboração própria. Base de dados da RedeNano.

* Não foi possível acesso aos nomes dos participantes dos comitês técnicos de avaliação.

Calculamos também o número médio de passos que cada ator que teve projeto aprovado deve dar para alcançar algum ator do Comitê responsável pela avaliação de seu projeto. A média geral de passos é de 2,67 passos, com o mínimo de 2,3 e máximo de 3,07. O mínimo aconteceu no edital 029/2005, onde 50% dos ganhadores participam da Comunidade Nano. O máximo ocorre no edital 09/2007, que, como já visto tratou-se de um edital para jovens pesquisadores, naturalmente mais distantes da comunidade. Quando consideramos a possibilidade de conexão dos ganhadores com qualquer ator com alguma passagem pelos Comitês técnicos do CNPq (referentes aos editais selecionados), a média geral de passos para acesso cai determinantemente para 1,48 passo¹¹⁶.

Em quase todos os editais havia ao menos um ganhador de projeto com conexão direta com o Comitê julgador. Mas foi no edital 10/2007 que esse número mais se acentuou, já que, dos 12 projetos aprovados, quatro tinham conexão direta com algum membro do comitê avaliador daquele edital. Vejamos, por fim, que apenas no edital 013/2004 (o edital das ciências humanas) nenhum ganhador tinha conexão com o comitê.

Como visto anteriormente, ainda no ano de 2004, foi definida a composição do Conselho Diretor da Rede BrasilNano, instituição de coordenação das atividades das redes de pesquisa em nanotecnologia cujos membros foram nomeados em 2005. Sua composição foi a seguinte: Secretário de Políticas e Programas de P&D do MCT (Presidência); um diretor da Finep; um diretor do CNPq; o presidente do Fórum de Secretários Estaduais de Ciência e Tecnologia; o presidente do Fórum de Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa; um representante indicado conjuntamente pela Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Empresas Inovadoras (Anpei), Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (ABIPTI) e Associação Nacional de Entidades Promotoras de Empreendimentos Inovadores (Anprotec); quatro pesquisadores brasileiros de notória competência; dois pesquisadores estrangeiros de notória competência; um diretor da Agência

¹¹⁶ Todos os cálculos foram realizados com base em simulações com as redes egocentradas de cada um dos ganhadores de projetos. Para facilitar a análise incorporamos o atributo “Comitê” na base de dados da RedeNano.

Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI); e dois representantes de empresas ou associações empresariais.

Naquele ano, o Secretário do MCT era o Professor Cylon Silva, destacado físico e pesquisador do LNLS. Ao olhar a Comunidade Nano definida em nosso estudo, verificamos a ausência desse pesquisador. No entanto, nos parece que isso ocorreu tendo em vista que o acesso ao seu currículo está limitado a algumas informações básicas, não sendo possível capturar os dados de co-autoria. Considerando a notoriedade que esse pesquisador apresenta nas várias informações disponibilizadas acerca das atividades em N&N no Brasil, intuimos sua relevância no âmbito da política.

O Diretor do CNPq escolhido para fazer parte da Rede foi o físico José R. D. de Felício, professor da USP desde 1996 e Diretor de Programas Horizontais do CNPq entre 2004-2010. Apesar de não aparecer destacado na Comunidade Nano, verificamos que, com apenas um passo, ele acessa a Comunidade, e com dois passos ele se conecta aos atores mais influentes e poderosos. Vale destacar que Felício foi contemporâneo de F. Galembeck e Jailson Bittencourt no CNPq.

Dos quatro pesquisadores brasileiros de notória competência, dois se destacam por estarem incluídos na Comunidade Nano, quais sejam: o engenheiro e físico Cid B. Araújo, da UFPE e o químico Jailson B. de Andrade, da UFBA (o mesmo do CD-CNPq). Andrade está a um ou dois passos dos principais elos da Comunidade, e Araújo está entre os principais atores, apresentando destacadas medidas de centralidade. Ambos fazem parte do Subgrupo 01, onde se encontram os atores mais conectados que constituem o núcleo da Comunidade Nano.

Por fim, dentre as estruturas e instâncias decisórias, em maio de 2011 foi instituído o Comitê Consultivo para a área de nanotecnologia, com o objetivo de assessorar o MCT sobre os macro-objetivos a serem alcançados, indicar as diretrizes a serem adotadas no apoio a projetos e avaliar a alocação de recursos (BRASIL, 2011). Dos 11 integrantes do Comitê, cinco são da Comunidade Nano, a saber: André Galembeck (químico), Luiz Henrique Capparelli Mattoso (engenheiro), Marcos Assunção Pimenta (físico), Oswaldo Luiz Alves (químico) e Rubem Sommer (físico). Compõem ainda o Comitê Adalberto Fazzio (físico, então coordenador geral de micro e nanotecnologia do MCT), Antonio José Roque Da Silva (físico), Carlos Alberto Achete (engenheiro especialista em metalurgia física), Sílvia Staniscuaski Guterres¹¹⁷ (farmacêutica), além do empresário e representante da Anpei Guilherme Marco De Lins e do economista Rafael Lucchesi, representando a CNI (que integrou a Rede BrasilNano em 2005, como representante dos secretários estaduais de C&T).

A partir da análise conduzida, parece ser incontestável o poder de penetração da Comunidade Nano em todas as instâncias decisórias e de chancela no âmbito do PBNano. Além disso, o padrão de relações evidenciou uma ampla conexão, a maioria delas sem intermediários, entre os executores de projetos e os articuladores de política. A análise pontual dessas estruturas ratificou também o domínio exercido pelos cientistas da Área da Física, com colaboração de seus pares da Química (em geral físico-químicos) e alguns engenheiros (em geral, físicos de materiais).

Ao construir essa análise, pudemos observar cuidadosamente o perfil acadêmico-científico dos atores que compõem a RedeNano, e, mais detalhadamente, a Comunidade Nano. É evidente que se trata de pesquisadores da mais alta competência, como requerem as estruturas. Essa competência, imersa nas instâncias decisórias, construiu uma agenda de política que se adequa, no campo da ciência básica, àquilo que o Brasil necessita para avançar

¹¹⁷ Do Grupo de Articulação de 2000.

na área de N&N. No entanto, ela não parece ter sido capaz de dirimir as vicissitudes das políticas de C&T. Pode-se sugerir, inclusive, que tal fragilidade seja fruto do próprio comunitarismo no campo científico. É o que buscamos refletir nas duas seções seguintes que encerram nossa análise.

3.5 SOBRE AS PREOCUPAÇÕES FUNDAMENTAIS DA TESE

Retomando o que foi evidenciado no capítulo I acerca dos potenciais riscos das nanotecnologias (os pesadelos), dedicamos as próximas páginas à análise de como o tema foi incorporado pelo PBNano. Além disso, reconhecendo a funcionalidade da participação da sociedade civil na construção da política, também procedemos a uma verificação dos fóruns criados para o envolvimento desses atores no debate público e na operacionalização dos marcos regulatórios das N&Ns no Brasil.

Os atores que participaram da elaboração do documento preliminar no início do ano de 2001, que representou as principais orientações do primeiro grupo de trabalho formal sobre nanotecnologia no Brasil, propuseram, como um dos pontos importantes da política, a criação de um “consenso” na comunidade científica e fora dela (na sociedade de forma geral) sobre o importante papel que a nanociência e a nanotecnologia representavam para o País nos próximos anos, explicitando seu impacto social e econômico. Ou seja, o primeiro e principal documento de orientação já destacava a necessidade de criar “consenso do importante papel” e explicitar “o impacto social e econômico”. Analisando esse documento, nos parece que, se o papel é importante, os impactos somente poderão ser bons, o que justificaria então a ausência de políticas específicas para análises de risco.

Os atores que integraram o grupo de trabalho criado em maio de 2003 para desenvolver a proposta do PDN&N destacaram, como objetivo específico do Programa, promover a “informação da sociedade sobre os impactos da Nanotecnologia na vida do cidadão, as novas oportunidades e os riscos de obsolescência que ela cria para produtos e processos atuais”. Apesar de ser um objetivo, essas questões não são contempladas nas diretrizes, nas metas e nas ações, tampouco nos resultados esperados com a execução do Programa. Cabe então mais uma observação crítica acerca do PBNano, qual seja: demasiado entusiasmo com as novas oportunidades tenderia a restringir os incentivos às pesquisas sobre os impactos o que reduz a complexidade dos riscos à obsolescência de produtos.

No ano de 2004, as preocupações em relação aos impactos éticos, econômicos, sociais, ambientais e legais são definitivamente incorporadas aos editais de pesquisa. Inclusive, nesse ano, o CNPq lançou o Edital MCT/CNPq nº 013/2004 com objetivo específico de selecionar propostas de pesquisa visando o apoio financeiro a estudos voltados para os impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil. Os projetos deveriam gerar e difundir informações ao público em geral.

Nesse edital, foram aprovados quatro projetos com os seguintes temas: propriedade intelectual em nanotecnologia (coordenado por uma engenheira); impasses éticos nas ciências da vida (coordenado por um filósofo); estudos de impactos econômico, tecnológico, social, ambiental e regulatório no setor farmacêutico (coordenado por um economista); e governança da nanotecnologia (coordenado por uma filósofa). Veja o Quadro 27 a seguir.

Quadro 27 - Coordenadores dos projetos vencedores no edital MCT/CNPq nº 013/2004

COORDENADOR	Área de Formação	Com. Nano	Passos para acessar
Cláudia Inês Chamas	Engenheira	Não	Não acessa
Marcos Alexandre Gomes Nalli	Filósofo	Não	Não acessa
Paulo Antônio Zawislak	Economista	Não	Não acessa
Julia Silvia Guivant	Fisósofa	Não	Não acessa

Fonte: Elaboração própria.

Os projetos foram avaliados por um Comitê composto por um engenheiro e químico (integrante da Comunidade Nano), um cientista social (desconectado da RedeNano), um cientista político (desconectado da RedeNano), um físico (Conectado a RedeNano) e um agrônomo (Conectado a RedeNano). Como se pode observar também se pode observar no Quadro 27, nenhum dos coordenadores dos projetos aprovados consegue acessar a comunidade de pesquisa, assim, pode-se supor que os resultados de suas pesquisas têm pouca entrada nas “conversas” da comunidade de pesquisa.

O edital 13/2004 foi o único de caráter multidisciplinar que abarcou outras áreas de atuação, para além das tradicionalmente abarcadas pelos outros editais. Ele parece ter surgido como uma resposta à pressão que provinha de algumas forças que passaram a criticar as falhas da política de N&N no Brasil, sobretudo quando estas se consubstanciaram em 2004 na Rede Brasileira de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma). A partir de 2004, alguns editais incorporaram o seguinte texto em seus objetivos: “(...) bem como pesquisas sobre seus impactos éticos, sociais e ambientais.” No entanto, quando analisamos os temas dos projetos aprovados ao longo desses anos, nos parece que a incorporação desse texto ficou apenas no plano da retórica.

Olhando agora para a Rede BrasilNano, já analisada anteriormente, vemos no artigo 2º do documento que instituiu a Rede, que uma de suas finalidades é a “promoção de estudos sobre os impactos em políticas públicas, éticos ou ambientais provenientes das nanotecnologias”. No entanto, argumentamos, na mesma linha que fazem Martins *et.al.* (2007), que a composição do seu Conselho dificulta a promoção desse tipo de estudo, já que por um lado inclui aqueles que são potencialmente entusiastas da tecnologia (Comunidade Nano, empresários, entre outros) e exclui instituições que normalmente são treinadas para perceber com mais fulgor os efeitos colaterais (p.e., sindicatos e organizações sociais de direitos difusos, pesquisadores das ciências humanas e sociais, etc.).

A PITCE também tratou de forma marginal no plano de inovação e desenvolvimento tecnológico a questão da redução dos riscos para a inovação, mas negligenciou em todo o seu documento os riscos à saúde, ao meio ambiente e ao trabalhador.

Já na elaboração do PDP lançado em 2008, o MDIC divulgou as instruções para a elaboração de diretrizes para a construção de medidas para a área de nanotecnologia. No que se refere à construção de Marco Legal e Normativo, propôs a criação de um Grupo de Trabalho para “investigar questões de risco e impactos no trabalho e ambiental para a nanotecnologia e suas implicações legais”. Os responsáveis pela criação do GT seriam a ABDI e a CNI¹¹⁸. Mais uma vez, um componente fundamental do PBNano negligencia a

¹¹⁸ Orientações disponíveis em: <http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/politica/setores/nanotecnologia/84>. Acesso em 20 de junho de 2011.

participação de organizações fundamentais para se pensar num desenvolvimento equilibrado e sustentável das atividades de N&N no Brasil.

Analisando a PDP percebemos que quando se fala em riscos, tem-se como referência aqueles ligados à crise financeira; quando refere-se à saúde, trata-se da dinamização do Complexo Industrial da Saúde; e quando trata dos trabalhadores, refere-se à necessidade de sua colaboração com empresas e governo a fim de promover o sistema produtivo. O risco é financeiro, a saúde é um negócio e o trabalhador é um recurso humano que precisa ser treinado para aumentar sua produtividade marginal. Essa é uma visão típica dos representantes da indústria.

Interessante notar que em 2009 a ABDI promoveu um estudo sobre o panorama das nanotecnologias no Brasil e no mundo, dedicando uma breve seção para uma reflexão sobre “Marco regulatório, aspectos éticos e de aceitação pela sociedade”. Após apresentar algumas iniciativas no âmbito internacional, mostrando inclusive que alguns governos têm buscado aumentar os investimentos nessa área, o documento não avança na descrição do panorama brasileiro acerca desse tema. Ao fim da seção que trata do tema, o documento conclui que:

Prevê-se que a nanotecnologia estará presente mesmo nas indústrias mais tradicionais, tornando processos de produção mais baratos, menos agressivos ao meio ambiente e de menor consumo de energia, além de oferecer produtos mais funcionais e de maior valor agregado. Por outro lado, o alto grau de inovação associado a futuras mudanças em produtos e processos industriais geradas pelo avanço das nanotecnologias emergentes poderá causar a obsolescência de diversos produtos e processos que hoje estão em uso (ABDI, 2009b).

Vemos, mais uma vez, que “risco” tornou-se sinônimo de “obsolescência” e que a nanotecnologia tende a ser, necessariamente, mais positiva do que negativa. Vale destacar que nos estudos da ABDI a equipe técnica era composta, fundamentalmente, por engenheiros, além de dois físicos como consultores, sendo um membro da Comunidade Nano e um da RedeNano. Um dos seus consultores é membro de uma empresa *spin off* denominada “Nanotecnologia Sustentável”, cujo termo sustentabilidade refere-se às ações para tornar os produtos da nanotecnologia viáveis comercialmente.

Os dados de inovação da indústria brasileira (extrativa e de transformação) revelam a percepção dos empresários acerca dos impactos de suas inovações. Na tabela 21 a seguir essa percepção está dividida em três categorias: redução do consumo de energia, redução do consumo de água e redução dos impactos ambientais ou aqueles ligados à saúde e segurança.

Tabela 21 - Grau de importância dos impactos das inovações atribuída pelos empresários brasileiros, 1998-2008

Período	Total (em nº de empresas)	Redução do consumo de energia (%)		Redução do consumo de água (%)		Redução do impacto ambiental e/ou em aspectos ligados à saúde e segurança (%)	
		Alta	Baixa e não relevante	Alta	Baixa e não relevante	Alta (1)	Baixa e não relevante
2006-2008	41 262	10	70	5	82	20	68
2003-2005	32 796	5	85	3	93	19	68
2011-2003	28 036	4	88	2	96	23	63
1998-2000	22 698	9	76	-	-	24	57

Fonte: Elaboração própria a partir dos Relatórios da Pesquisa de Inovação Tecnológica (IBGE, Várias edições). (1) Para o período 2006-2008, dada a disparidade dos dados, foram utilizados apenas aqueles relacionados à redução do impacto ambiental.

Vejamos que, na opinião dos empresários inovadores brasileiros, em geral é baixa e irrelevante a maior parte das inovações no que se refere aos aspectos ambientais (incluindo água e energia), de saúde e segurança. Isso sugere que somente políticas públicas bem elaboradas, que incorporem essas questões de forma criativa e definitiva, podem mudar esse cenário de total indiferença por parte das empresas no tocante às questões fundamentais de interesse dos estudos sociais que tratam da relação entre ciência, tecnologia e sociedade.

Analisando o título dos editais de pesquisa em nanotecnologia aprovados no Brasil, percebemos a incipiência de estudos sobre riscos toxicológicos. Quando se trata de aspectos éticos, legais e de saúde do trabalhador, pode-se dizer que não existe nada além das breves contribuições dos projetos aprovados no edital 013/2004. Atribuímos isso à visão do progresso à qualquer custo. As palavras “riscos, segurança, ética, toxicidade” são raras na retórica da *Policy* e praticamente ausentes na execução da política. Sem esses estudos é impossível saber o que pode dar errado, o que deve ser evitado ou controlado ou como agir na ocorrência de acidentes. Mais ainda, sem estudos críticos não se pode ter nenhuma noção “científica” sobre os potenciais de “sacrifício” da nova tecnologia.

Em 2010, foi criado o primeiro curso de graduação em nanotecnologia no Brasil, com a proposta de formar cientistas e profissionais altamente preparados para o futuro. Porém, ao analisarmos a grade curricular do curso, não encontramos nenhuma disciplina que trate de aspectos éticos em pesquisas ou que discuta sociologia ou filosofia da ciência. Com isso, os “nanotecnólogos” brasileiros tendem a nascer com um olhar parcial acerca do desenvolvimento científico e tecnológico.

A história da ciência e da técnica muitas vezes revela equívocos acerca de inovações redentoras. Desnecessário replicar o velho exemplo do amianto, já que as situações embaraçosas que envolvem novas tecnologias se multiplicam ao longo do tempo. Nos últimos anos, por exemplo, os cientistas descobriram que a gordura “trans”, criada pela ciência para facilitar a vida em diversas situações (inclusive na manufatura de alimentos), pode ser a principal responsável por diversos casos de câncer de mama. Em junho de 2011, cientistas de uma instituição de pesquisa ligada à Organização Mundial da Saúde apontaram uma possível relação entre o uso de aparelhos celulares e casos de câncer. Interessante notar que, nos dois casos acima, o uso das tecnologias tornou-se indiscriminado e por muito tempo inquestionável. Claro está que a proposição de estudos toxicológicos e de riscos concomitantes ao desenvolvimento de uma tecnologia não significa a promoção de tecnofobia, mas sim de precaução.

É mister reconhecer que o campo científico está envolto por uma cadeia poderosa de interesses diversos, que envolve grandes conglomerados e profissionais, com interesses e opiniões díspares. A título de exemplo, vale destacar que, em meados de 2011, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Brasil (ANVISA) se viu acometida por uma polêmica em torno da liberação (ou não) de medicamentos utilizados no tratamento da obesidade. De um lado, a Câmara Técnica de Medicamentos (CATEME), composta por especialistas, indicou a proibição de várias drogas; de outro lado, técnicos de carreira da Agência e o Conselho Federal de Medicina propunham a liberação. O que aflorou nessa polêmica não foi somente um conflito ideológico, mas também a dificuldade de o Estado promover a regulação de “tecnologias” que carregam consigo o poder de redenção (no caso o emagrecimento), que mexem com vaidade de campos científicos (autonomia dos médicos) e que promovem alta lucratividade (neste caso para a indústria farmacêutica).

Os exemplos da indústria de alimentos e de medicamentos são emblemáticos para desvelar o quão fundamental é a interação entre ciência e sociedade, promovendo a politização da ciência e da tecnologia, para conduzir as inovações a trajetórias mais

auspiciosas. Não se pode esperar que a indústria financie pesquisas sobre toxicidade ou sobre os descaminhos de tecnologias. Essa deve ser uma função do Estado e estar contemplada nos planos de governo e na execução de políticas como prática rotineira, e não somente como retórica.

Na próxima seção finalizaremos nossa análise empreendendo um balanço sobre os resultados obtidos nesse processo em que a política, enquanto plano de governo, está imersa num ambiente marcadamente político (os jogos de interesses).

3.6 RESULTADOS DA *POLICY* E DA *POLITICS*: UM BALANÇO ANALÍTICO

Na apresentação dessa tese evidenciamos nosso interesse pela construção das agendas de política pública para C,T&I no Brasil, dando especial atenção à formatação discursiva e ao tipo de estratégia nas arenas decisórias (*Policy* e *Politics*). Nosso estudo analisou a construção do PBNano, buscando entender sua gestação e execução, sobretudo lançando mão de mecanismos metodológicos que nos permitiram verificar a estrutura das relações sociais imanentes ao ciclo da política¹¹⁹.

Porém, faz-se necessário pautar que as políticas científicas e tecnológicas possuem uma peculiaridade frente às políticas públicas: a inclusão plena da comunidade de pesquisa na arena decisória. A força da comunidade de pesquisa não pode ser entendida apenas por sua intencionalidade para participar da produção da política. Em consonância com as interpretações dos Estudos Sociais em Ciência, Tecnologia e Sociedade, nos parece que o modelo cognitivo que orienta a PCT atribui a essa comunidade inquestionável competência para opinar na *policy*, associada a um, também inquestionável, distanciamento da política nas políticas¹²⁰, ou seja, dos conflitos e interações entre os atores, dos esquemas de cooperação que determinam o mapa da política, a *politics*. Como destacou Bagattolli (2010), esse modelo cognitivo baseia-se na equivocada crença da neutralidade da ciência e do determinismo tecnológico¹²¹.

Ao considerar o cientista como um ente neutro, responsável apenas por propor os rumos e levar a cabo as investigações sobre os temas selecionados pela política pública, negligencia-se a participação da comunidade de pesquisa no jogo estabelecido entre os atores sociais que constroem a agenda da política. Ao contrário do que muitas vezes se pensa, a comunidade de pesquisa é composta por atores sociais com crenças e ideologias acerca do que é desenvolvimento, com esquemas cognitivos que não são alheios ao funcionamento do mundo e que, portanto, também participam ativamente nos dois lados da política¹²². Isso parece ter ficado claro na análise estrutural da RedeNano e da Comunidade Nano.

A comunidade de pesquisa (e também o cientista isolado) é um ator político que participa efetivamente das arenas decisórias, inclusive disputando espaços com outros atores sociais, tal qual a sociedade civil. Uma interpretação desse processo torna-se mais inteligível quando recorremos aos escritos de Pierre Bourdieu sobre a conformação do campo científico. Para Bourdieu (1976), todas as ações e estratégias envolvidas na atividade científica (escolha do campo de pesquisa, métodos empregados, local de publicação, etc.) trata-se de uma

¹¹⁹ Conforme Souza (2006), o ciclo da política passa pela identificação de alternativas, avaliação das opções, seleção das opções, implementação e avaliação das políticas públicas.

¹²⁰ Cf. Romano (2009).

¹²¹ Cf. Dagnino (2007; 2008)

¹²² A própria luta por uma ciência autônoma, livre de regulação e constrangimentos é um ato político.

estratégia política de obtenção do reconhecimento pelos pares-concorrentes; é a busca pela maximização do capital científico¹²³.

Bourdieu (2004a) nos lembra que o campo científico é um mundo social. Assim, é necessário escapar de noções como a de “ciência pura”, livre de qualquer necessidade social, ou de “ciência escrava”, sujeita a todas as demandas político-econômicas. “O campo científico é um mundo social e, como tal, faz imposições, solicitações etc., que são, no entanto, relativamente independentes das pressões do mundo social global que o envolve” (p. 21). Está claro que as nanotecnologias referem-se a um novo campo científico em conformação e, como tal, sua estrutura se define “a cada momento, pelo estado das relações de força entre os protagonistas em luta, agentes ou instituições” (BOURDIEU, 1976).

Como nos fala Bourdieu (1976):

“uma análise que tentasse isolar uma dimensão puramente ‘política’ nos conflitos pela dominação do campo científico seria tão falsa quanto o *parti pris* inverso, mais freqüente, de somente considerar as determinações ‘puras’ e puramente intelectuais dos conflitos científicos”.

Ainda conforme Bourdieu (2004a, p. 31), “os eruditos são interessados, têm vontade de chegar primeiro, de serem os melhores, de brilhar”.

O que o sociólogo francês nos ensina é que a lógica do campo existe, independentemente do mundo que o cerca. É um microcosmo dotado de leis próprias que estará mais ou menos sujeito às pressões externas (macrocosmo), tendo em vista o grau de autonomia que ele dispõe. A autonomia se expressa nos mecanismos acionados pelo campo para se libertar das imposições do mundo exterior, funcionando de acordo com suas próprias determinações, leis, valores, idéias e ideologias internas.

Uma das manifestações mais visíveis da autonomia do campo é sua capacidade de refratar, retraduzindo sob uma forma específica as pressões ou as demandas externas. [...] Dizemos que quanto mais autônomo for um campo, maior será o seu poder de refração e mais as imposições externas serão transfiguradas, a ponto, frequentemente, de se tornarem perfeitamente irreconhecíveis. Inversamente, a heteronomia de um campo manifesta-se, essencialmente, pelo fato de que os problemas políticos aí se exprimem diretamente (BOURDIEU, 2004a, p. 22).

Nesse caso, a politização social, influência crítica do macrocosmo no microcosmo, tende a enfraquecer o campo. E, consonante àquilo que buscamos analisar nessa tese, Bourdieu afirma que é a estrutura das relações objetivas entre os agentes no interior do campo que determina o que eles podem ou não fazer. É a distribuição do capital científico entre os agentes que determina a força relativa de cada ator, que age conforme as pressões impostas por sua participação na estrutura do campo (BOURDIEU, 2004b).

Aqui o conceito de capital científico nos ajuda a entender o tipo peculiar de atuação da comunidade científica, ou de uma comunidade de pesquisa em particular, no âmbito das políticas públicas. Conforme Bourdieu (2004a, p. 26), “o capital científico é uma espécie particular de capital simbólico [...] que consiste no reconhecimento (ou no crédito) atribuído pelo conjunto de pares concorrentes no interior do campo científico”. No caso brasileiro, esse reconhecimento pode vir, por exemplo, com o recebimento da Medalha Nacional do Mérito Científico (Grã Cruz ou Comendador), mas em geral se expressa na entrada dos pesquisadores nos espaços de publicação com maior fator de impacto e na distinção nos índices de

¹²³ Utilizamos uma tradução do artigo “*Le champ scientifique*” (BOURDIEU, 1976) feita por Paula Montero, disponível em <http://www.isabelcarvalho.blog.br/wp-content/uploads/2011/03/O-Campo-Cient%C3%ADfico-Pierre-Bourdieu.pdf>, acessado em 20/02/2010. Devido a não correspondência das páginas traduzidas com versão original do artigo, as citações literais foram apenas destacadas entre aspas.

citação¹²⁴. Esse reconhecimento pode criar um ciclo virtuoso de retroalimentação positiva ao garantir aos estudos do campo espaço nas agendas de financiamento público, fortalecendo as pesquisas, consolidando o campo, etc.

Bourdieu nos apresenta duas formas de capital científico: uma pura, ligada ao prestígio do pesquisador frente à comunidade, dada suas contribuições para o campo. Outra, política, ao ocupar “posições importantes nas instituições científicas, direção de laboratórios, pertencimento a comitês de avaliação etc., e ao poder sobre os meios de produção (contratos, créditos, postos etc.) e de reprodução (poder de nomear e de fazer as carreiras) que ela assegura” (BOURDIEU, 2004a, p. 35). Para ele, acumular essas duas formas de capital é bastante difícil, mas quando isso ocorre o campo científico tende a se fortalecer política e cientificamente.

Parece-nos que um novo campo científico tal qual a N&N, que congrega atores de outros campos já consolidados (física e química, majoritariamente), possui a peculiaridade de contar com uma força centrípeta entre seus membros, que compartilham o entusiasmo da novidade, atraindo forças importantes para sua estrutura. Considerando o campo como um espaço de relações de forças, Bourdieu (2004a, p. 27) lembra que: “entre as vantagens sociais daqueles que nasceram num campo está precisamente o fato de ter, por uma espécie de ciência infusa, o domínio das leis imanentes do campo de leis não escritas que são inscritas na realidade em estado de tendências [...]”

O que vemos na Comunidade Nano é que, seus membros, por se situarem num campo fundamentalmente novo dos domínios científicos, contam com amplo reconhecimento das estruturas tecnocráticas conjugado com o desconhecimento das forças sociais. Assim, o espaço para que o campo estabeleça suas idéias aparece livre de constrangimentos impostos pelas forças externas do macrocosmo que os cerca. Como expresso por Bourdieu, o campo tem suas próprias convicções, que podem ou não se espalhar para além de sua própria estrutura. Destacando as contribuições dos ECTS, Premebida, Neves & Almeida (2011, p. 35-6) mostram que “a ciência bem sucedida é aquela que soube utilizar o ‘social’ a seu favor, teve meios de ajustar múltiplos interesses sociais e políticos no desenvolvimento e resolução de problemas cognitivos, finalmente, aquela sustentada por uma rede sociotécnica estável”.

Na seção 3.5, bem como em algumas reflexões do primeiro capítulo de nossa Tese, evidenciamos alguns casos que mostram que a ciência não é neutra. No segundo capítulo, apresentamos a trajetória da PCT no Brasil e vimos que seu principal equívoco esteve na crença de que existe uma relação linear que vai da “mais-ciência” ao “mais-desenvolvimento” (sendo que o que se mostrou foi o “mais-fracasso”). Porém, no caso do PBNano, o principal equívoco que se mostrou parece ser o de atribuir à comunidade de pesquisa a competência inexorável de construir e executar as políticas de C,T&I.

Assim, mais do que a permeabilidade do Estado, típica da estrutura de redes de relações nas quais estão imersos diversos atores sociais que participam do ciclo da política, a comunidade de pesquisa possui o aval para direcioná-lo, contando com uma vantagem estrutural consubstanciada em sua roupagem de *deus ex machina*, alheio às políticas e conflitos de interesses, com intelecto inquestionável e cuja ação só pode promover o desenvolvimento.

Algumas reflexões que foram empreendidas pelos teóricos da Agência também nos ajudam a explicar o espaço privilegiado que ocupam os cientistas no ciclo da política. Aqui,

¹²⁴ Como destacam Pinto e Andrade (1999), no Brasil muitas decisões acerca de alocação de recursos nos projetos de pesquisa levam em consideração, oficialmente e oficiosamente, os dados fornecidos pelas empresas que classificam as revistas e, portanto, os pesquisadores que nelas publicam.

destaca-se o elevado grau de autonomia que possui a comunidade de pesquisa, entendida como Agente, em relação ao seu Principal (seja ele o corpo burocrático do governo ou a sociedade civil). É razoável supor que os atores dessas comunidades também incorram em problemas de Agência, já que participam das interações sociais como quaisquer outros. O cientista profissional, enquanto Agente do governo para as ações de PCT, assim como qualquer outro profissional, está exposto aos desvios de conduta. Por exemplo, pode ocorrer Risco Moral quando não usam as verbas de seus projetos para executar os planos propostos nos contratos firmados com a agência financiadora. Como a cobrança por resultados práticos é frágil, em muitos casos até mesmo inexistente, não há garantias de que os recursos públicos sejam usados para os fins aos quais foram alocados. Nesse momento, a agenda privada se sobrepõe à agenda pública.

Assim, verificar a existência de relação agente-principal na PCT é uma tarefa complexa, tendo em vista que é impossível saber o que é realmente feito dentro do laboratório. Os relatórios técnicos podem, inclusive, apontar para resultados inconclusivos das pesquisas realizadas, o que é perfeitamente aceito pelas agências de fomento, e não poderia ser diferente, já que a ciência é a arte da experimentação, cujos resultados podem ou não ser exitosos.

Nossas palavras não têm um caráter denunciante, simplesmente tentam evidenciar a fragilidade das estruturas em que as PCTs, em especial o PBNano, foram e estão sendo consubstanciadas, sobretudo quando negligenciam a participação dos atores de outros campos. Na comunidade de pesquisa analisada, como de praxe, os projetos são avaliados pelos próprios pares, o que demonstra uma grande fragilidade para a política pública, sobretudo porque a ciência está na sociedade. Nesse tema, Bourdieu (1976) nos chamou a atenção para as instâncias de legitimação dos campos científicos. Para ele não existe bom juiz, “porque não há juiz que não seja, ao mesmo tempo, juiz e parte interessada”. Veja, por exemplo, o caso das instituições de coordenação criadas para a nanotecnologia, tal qual a Rede Brasil Nano. A presença de “pesquisadores de notória competência”, “pesquisadores estrangeiros” e “representantes de associações empresariais” (no caso, empresas inovadoras) nada mais faz do que submeter as práticas da *policy* e da *politics* a uma auto-avaliação. Esse tipo de instituição consubstancia-se como emulação caótica de uma ciência democrática.

Na Comunidade Nano, o comunitarismo pode ser percebido em vários momentos, sobretudo nas redes temáticas que vão sendo criadas (via editais) ao longo dos anos. Existe uma correlação extremamente positiva entre os participantes da reunião pioneira de 2000 e os coordenadores dos principais projetos aprovados. Não se pode duvidar da relevância dos temas e da capacidade e competência dos atores, porém a política torna-se fragilizada quando o campo científico a toma para seu domínio absoluto, deslegitimando a participação externa (conforme teorizado por Bourdieu).

Daí perguntar “quem é Agente de quem?” torna-se algo bastante adequado. Quando percebemos que os comitês avaliadores, diretorias de pesquisa, grupos de trabalho para elaboração de políticas, diretorias e agências de fomento são todas permeadas pela comunidade de pesquisa, é impossível perceber um real problema de Agência. Porém, é inequívoco afirmar que a ausência de outros atores sociais, sobretudo a sociedade civil, mais uma vez, indica no mínimo um equívoco na conformação das instâncias decisórias.

As relações entre comunidade de pesquisa e governo não são típicas relações de Agente-Principal, já que, no caso brasileiro, Agente e Principal se confundem a todo o momento no ciclo da política, conforme apontam as informações e números da área de N&N. Para tratar o governo como Principal, precisaríamos supor total autonomia no processo de delegação feito pelo executivo e seus técnicos. Porém, as políticas muitas vezes são

pensadas/gestadas no âmbito das secretarias e a partir delas entram nos planos maiores, como mostram a PITCE e o PDP. No entanto, como interpretar as relações quando o próprio ministro se liga diretamente à comunidade de pesquisa?¹²⁵.

Um dos fatores explicativos para o comunitarismo na formulação das políticas é a insuficiência de recursos físicos e financeiros. Em muitas áreas, os custos dos experimentos são demasiadamente altos, o que muitas vezes inviabiliza ou atrasa procedimentos importantes de determinadas pesquisas. Nesse sentido, tornar a agenda de pesquisa uma atividade prioritária pode garantir, ao menos temporariamente, um fluxo de recursos para a comunidade, maior do que aqueles alcançados em condições de “livre concorrência”. Posicionar-se bem na rede e tornar a comunidade bem posicionada no ciclo da política pode fazer a diferença nessas circunstâncias. Tem-se aqui o que Bourdieu tratou como a busca incessante pelo fortalecimento do capital científico e das estruturas do campo (busca pela autonomia).

Mas, supor que a comunidade de pesquisa é a única a determinar os rumos da política é minimizar os outros interesses por traz da *Policy* (partidários, por exemplo). Os resultados alcançados em nossos estudos ratificam as análises de Bagattolli (2010) acerca da disfuncionalidade da PCT, sobretudo no que se refere à tentativa de aproximar universidade e empresa. Isso mostra que, não obstante a penetração crítica das comunidades de pesquisa e seus jogos de interesses e ideologias na elaboração das PCTs, uma explicação para a configuração de toda a política não pode prescindir dos elementos externos que conformam o macro campo das políticas públicas de governo.

A comunidade de pesquisa está preocupada com política de ciência, mas aos executivos do governo interessa as tecnologias que dela podem advir. As políticas de ciência e tecnologia como meio de competitividade e “desenvolvimento” concorrem com outras políticas, muitas vezes com maior visibilidade social. Aqui vemos que, apesar de um estreitamento de relações, governo e comunidade de pesquisa se distanciam em seus objetivos. A continuidade dos recursos para a pesquisa depende não somente da força dos laços, mas da percepção dos resultados por parte de uma burocracia ampla que não se restringe ao domínio das atividades científicas. Para ratificar esse argumento, vemos que, apesar da força da retórica e da participação efetiva da Comunidade Nano, o volume de projetos aprovados está muito aquém daquilo que seria necessário para alavancar definitivamente o setor.

A escassez relativa de recursos explica a necessidade de seleção de temas “prioritários”, o que exclui, naturalmente, a entrada de temas “marginais”, que não se ligam diretamente àqueles “sonhos e promessas” apresentados em nosso primeiro capítulo, mas ao contrário, conformam-se em muitos “pesadelos”. Porém, em geral, os pesadelos provêm do imaginário social, muitas vezes crítico e alheio ao entusiasmo compartilhado pela comunidade de pesquisa, e que, no entanto, ao menos no caso da N&N, ainda não ocupou lugar nas tramas da rede.

Na lúcida análise de Bourdieu sobre o campo científico, encontramos uma explicação para a concentração dos estudos em poucas instituições e regiões. Bourdieu nos fala como o capital científico, expresso no reconhecimento da posição do pesquisador dentro do campo, é determinante para consolidar grupos que se lançam às pesquisas no interior do campo. Pesa aqui a questão geracional e de tradição. Mesmo que a política explícita fale em

¹²⁵ Uma limitação da Tese é o não estabelecimento das relações político-partidárias dos atores que estão sendo analisados enquanto lideranças. É possível que, para além do mérito científico, esse tipo de afiliação possa também explicar a ocupação de cargos estratégicos.

desconcentração, o campo da nanotecnologia tenderá a se reproduzir sob os domínios de uma geração de físicos e químicos que em algum momento da história ganharam as distinções necessárias para sua consolidação enquanto grupo dominante (vide PCTs da década de 1960 e 1970)¹²⁶.

A preocupação fundamental de nossa tese paira nos usos sociais do PBNano, que remonta à velha questão sobre os usos sociais da própria ciência. Quando observamos em 2004 a entrada de alguns temas “sociais” nos editais de pesquisa, está claro que naquele momento os temas foram objeto de discussão na formulação das políticas. Mais uma vez, destaca-se o edital 013/2004 que aprovou em seus estudos as propostas de filósofos e economistas. Mesmo aparecendo em outros editais, os projetos levadas a cabo pelos pesquisadores das ciências “duras” não parecem ter conseguido incorporar esses elementos aos seus temas. Assim, temos uma breve noção de como é incrustado nas comunidades de pesquisa a idéia de divisão do trabalho. Essa divisão rígida do trabalho científico dificulta a possibilidade de diálogos e intensifica os conflitos ideológicos, reduzindo os espaços para a consolidação real dos temas sociais na execução da política: ao campo da filosofia, a ética e a política; ao campo da química, a toxicologia; e etc. Dessa forma, os diálogos não se tornam possíveis tendo em vista a defesa de autonomia de cada um dos domínios científicos.

Aqui destacamos a importância de instituições como a Rede de Pesquisa Nanotecnologia, Sociedade Meio Ambiente (Renanosoma). Criada em 2004, essa rede passou a acompanhar o desenvolvimento das nanotecnologias e, ao longo dos últimos anos, vem estimulando o debate em torno das incertezas suscitadas pela nova tecnologia com o objetivo de envolver os cidadãos brasileiros em suas etapas de desenvolvimento. As ações da Renanosoma podem ser lidas como um processo de “Politização da Tecnociência”, que de forma *sui generis* apresenta uma proposta de discussão antecipada da introdução de uma nova tecnologia. O trabalho dessa rede se choca com os desafios impostos pelas incertezas, desconhecimento e baixo envolvimento social, características de um objeto que se apresenta como ficção científica para a maioria das pessoas.

A Renanosoma passou a assumir funções que vão além do que se observa nas tradicionais redes de pesquisa. Os projetos “Engajamento público em nanotecnologia”, “*Nanochats*”, “Nanotecnologia às avessas” e “Formação de professores em Nanotecnologia”, além das diversas reuniões e grupos de trabalho organizados no âmbito de suas ações, fazem dela um híbrido atípico de rede de pesquisa e movimento social reivindicatório que discute e problematiza as implicações das nanotecnologias no Brasil. As ações dessa rede aparecem como protótipo para se pensar em como tornar público um debate que até o momento se apresenta (ao menos para os *Policy Makers* e leigos) como algo disciplinar e exclusivo de uma comunidade de pesquisa.

As PCT&Is brasileiras precisariam focar mais na universalidade e menos na mundialização¹²⁷. Os esforços específicos para que o Brasil “ganhe o mundo” com suas tecnologias têm-se mostrado, historicamente, ineficazes. Porém, as experiências brasileiras de universalização de algumas tecnologias, inclusive as sociais, muitas vezes se espraiam para além das fronteiras nacionais (vide, por exemplo, desenvolvimento e produção de soros e vacinas).

¹²⁶ A construção do SNDCT nas décadas de 1960-70 explica a formação de muitas comunidades científicas. O foco no projeto nuclear dos anos 1950 explica, inclusive, o espaço que a física ganhou historicamente.

¹²⁷ Cf. Baudrillard (1997).

CONCLUSÕES

Ao longo do primeiro capítulo refletimos sobre a complexidade que envolve o desenvolvimento de novas agendas de pesquisa e tecnologias, sobretudo quando se considera os usos que não têm caráter social (ou mesmo produtivo), tais como aqueles ligados ao aparato militar. Vimos que a despeito da existência e desenvolvimento de dispositivos e meios de prevenção, novas tecnologias podem ser perigosas, caso não se tenha conhecimento suficiente sobre suas potencialidades (positivas e negativas). Mais problemáticas ainda são as situações em que se negligenciam os riscos e perigos, e que podem tornar a sociedade num campo de experimentação exposto às vicissitudes da ciência, da tecnologia e da inovação.

Vimos também que no caso de mudanças paradigmáticas e que têm as novas tecnologias como fator-chave, as incertezas penetram os mais diversos domínios da vida em sociedade: o político, o econômico, o cultural e o ambiental. Após examinar os números da N&N no mundo e com base nos conceitos e teorias acerca dos paradigmas técnico-econômicos, concluímos que as N&Ns trazem consigo esse potencial de mudança, talvez de forma especial em relação aos fatores-chave passados, já que se unem a outras áreas da vanguarda científica mundial (tecnologia da informação, ciência cognitiva e biotecnologia). Por isso examinamos detalhadamente a política de ciência e tecnologia para a área de N&N no Brasil, já que esse caráter paradigmático demanda ações bem coordenadas por parte do governo, sobretudo a fim de evitar os riscos de todos os tipos (à saúde, ao meio ambiente, à empregabilidade, etc.) através de ações precavidas que envolva um planejamento de longo prazo.

Antes de focarmos nos anos 2000, década profícua para a política de N&N no Brasil, analisamos o desenvolvimento histórico do sistema nacional de desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro e o processo de planejamento e execução das políticas públicas na área de C&T. Nessa empreitada, verificamos a recorrência de uma visão imediatista e parcial de progresso, que não conseguiu enxergar para além dos resultados “curto-prazistas” em termos de crescimento do produto nacional, e fortemente pautada num projeto político de consolidação do setor industrial e da capacidade inovativa nacional. Além disso, sobretudo por ter sido consubstanciada num período de forte centralização do governo federal brasileiro, as PCTs ficaram restritas a alguns grupos de interesse (algumas universidades, poucos setores empresariais, poucas regiões, etc.), inclusive negligenciando a participação da sociedade civil.

A partir dessa constatação, olhamos especificamente para o “Programa Brasileiro de Desenvolvimento da Nanotecnologia e da Nanociência” (PBNano) e descobrimos a força de uma única comunidade de pesquisa na determinação dos rumos da política. Foi aí que o termo “Permeabilidade do Estado” se apresentou adequado para interpretar o processo em curso. A análise empreendida por nós evidenciou o poder de um campo científico (ainda em conformação) no Brasil, permeando as várias instâncias da política em foco. A força desse campo é elucidada a partir das estruturas relacionais dentro das quais o campo se insere. Uma característica observada no processo foi a equivocada crença numa ciência apolítica, e o que nos pareceu evidente no desenvolvimento da N&N no Brasil foi a falta de politização social presente na sociedade brasileira. Esse comportamento se relaciona ao que consideramos ser o maior capital científico da Comunidade Nano no Brasil, expresso no prestígio que essa Comunidade possui dentro das instâncias de poder (governo, mídia, associações científicas) e na inércia das instituições de chancela (sociedade civil e seus representantes formais). Apesar de ser um novo campo científico, possui alto capital acumulado pela trajetória de seus membros em outros campos.

A crença na neutralidade da ciência tem feito com que os membros da comunidade de pesquisa se façam representar em todas as instâncias do ciclo da política: como *policy makers* nas estruturas deliberativas; como revisores de seus pares nos comitês científicos e na seleção dos projetos selecionados para executar a política; e como executores dos projetos. Os dados nos mostraram que essa formatação pode induzir a um processo de retroalimentação de colegiados e ideologias, que acabam se fechando e se fortalecendo, reproduzindo nas políticas seu projeto de ciência e de tecnologia para o desenvolvimento nacional.

A essa formatação colegiada atribuímos o que consideramos ser uma grande fragilidade do PBNano: um foco específico na competitividade que atende aos anseios político-governamentais, mas que não avança para além da ciência básica imersa nas universidades e institutos públicos de pesquisa, e da ciência aplicada importada dos países avançados. A partir da análise dos textos da política, percebemos que o PBNano parece seguir o mesmo objetivo das políticas anteriores, qual seja, servir de insumo para o desenvolvimento industrial e tecnológico, almejando resultados auspiciosos do ponto de vista econômico. Mais do que seguir os objetivos, o PBNano reproduz uma semelhante ineficácia na tentativa de desconcentrar a ciência das universidades e dos institutos.

O foco no econômico fez com que o governo (através de seus Agentes) repetisse para o caso da N&N a mesma fórmula de política voltada para a aproximação entre empresa e universidade. No entanto, nossos dados apontaram para uma ineficiência nesse processo. Por um lado, vimos que muitas empresas não vislumbram motivação para inovar, por outro, não parece ser de grande interesse dos pesquisadores essa aproximação “forçada” com as empresas, principalmente porque pode fragilizar a “autonomia” de suas agendas de pesquisa.

Os dados sobre patentes e inovação das empresas brasileiras, apresentados ao longo do terceiro capítulo, corroboraram a afirmação acima mostrando a existência de uma inexpressiva proximidade entre pesquisadores vinculados a universidades e institutos de pesquisas com as empresas. Além disso, evidenciaram a baixa dinâmica inovativa do empresariado nacional. Assim, a política de C,T&I tradicional há décadas tem se mostrado parcialmente impotente, sobretudo porque a fragilidade da cultura inovativa por parte das empresas privadas não foi revertida. Parece que a mudança de cultura, nesse caso, requer muito mais do que políticas de inovação: requer planejamento de longo prazo e harmonia com as políticas econômicas que tenham reflexos reais sobre o amadurecimento da indústria nacional, o que implica continuidade.

É sabido que existe um grande e desestimulante lapso entre a descoberta/invenção/nova idéia e a inovação. Isso porque inovar, na maioria dos casos, requer um conjunto de procedimentos e investimentos (protótipos, plantas, prospecção de fontes de matéria-prima, estudos de mercado, marketing), fazendo com que os custos sejam assumidos antecipadamente, diante de um cenário de total incerteza sobre lucros. Como foi destacado na tese, o empresariado brasileiro parece ter se acostumado com o relativo conforto de operar num mercado em constante crescimento, pouco concorrencial e ávido por qualquer coisa nova (mesmo que não tão nova assim), e, além disso, fornecendo margens interessantes de lucro, mesmo sem nenhuma inovação.

Assim, apesar de todo desenvolvimento e entusiasmo, a promoção da tecnologia autóctone, competitiva e com alto valor agregado não tem sido alcançada com as PCTs em geral, tampouco com o PBNano. Os dados apresentados revelaram que houve um aumento expressivo da participação de produtos não-industriais e queda de produtos de alta e média-alta tecnologia na pauta de exportações. Para completar esse quadro, a pauta de importações de produtos de alta e média-alta tecnologia têm se mantido elevada. Além disso, o distanciamento existente entre o Brasil e os países que estão na ponta do desenvolvimento

científico e tecnológico na área de N&N, comprovado pelos dados de patentes, nos fez perceber o quão longe estamos de ser competitivos.

Os problemas apresentados não são exclusivos da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação. Nesse caso, trata-se de um conjunto de disfunções na conjunção de políticas econômicas que se sobrepõem e fortalecem o desestímulo à inovação. Assim, após analisarmos os dados, percebemos a necessidade de uma entrada mais consciente do Estado em todo o ciclo da política de inovação, considerando que os custos fiscais assumidos inicialmente tendem a ser superados pela redução efetiva dos gastos públicos. Tal afirmação se relaciona com as experiências positivas com tecnologias que não têm um objetivo explícito de promoção da competitividade, mas cujo caráter público promove mudanças significativas no bem-estar geral (como exemplo, tem-se as vacinas desenvolvidas em território nacional).

Nesse ponto, percebemos também uma fragilidade no âmbito dos contratos celebrados entre empresas, pesquisadores e governo. Por envolverem recursos públicos, é de se esperar que a sociedade possa perceber os benefícios desses investimentos. Porém, em geral, no caso das empresas, quando a aplicação do recurso é exitosa, a geração de inovação parece contribuir muito mais para a manutenção de altas taxas de lucros e pouco para o bem-estar material.

Voltando a questão do poder da comunidade de pesquisa. Percebemos, de acordo com os dados, que existe uma forte concentração regional e disciplinar. Pelo lado disciplinar, são os físicos e químicos que possuem a maior parte da entrada nas diversas instâncias de formatação e execução do PBNano. No que se refere à distribuição regional, mantém-se a mesma tendência de se concentrar os estudos nas Regiões Sul e Sudeste, a despeito da participação expressiva da Universidade Federal de Pernambuco.

A concentração disciplinar se contrapõe ao quesito de interdisciplinaridade que muitos pesquisadores demandam para a área de N&N. No caso do PBNano, essa falta de interação entre as diversas áreas do conhecimento promove uma fragilidade significativa na política, ao deixar de promover de forma substancial os estudos críticos acerca do potencial toxicológico, dos impasses éticos, das perspectivas econômicas e sociais a partir do uso e disseminação das nanotecnologias. A forma como as nanotecnologias vêm se desenvolvendo no Brasil aponta para uma mera reprodução histórica de trajetórias incrustadas no aparato científico e tecnológico, consubstanciada numa visão frágil de desenvolvimento, no distanciamento entre a ciência e a sociedade e na reprodução de poucas “ilhas de excelência” que concentram as possibilidades de geração de conhecimento.

As novidades nanotecnológicas requerem um aparato de regulação substancialmente novo, já que trabalham com questões inexistentes até o momento. Uma política pública de novas tecnologias não pode prescindir de um marco regulatório; ao menos deve haver a previsão dos instrumentos necessários para fazer com que haja o mínimo de autonomia estatal no que se refere ao gerenciamento de riscos, conflitos e incertezas. Apesar dos documentos de planejamento do PBNano preverem estudos sobre marcos legais, o que de concreto se produziu foram apenas avanços marginais no âmbito da metrologia das invenções, incluindo decisivamente o Inmetro como instituição fundamental da política.

Visão linear e parcial do progresso e comunitarismo não têm proporcionado bons resultados. Vejamos, mais uma vez, que no primeiro capítulo trabalhamos com o conceito de riscos relacionados às novas tecnologias, que necessitam de uma atenção especial por parte do Estado, inclusive incorporando em suas agendas os estudos de impacto. Os riscos associados ao caso especial das N&N vão muito além dos vislumbrados pela comunidade crítica, como aqueles referentes à saúde e ao meio ambiente, e aparece como elemento crítico o fato de que

em grande medida eles não são considerados pelas políticas de C&T. Estamos falando de problemas tais como o agravamento das disparidades regionais, caso não se consiga um transbordamento efetivo das virtudes tecnológicas para todas as regiões brasileiras.

Considerando que a comunidade de pesquisa possui parte substancial da representação nos espaços de formatação das instâncias decisórias e políticas para a N&N no Brasil, é possível atribuir a ela a relativa falta de espaço concedido a outras instituições e atores. Bem como, também pode se atribuir a ela a ausência nas agendas da política dos temas que preconizamos como fundamentais para o bom desenvolvimento da ciência e da tecnologia. O exemplo mais emblemático disso está no edital 013/2004, em que apenas quatro projetos foram selecionados para dar conta de uma enormidade de temas, tão fundamentais como o próprio desenvolvimento da ciência básica ou experimental. Além disso, como visto, no único edital aberto às ciências humanas não conseguimos perceber nenhuma interlocução com as atividades da comunidade de pesquisa.

Apesar de as políticas explícitas apresentarem a necessidade de inclusão de diversos atores, o que se viu na prática foi uma baixa abertura dos espaços de discussão e decisão. Isso pode ser visto tanto nas temáticas dos editais, quanto na configuração das instâncias de coordenação, tal qual a Rede BrasilNano. A inclusão de atores externos à comunidade de pesquisa contemplou apenas representantes de setores empresariais ou instituições ligadas à atividade produtiva e inovação, negligenciando a participação da sociedade civil, dos organismos de direito difuso e dos pesquisadores das ciências humanas e sociais.

Assim, no que toca à participação social e os estudos sobre impactos, como foi possível concluir ao longo da tese, todas as políticas que acompanham o desenvolvimento da N&N no Brasil não conseguiram avançar para além da retórica dos diversos planos. Creditamos grande parte disso ao fato de que a agenda da PCT praticamente não possui participação social. Isso justamente porque, ideologicamente, da sociedade espera-se apenas o senso comum, o conhecimento leigo que não possui chancela (inclusive entre os próprios pares) para atuar no âmbito dos fóruns de construção das agendas. Nesse sentido, a sociedade em geral deposita nas mãos dos peritos a responsabilidade para ditar os rumos das agendas. Tendo em vista o ambiente competitivo nos quais os temas científicos estão introduzidos, a negligência para com os aspectos sociais torna-se uma constante.

Porém, vimos que tão problemática quanto a falta de abertura é a relativa ausência de uma consciência crítica para com os assuntos relacionados à ciência e a tecnologia e, mais profundamente, às nanotecnologias. Quando os representantes legítimos da sociedade civil não conseguem acompanhar esse tipo de mudança no seio da sociedade, mesmo que surja alguma oportunidade para participação no debate público em fóruns ou esferas adequadas para a reflexão crítica dos rumos da ciência, a participação se torna esvaziada ou mesmo desqualificada. Assim, notamos mais um ponto nevrálgico nessa relação, qual seja, a existência de “fraqueza” no que se refere ao pensamento crítico, que em geral tem a capacidade de chamar a atenção para questões que não são vislumbradas pelo entusiasmo científico e tecnológico que acomete não só as comunidades científicas e os *policy makers*, mas também consumidores e os usuários das novidades.

Diante dessas considerações, o que fica evidente é a necessidade de um processo de politização da nanociência e da nanotecnologia. Nesse caminho, as ações promovidas pela Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio-ambiente (Renanosoma) parecem ser fundamentais para incluir a sociedade brasileira nesse processo de transformação que se materializa.

Nessa tese levamos em consideração apenas um tipo específico de relação que ocorre entre participantes da comunidade científica, aquela que se conforma nos processos de colaboração na produção de artigos e trabalhos científicos. Porém, sabemos que na academia as relações são mais intensas (para o bem ou para o mal), criadas ou desatadas durante estadas em cursos de graduação e pós-graduação, grupos de trabalho em seminários e simpósios, participação em comitês e bancas de avaliação, em associações e sociedades de classe, entre outras. Isso tudo torna o mundo da comunidade de pesquisa cada vez menor, aumentando a densidade das redes e os importantes laços fracos (como os descritos por Granoveter), se tornam cada vez mais fortes. Dessa constatação, inferimos que a comunidade de pesquisa de nosso estudo tende a ser muito mais coesa, fechada e dinâmica e, talvez por isso, o que marginalmente se pôde observar para o PBNano no início do ano de 2011 aponte para uma perfeita continuidade daquilo que concluímos até aqui.

Uma luz no apagar das luzes de nossa tese. O MCTI criou, no segundo semestre de 2011, a “Comissão do futuro: ciência para todos”, que parece ser um espaço democrático de debate sobre a ciência brasileira, convocando atores de todos os campos do conhecimento a contribuir num amplo processo de reflexão. O que esperamos é que não haja barreiras à entrada, que as contribuições sejam discutidas seriamente e que a democracia não caia no obscuro poço da retórica.

REFERÊNCIAS

- ABDI. *Estudo Prospectivo Nanotecnologia: 2008-2025*. ABDI. Brasília, 2009a.
- _____. *Nanotecnologia: Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil*. ABDI. Brasília, 2009b.
- ALBUQUERQUE, L. C. Ações programadas do CNPq: III PBDCT (plano básico de desenvolvimento científico e tecnológico - 1980/85). **Revista Brasileira de Inovação**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 201-211, jan/jun 2004.
- ALTMANN, J. *Military nanotechnology: potential applications and preventive arms control*. Londres: Nova York: Routledge, 2006.
- ALVES FILHO, M e GARDENAL, I. Na fronteira do átomo. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, 2 a 8 de setembro de 2002.
- ARAÚJO, P. H. F. Comentários sobre algumas Teorias de Ondas Longas. **Revista Universidade Rural**, Série Ciências Humanas, v.23, n.2, 2011.
- BAGATTOLLI, C. Ciência política e política de ciência: projetos políticos e modelos cognitivos na política científica e tecnológica. In: DAGNINO, R. (org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América latina*. Campina Grande: EDUEPB, 2010. p. 99-132.
- BALBACHEVSKY, E. O MCT no epicentro dos projetos de reforma das políticas de C&T no Brasil. In: DAGNINO, R. e THOMAS, H. *Panorama dos estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade na América Latina*. Taubaté: Cabral Editora e Livraria. 2002. Cap. 2, p. 37-52.
- _____. A pós-graduação no Brasil: novos desafios para uma política bem-sucedida. In: C. BROCK; S. SCHWARTZMAN. *Os desafios da Educação no Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005.
- _____. *Processos decisórios em política científica, tecnológica e de inovação no Brasil: análise crítica*. Nota Técnica: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, São Paulo, Mar.2010.
- BARNES, J. A. Redes Sociais e Processo Político. In: FELDEMAN-BIANCO, B. (Org.). *Antropologia das Sociedades Contemporâneas - Métodos*. São Paulo: Global, 1987. 223 p.
- BAUDRILLARD, J. O mundial e o universal. In: _____. *Tela total: mito-ironias da era do virtual e da imagem*. Porto Alegre: Sulina, 1997. p. 127-132.
- BRAUN, D; GUSTON, D. H. Principal-agent theory and research policy: an introduction. **Science and Public Policy**, 30(5), p. 302-308, 2003.
- BCC Research (2008). *Nanotechnology: A Realistic Market Assessment*. Report ID: NANO31C. Wellesley, MA: BCC Research Ltd. May 2008. 254 p.
- BECK, U. *Risk society*. Towards a new modernity. Londres: Sage Publications, 1992.
- _____. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, A. *et al. Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1997. p.11-71.
- _____. *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Paidós, Barcelona. 1998.
- _____. *La sociedad del riesgo global*. Madrid, Siglo XXI, 2002.

BHAGWATI, J. Directly unproductive, profit-seeking (DUP) activities. **Journal of Political Economy**, Chicago, n. 90, oct. 1982. p. 988-1002.

BÍBLIA V. T. Gênesis. Português. **Bíblia Shedd** |Editor Responsável Russel P. Shedd|. Traduzida para o português por João Ferreira de Almeida. 2. ed rev. e atual. no Brasil. São Paulo: Vida Nova Sociedade Bíblica do Brasil, 1997. V 3: 1-24; p 4-5

BÍBLIA V. T. Eclesiastes. Português. **Bíblia Shedd** |Editor Responsável Russel P. Shedd|. Traduzida para o português por João Ferreira de Almeida. 2. ed rev. e atual. no Brasil. São Paulo: Vida Nova Sociedade Bíblica do Brasil, 1997. V 1: 13-18; p. 959

BORGATTI, S. P.; EVERETT, M.G.; FREEMAN, L.C. *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*. Harvard: Analytic Technologies, 2002.

BORGATTI, S.P. *NetDraw: Graph Visualization Software*. Harvard: Analytic Technologies. 2002.

BOURDIEU, P. Le champ scientifique. **Actes de Ia Recherche en Sciences Sociales**, n. 2/3, jun. 1976, p. 88-104.

BOURDIEU, P. *O Campo Científico*. Tradução de Paula Montero. Disponível em: <http://www.isabelcarvalho.blog.br/wp-content/uploads/2011/03/O-Campo-Cient%C3%ADfico-Pierre-Bourdieu.pdf>, acesso em 20/02/2010.

BOURDIEU, P. *O poder simbólico*. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001.

BOURDIEU, P. *Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico*. São Paulo: Editora UNESP, 2004a.

BOURDIEU, P. *Para uma sociologia da ciência*. Edições 70 Ltda. Lisboa, Portugal. 2004b.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de Maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 15 mai. 1996.

_____. Lei nº 9.257, de 09 de janeiro de 1996. Dispõe sobre o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 1996.

_____. Lei nº 9.989, de 21 de julho de 2000. Dispõe sobre o Plano Plurianual para o período de 2000/2003 (PPA 2000-2003). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 jul. 2000. Suplemento.

_____. Ministério de Ciência e Tecnologia. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. CNPq Memória. *Programa Nacional de P&D em nanociências e nanotecnologias: plano de implementação 2001-2005*. Brasília, Abr. 2001a. Disponível em: http://memoria.cnpq.br/noticias/noticias05_040401.htm, Acesso em: 21 de maio de 2011.

_____. Edital Nano 01/2011. Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico. CNPq Memória, 2001b. Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/servicos/editais/ct/nanociencia.htm>, Acesso em: 21 de maio de 2011.

_____. Ministério de Ciência e Tecnologia. Ciência, tecnologia e inovação: desafio para a sociedade brasileira - Livro Verde. Coordenado por Cylon Gonçalves da Silva e Lúcia Carvalho Pinto de Melo. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia/Academia Brasileira de Ciências. 2001c. 250p

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. 2003.

_____. Portaria MCT nº 614, de 1º de dezembro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 dez. 2004a. Seção 1, p. 10.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, Brasília, DF: MDIC. 2004b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (Brasil). Nanotecnologia: *Investimentos, resultados e demandas*. MCT – Secretaria de desenvolvimento tecnológico e Inovação, Junho de 2006.

_____. Parecer do Comitê Assessor das Propostas de Nanociências e Nanotecnologia, Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e Tecnológico. 2006. Disponível em: http://memoria.cnpq.br/servicos/editais/ct/edital_012001_nano_termoaditivo.htm, Acesso em: 23 de agosto de 2009.

_____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Política de Desenvolvimento Produtivo. Brasília, DF: MDIC. 2008a. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/sitio/conteudo/index/5>, Acesso em: 15/04/2009.

_____. Ministério da Saúde. *Política nacional de ciência, tecnologia e inovação em saúde*. Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia – 2. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008b. 44 p. (Série B. Textos Básicos em Saúde).

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias. Relatório analítico. Programa de C,T&I para nanotecnologia. 2009.

_____. Medida Provisória 541, de 03 de Agosto de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 3 ago.2011. Seção 1.

_____. Portarias de 3 de maio de 2011, Institui o Comitê Consultivo para a área de nanotecnologia. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 4 mai.2011. Sessão 2, p. 5.

BRESSER-PEREIRA, L. C. Gestão do setor público: estratégia e estrutura para um novo Estado. In: BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos; SPINK, P. (orgs). Reforma do Estado e Administração Pública Gerencial. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas. 1998.

BRITTO, J. Cooperação interindustrial e redes de empresas. In: KUPFER, D. *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil*. Rio de Janeiro: Editor Campus, 2002.

BRUM, J.A. A pesquisa em nanociência e nanotecnologia no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. **Revista eletrônica Comciência**. n.37, novembro de 2002. Disponível em: <http://comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano03.htm>. Acesso em: 22/05/2007.

BRUNE, H. *et.al. Nanotechnology: assesment and perspectives*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

CABALLERO, N. D. *Nanotecnologia, inovação e meio ambiente*. In MARTINS, P.R. (org.). Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente. 1º Seminário Internacional. São Paulo: Humanitas, 2005. 288 p.

CALLON, M.; LAW, J. On the construction of sociotechnical networks: Content and context revisited. **Knowledge and Society**, 9, p. 57–83, 1989.

CANO, W.; SILVA, A L.G. Política Industrial do Governo Lula. In: *Os Anos Lula: Contribuições para um Balanço Crítico 2003-2010*, Rio de Janeiro: Garamond, 2010.

- CASSIOLATO, J.E.; AMARAL FILHO, J.B.S.; PAULA, M.C.S. Experiências e perspectivas da políticas de ciência e tecnologia. In: HERRERA, A. (org). *Ciência, tecnologia e desenvolvimento 2*. Brasília: CNPq/UNESCO; 1983. p. 29-46.
- CASTRO, A. B; SOUZA, F. P. *A economia brasileira em marcha forçada*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- CASTRO, C. e D'ARAÚJO, M. C. (orgs). *Tempos modernos: João Paulo dos Reis Velloso, memórias do desenvolvimento*. Rio de Janeiro: FGV, 2004.
- CASTRO, B. S., SANTOS JUNIOR, J. L., PORTILHO, F. Os Movimentos sociais e as bio e nanotecnologias agrícolas: o caso Brasileiro. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE SOCIOLOGIA, 2009, Rio de Janeiro. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Sociologia**, 2009.
- CAPES. *Avaliação da pós-graduação*: 1998: Síntese de resultados. Brasília: Capes, 1999.
- CASWILL, C. Principal, agents and contracts. **Science and Public Policy** 30(5): p. 337-346, 2003.
- CETENE. CENTRO de Tecnologias Estratégicas do Nordeste. Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia – Relatório de Atividades 2008-2009. Janeiro – 2010. Disponível em: http://www.cetene.gov.br/painel/downloads/publicacoes/RelatLabAnaNano2009_final.pdf, acesso em: 15/07/2010.
- CGEE. *Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia: NanoDelphi*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Mimeo. Brasília, 2008.
- _____. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Descentralização do fomento à ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Brasília-DF, 2010.
- CHANDLER Jr., A. D. *What is firm?* Harvard Business School, Cambridge, MA 02138, USA. 1992.
- CHANG, H-J. *The Political Economy of Industrial Policy*. London and Basingstoke, Macmillan, 1994.
- CIÊNCIA Hoje. *Nanociência e Nanotecnologia*. Revista Ciência Hoje, Junho de 2005.
- COLEMAN, J.S. *Foundations of social theory*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge MA, London, 1990.
- COMCiência. (2002a). *Vantagens e riscos da nanotecnologia ao meio ambiente*. Revista Consciência. Revista eletrônica Comciência. n.37, novembro de 2002. Disponível em: <http://comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano03.htm>. Acesso em: 22/05/2007.
- COSTA, C. A. N. *Política Industrial no Brasil - 1974-1989*. 1994, (Tese de Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994. 224p.
- CRANE, D. *Invisible colleges*. Chicago: University of Chicago Press, 1972.
- CUNHA, S. K. *Política científica e tecnológica: novas trajetórias institucionais para o Estado do Paraná*. 1995, (Tese de Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- DAGNINO, R. *A Pesquisa Científica e Tecnológica na Universidade Brasileira: Balanço e Perspectivas*. In: HERRERA, A. (org). *Ciência, tecnologia e desenvolvimento 2*. Brasília: CNPq/UNESCO; 1983. p. 47-80.

_____. A construção do espaço Ibero-americano do Conhecimento, os estudos sobre ciência, tecnologia e sociedade e a política científica e tecnológica. **Revista CTS**, n.12, v.4, p. 93-113, Abr.2009.

_____. As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.2, p. 3-36, jul. 2008.

_____. *Ciência e tecnologia no Brasil: o processo decisório e a comunidade de pesquisa*. Campinas: Editora da Unicamp, 2007.

DAGNINO, R. THOMAS, H. e DAVYT, A. El pensamiento em ciência, tecnologia y sociedad em Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. In: DAGNINO, R e THOMAS, H. *Ciência, tecnologia e sociedade: uma reflexão latino-americana*. Taubaté, SP: Cabral editora e Livraria Universitária, 2003. p. 11-28.

DAGNINO, R. A Pesquisa científica e tecnológica na Universidade Brasileira. In: DAGNINO, R.; THOMAS, H. *Ciência, tecnologia e sociedade: uma reflexão latino-americana*. Taubaté, SP: Cabral editora e Livraria Universitária, 2003. p. 47-80.

DAGNINO, R. (org.) *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América latina*. Campina Grande: EDUEPB, 2010. 328 p.

DALCOMUNI, S. *Nanotecnologia, Inovação e Economia*. In: MARTINS, P.R. (org.). *Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. 344 p.

DIAS, R. B. A agenda da política científica e tecnológica brasileira: uma perspectiva histórica. In: DAGNINO, R.(Org.). *Estudos sociais da ciência e tecnologia e política de ciência e tecnologia: abordagens alternativas para uma nova América latina*. Campina Grande: EDUEPB, 2010. p. 69-98.

DILLARD, D. *A teoria macroeconômica de John Maynard Keynes*. São Paulo: Pioneira, 1986.

DOUGLAS, M. e WILDAWSKY, A.. *Risk and culture: an essay on the selection of technical and environmental dangers*. Berkeley: University of California Press, 1982.

DULLEY, R. D. *Nanotecnologia e agricultura: algumas considerações*. In: MARTINS, P.R. (org.). *Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 220-231.

_____. Biossegurança: Muito além da biotecnologia. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v.54, n. 2, p. 27-41, jul./dez. 2007.

EISENHARDT, K. M. Agency theory: an assessment and review. **Academy of Management Review**, v. 15, n. 1, p. 57-74, 1989.

EMBRAPA. EMPRESA Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agronegócio terá Laboratório Nacional de Nanotecnologia. Notícia. Disponível: <http://www.embrapa.br/embrapa/imprensa/noticias/2009/maio/4a-semana/laboratorio-de-nanotecnologia-para-o-agronegocio-sera-inaugurado>, acesso em: 25/01/2010.

EMIRBAYER, M. *Manifesto for a relational sociology*. **American Journal of Sociology**, 103 (2), 1997.

ENGELS, F. *Sobre o papel do trabalho na transformação do macaco em homem*. São Paulo: Global, 1984.

ETC Group. *Nanotecnologia: os riscos da tecnologia do futuro*. Porto Alegre: L&PM, 2005.

- EUGÊNIO, J.; FATAL, V. *Evolução da Nanotecnologia Abordagem Nacional e Internacional*. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Portugal. Junho de 2010. Disponível em: http://www.marcaspatentes.pt/files/collections/pt_PT/1/300/303/Evolu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Nanotecnologia%20-%20Abordagem%20Nacional%20e%20Internacional.pdf, Acesso em: 20 de março de 2011.
- EUROPEAN Commission. *Nanotechnologies: a preliminary risk analysis on the basis of a workshop organized in Brussels*. European Communities, 2004. Disponível em: http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm, acesso em: 18/01/2011.
- FAGUNDES, A. L. C. *Caminhos que se bifurcam: idéias, atores, estratégias e interesses na política científica e tecnológica do regime militar*. FFLCH- Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Política (Tese de Doutorado), 2009.
- FERNANDES, Maria F.M. FILGUEIRAS, Carlos A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 8, 2205-2213, 2008.
- FERNANDES, M. F. M. *Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios)*. 2007. 271 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de História Das Ciências E Das Técnicas E Epistemologia, Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- FERREIRA, P. Um gigante no reino da nanotecnologia. **Revista Inovação em Pauta**. n.01, 2008?.
- FEYNMAN, R. (1959). *There's Plenty of Room at the Bottom*. **Journal of Microelectromechanical Systems**, v. 1, n.1, mar.1992.
- _____. Há mais espaço lá embaixo. Tradução de Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. **Revista eletrônica Comciência**. n.37, novembro de 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano19.htm>, Acesso em 18 de novembro de 2007.
- FINEP. (2008). Relatório de Gestão 2007. Disponível em: http://www.finep.gov.br/arquivos/processosContasAnuais/relatorio_gestao_finep_2007.pdf, Acesso em: 01 de fevereiro de 2011.
- FINEP. (2009). Relatório de Gestão 2008. Disponível em: http://www.finep.gov.br/arquivos/processosContasAnuais/relatorio_gestao_finep_2008.pdf, Acesso em: 01 de fevereiro de 2011.
- FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (2010). Nanotecnologia e a competitividade da indústria brasileira. Observatório Tecnológico – SENAI-RJ- DIM/GDI. 2010.
- FOLADORI, G. La influencia militar estadounidense en la investigación de las nanotecnologías en América Latina. **Revista Estudios del desarrollo**, 2006. Disponível em: http://estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/Foladori_NanoMilitarAL.pdf, acesso em: 22/04/2008.
- FREEMAN, L. C. *Centrality in Social Networks I: Conceptual Clarification*. **Social Networks**, 1, 215-239. 1979.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment business cycles and investment behavior. In: Dosi, G. *et al. Technical change and Economic Theory*. London: Pinter, 1988.
- GIDDENS, A. *As conseqüências da modernidade*. São Paulo: Ed. da Unesp, 1991.

- GIL, G. *Queremos saber*. Música, 1976.
- GÓES, F. *Gilberto Gil: Literatura comentada*. São Paulo: Abril Educação, 1982.
- GOLDBLATT, D. *Teoria Social e ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.
- GORE Jr., A. A. *Uma verdade inconveniente - o que você precisa saber (e fazer) sobre o aquecimento global*. [Tradução Isa Mara Lando] - Barueri, SP: Editora Manole, 2006. 328 p.
- GRANOVETTER, M. *The Strength of Weak Ties*. **American Journal of Sociology**, vol. 78, n. 6, p. 1360-1380, 1973.
- GRANOVETTER, M. *Economic Action and Social Structure: A Theory of Embeddedness*. **American Journal of Sociology**, vol. 91, n.3, p. 481-510, 1985.
- GUIMARÃES, R. FNDCT: uma nova missão. In: SCHWARTZMAN, S. (Org.) *Ciência e Tecnologia no Brasil: política industrial, mercado de trabalho e instituições de apoio*. Rio de Janeiro: FGV, 1995. p. 257-287.
- _____. *FNDCT: uma nova missão*. In: SCHWARTZMAN, S. (ed.) *Ciência e Tecnologia no Brasil: política industrial, mercado de trabalho e instituições de apoio*. Rio de Janeiro: FGV, 1993. Disponível em: <http://www.schwartzman.org.br/simon/scipol/pdf/fndct.pdf>, acesso em: 23 de Outubro de 2009.
- GUSTON, D. H. Principal-agent theory and the structure of science policy. **Science and Public Policy**, 23(4), p. 229–240, 1996.
- HANNEMAN, R. *Introducción a los métodos del análisis de redes sociales*. 2000. Tradução livre do original HANNEMAN, Robert A.; RIDDLE, Mark. *Introduction to Social Network Methods*. Riverside: Universidade da Califórnia, disponível em <http://wizard.ucr.edu/~rhannema/networks/text/textindex.html>.
- HERMANN, J. Auge e declínio do modelo de crescimento com endividamento: o II PND e a crise da dívida externa (1974-1989). In: GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A. *Economia brasileira contemporânea (1945-2004)*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 93-115.
- HERRERA, A. Novo enfoque do desenvolvimento e o papel da ciência e da tecnologia. In: DAGNINO, R.; THOMAS, H. *Ciência, tecnologia e sociedade: uma reflexão latino-americana*. Taubaté, SP: Cabral editora e Livraria Universitária, 2003. p. 25-50.
- _____. *O Planejamento da Ciência e Tecnologia na América Latina: elementos pra um novo marco de referência*. In: HERRERA, A. (org). *Ciência, tecnologia e desenvolvimento 2*. Brasília: CNPq/UNESCO, 1983. p. 11-28.
- HM Government. *Characterising the potential risks posed by engineered nanoparticles: A first UK Government research report*. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2005.
- HÖLMSTROM, B.. Moral Hazard and Observability. **The Bell Journal of Economics**, Vol. 10, n. 1. p. 74-91, 1979.
- INVERNIZZI, N. Visões de cientistas brasileiros Sobre nanociências e Nanotecnologias. **Estudos de Sociologia**, v.13, n.02, p. 67-82, 2007.
- IRWIN, A. *Ciência Cidadã: Um estudo das pessoas, especialização e desenvolvimento sustentável*. Ed. Instituto Piaget. Lisboa. 1995.
- JENSEN, M., MECKLING, W. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs, and ownership structure. **Journal of Financial Economics**, 3, p. 305-360, 1976.

- JORGE, M. M. *Política industrial: estrutura conceitual e análise dos desafios frente à globalização e à mudança tecnológica*. (Tese de doutorado), Programa de Pós-Graduação em Economia, Campinas, 1998.
- JUMA, C. YEE-CHEONG, L. *Innovation: applying knowledge in development*. The UN Millennium Project. United Nations Development Programme. Earthscan: London, 2005.
- KINGDON, John. *Agendas, alternatives, and public policies*. Boston: Little, Brown, 1984.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1989.
- LATOUR, B. e WOOLGAR, S. *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.
- LASWELL, H.D. *Politics: who gets what, when, how*. Cleveland: Meridian Books, 1958.
- LAW, J. Notes on the Theory of the Actor-Network: Ordering. **Strategy and Heterogeneity**. *Systems Practice*, 5, p. 379-393, 1992.
- LEMIEUX, V.; OUIMET, M. *Análise Estrutural das Redes Sociais*. Lisboa: Instituto. Piaget, 2008.
- LEROI-GOURHAN, A. *Evolução e técnicas: I – o homem e a matéria*, Lisboa, Edições 70, 1984.
- LINDBLOM, Charles E. The science of muddling through. **Public Administration Review**, v.19, p. 78-88, 1959.
- LOWI, Theodor. American business, public policy, case studies and political theory. **World Politics**, [S.l.], v. 16, p. 677-715, 1964.
- MARQUES, E. C. *Redes sociais e permeabilidade do Estado: instituições e atores políticos na produção da infraestrutura urbana no Rio de Janeiro*. Campinas, tese de doutorado em Ciências Sociais, IFCH/Unicamp, 1998.
- MARQUES, E. C. *Redes sociais e instituições na construção do Estado e da sua permeabilidade*. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*. v. 14, n.41, out.1999.
- MARTELETO, Regina M. Análise de redes sociais – aplicação nos estudos de transferência da informação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 71-81, jan./abr. 2001.
- MARTIN, D. *Riscos na prostituição: um olhar antropológico*. São Paulo: Humanitas /FFLCH /USP: Fapesp, 2003.
- MARTINS, J. B. *A história do átomo: de Demócrito aos Quarks*. Ciência Moderna, 2002.
- MARTINS, P. R.; PREMEBIDA, A.; DULLEY, R. D. *Revolução Invisível: desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil*. São Paulo: Xamã, 2007. 104 p.
- MARTINS, P.R. (org.). *Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente em São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal*. São Paulo: Xamã, 2007. 155 p.
- _____. *Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente*. 2º Seminário Internacional. São Paulo: Xamã, 2006. 344 p.
- MEADOWS, D., MEADOWS, D., RANDERS, J.; BEHRENS, W. *Limites do Crescimento: Um Relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade*. Perspectiva, São Paulo. Tradução Inês M. F. Litto, 1972.
- MELUCCI, Alberto. *Challenging Codes. Collective action in the information age*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

- METOYER-DURAN, Cheryl. *Information gatekeepers*. Annual Review of Information Science and Technology, Medford, v.28, p. 111-150, 1993.
- MERTON, R.K. Os imperativos institucionais da ciência. In: DEUS, J.D. (org.). *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.
- MILGRAM, S. The small world problem. **Psychology Today**, v. 1, n. 1, p. 60-67, 1967.
- MONTEIRO, A. V. *A dinâmica de mudanças estratégicas: estudos de multicasos em institutos de pesquisa*. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção (Tese de Doutorado), 1999.
- MORRIS, N. Academic researchers as ‘agents’ of science policy. **Science and Public Policy** 30(5), p. 359-370. 2003.
- MOSCOVICI, S. *Sociedade contra natureza*. Petrópolis: Vozes, 1975.
- NANOSCIENCE and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, The Royal Society & The Royal Academy of Engineering: London, 2004. <http://www.raeng.org.uk/policy/reports/nanoscience.htm>, acessada em Março 2008.
- NEWMAN, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. **Proceedings of the National Academic Sciences**, v. 98, p. 404-409, 2001.
- NORTH, D. *Structure and Change in Economic History*. Norton, New York, 1981.
- NUNES, D.M.; GUIVANT, J. Nanofood: crer sem ver. In: Anais do IV ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Brasília - DF – Brasil, jun.2008.
- PANIZZI, W. *Ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento social*. Apresentação eletrônica. Chapecó, setembro de 2010. Disponível: http://www.senado.gov.br/sf/comissoes/cct/ap/AP20080417_MCTMinSergioRezende_PlanoAcao.pdf, Acesso em: 01 de fevereiro de 2011.
- PINTO, A.C.; ANDRADE, J. B. *Fator de impacto de revistas científicas: qual o significado desde parâmetro*. **Revista Química Nova**, 22(3), 1999.
- PREMEBIDA, A. Artificialidade e natureza: as nanotecnologias e a agricultura. *Paper* apresentado no IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL NANOTECNOLOGIA, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE. Vitória-UFES, ago. 2007.
- PREMEBIDA, A.; NEVES, F.M.; ALMEIDA, J. Estudos sociais em ciência e tecnologia e sua distintas abordagens. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 13, n. 26, p. 22-42, jan./abr. 2011.
- PONTES, F. Doenças negligenciadas ainda matam 1 milhão por ano no mundo. **Revista Inovação em pauta**. FINEP, n.6, 2009. p. 69-73.
- POSSAS, M.L. Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neoschumpeteriana. In: Amadeo, E. I. *Ensaio sobre a Economia Política moderna*: CETE. São Paulo: Marco Zero, 1989.
- QUINA, F.H. Nanotecnologia e o Meio Ambiente: Perspectivas e Riscos. **Revista Química Nova**, V. 27, No. 6, 2004. p. 1028-29.
- REGIS, E. *Nano*. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.
- RENN, O.; ROCO, M. Nanotechnology Riks Governance. **International Risk Governance Council**. White Paper n.2. Geneva, 2007.

RIBEIRO, S. O impacto das tecnologias em escala nano na agricultura e nos alimentos. In: MARTINS, P.R. (org.). *Nanotecnologia, Sociedade e Meio ambiente*. São Paulo: Xamã, 2006. p. 197-205

ROCO, M.C. e BAINBRIDGE, W.S. *Converging Technologies for Improving Human Performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science*. NSF/DOC-sponsored report. USA, Virgínia, jun,2002.

ROCO, M.C.; WILLIAMS, S. e ALIVISATOS, P. *Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report Vision for Nanotechnology Research and Development in the Next Decade*. WTEC, Loyola College in Maryland, sep.1999.

ROMANO, J.O. *Política nas políticas: um olhar sobre a agricultura brasileira*. Rio de Janeiro: Maud X, 2009; Seropédica: EDUR, 2009.

ROSTOW, W. W. *Etapas do desenvolvimento*. 6 ed. RJ: Zahar.1978.

ROSS, S. The economic theory of agency: the principal's problem. **American Economic Review**, 20 (2), 22-32, 1973.

SALAMANCA-BUENTELLO, F.; PERSAD, D.L.; COURT, E.B.; MARTIN, D.K.; DAAR, A.S. e SINGER, P.A. Nanotechnology and the Developing World. **PLoS Medicine**, 2(5): 97, 2005.

SALLES FILHO, S. Política de Ciência e Tecnologia no I PND (1972/74) e no I BDCT (1973/74). **Revista Brasileira de Inovação** 1(2), p. 397-419. 2002

_____. Políticas de Ciência e Tecnologia no II PBDCT (1976). **Revista Brasileira de Inovação** 2(1), p. 179-211. 2003a.

_____. Políticas de Ciência e Tecnologia no II PBDCT (1980-1985). **Revista Brasileira de Inovação** 2(2), p. 407-432. 2003b.

SANTOS JUNIOR, J. L.; SANTOS, W. L.; DUPIM, G. B. 2010. Redes Sociais e o direcionamento das políticas científicas e tecnológicas para o setor de nanociência e nanotecnologia no Brasil. Artigo apresentado no VIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE SOCIOLOGÍA RURAL, Porto de Galinhas, 2010, GT 26- Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología.

SANTOS, L.G. *Politizar as novas tecnologias: o impacto sócio-técnico da informação digital e genética*. São Paulo: 34, 2003.

SCHWARTZMAN, S.; KRIEGER, E.; GALEMBECK, F.; GUIMARÃES, E. A.; BERTERO, C. O. *Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma nova política para um mundo global*. In: SCHWARTZMAN, S. (ed.) *Ciência e Tecnologia no Brasil: política industrial, mercado de trabalho e instituições de apoio*. Rio de Janeiro: FGV, 1995.

SCHWARTZMAN, S. *Formação da comunidade científica no Brasil*. São Paulo: Nacional; Rio de Janeiro: FINEP, 1979.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalismo, Socialismo e Democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1984.

SCOTT, J. (1992), *Social network analysis*. Newbury Park, CA, Sage Publications.

SHIKIDA, P. F. A.; BACHA, C. J. C. Notas sobre o modelo schumpeteriano e suas principais correntes de pensamento. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, Passo Fundo, v.5, n.10, mai.1998. p. 107-126.

SILVA, A. B. O. *et al.* Estudo da rede de co-autoria e da interdisciplinaridade na produção científica com base nos métodos de análise de redes sociais: avaliação do caso do programa

- de pós-graduação em ciência da informação – PPGCI/UFMG. **Encontros Bibli**, Florianópolis, n.esp., 1º sem. 2006.
- SOUZA, C. *Políticas Públicas: uma revisão da literatura*. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 8, nº 16, p. 20-45, jul/dez. 2006.
- SUZIGAN, W. Experiência histórica de política industrial no Brasil. **Revista de Economia Política**, vol. 16, n. 1 (61), p. 5-20.1996.
- SUZIGAN, W.; VILLELA, A. V. *Industrial policy in Brazil*. Instituto de Economia/ UNICAMP, Campinas. 1997.
- SUZIGAN, W.; FURTADO, J. (2006) Política Industrial e Desenvolvimento. **Revista de Economia Política**. Vol. 26 n. 02. p. 163-185. Abr./Jun. 2006.
- TAVARES, M. C. *Da substituição de importações ao capitalismo financeiro: ensaios sobre a economia brasileira*. Rio de Janeiro: Zahar, 1972.
- TOMA, H. E. *O mundo nanométrico: a dimensão do novo século*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 105p.
- TOURAINÉ, A. *Crítica da modernidade*. Petrópolis: Vozes, 1994.
- TOMAÉL, M. I. **Redes de Conhecimento: O Compartilhamento da Informação e do Conhecimento em Consórcio de Exportação do Setor Moveleiro**. 2005. 289 fls. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- TRAN, L., *et al.* *A scoping study to identify hazard data needs for addressing the risks presented by nanoparticles and nanotubes*. Edinburgh: Institute of Occupational Medicine, 2005.
- UNICAMP. Inovação Unicamp. Indústria química brasileira é a que está mais perto das nanotecnologias, mostra relatório de especialista da Unicamp. Julho de 2005. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/report/news-nanotec2005-Galembeck.shtml>>
- VALLE, M. G. *O sistema nacional de inovação em biotecnologia no Brasil: possíveis cenários*. Tese (Doutorado em política científica e tecnológica) – Instituto de Geociências. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- VILLELA, A.; CORREA, P. Fundamentos teóricos da Política Industrial. **Revista do BNDES**, v. 2, p. 27-68, 1995.
- WASSERMAN, S. e FAUST, K. *Social network analysis: methods and applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- WHITE, H. *Identity and control: a structural theory of social action*. Princeton, Princeton University Press, 1992.
- WILLIAMSON, O. *The Economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting*. The Free Press, New York, 1985.
- ZUCCALA, A. *Modeling the invisible college*. Journal of the American Society for Information Science and Technology, v.57, n.2, p. 152-168, Jan. 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Quadro 28 - Lista de Editais do MCT/CNPq na área de N&N selecionados para a Análise de Redes – 2001 a 2010

EDITAL	OBJETIVO
Edital CNPq Nano n° 01/2001	Constituição e consolidação de redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e Aplicada em Nanociência e Nanotecnologias.
Edital MCT/CNPq n° 012/2004	O presente Edital tem por objetivo selecionar propostas visando o apoio financeiro a projetos de pesquisa aplicada para o desenvolvimento ou aperfeiçoamento de novos produtos ou processos baseados em nanotecnologia, em todo o território nacional, desenvolvidos de forma cooperativa entre empresas públicas ou privadas e grupos de pesquisa atuantes na área. Serão priorizados projetos em nanobiotecnologia, sensores, materiais nanoestruturados e materiais nanomagnéticos.
Edital MCT/CNPq n° 013/2004	O presente Edital tem por objetivo selecionar propostas de pesquisa visando ao apoio financeiro a estudos voltados para os impactos sociais, ambientais, econômicos, políticos, éticos e/ou legais decorrentes do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil. Os projetos deverão gerar e difundir informações ao público em geral.
Edital MCT/CNPq n° 29/2005	Dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência, Nanotecnologia e Nanobiotecnologia, apoiando a formação de Redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e Aplicada.
Edital MCT/CNPq n° 031/2005	O presente Edital tem por objetivo apoiar atividades de cooperação internacional em projetos conjuntos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação com a França, no âmbito do Programa Nacional de Nanotecnologia do Brasil.
Edital MCT/CNPq n° 43/2006	O presente Edital tem por objetivo dar continuidade ao processo de expansão e consolidação da infraestrutura laboratorial em nanotecnologia, de forma a: i) Viabilizar a aquisição de equipamentos multiusuários, para pesquisas em nanotecnologia; ii) Fomentar o desenvolvimento da pesquisa cooperativa; iii) Acelerar o processo de desenvolvimento cooperativo e comercialização de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, por meio da articulação entre Instituições Científicas e Tecnológicas e empresas.
Edital CNPq/MCT n° 09/2007	O presente Edital tem por objetivo apoiar atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, visando dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia e o avanço do conhecimento na área. Além de projetos de pesquisa básica, experimental ou teórica, este Edital visa fomentar a inovação, mediante o apoio a projetos de desenvolvimento de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, bem como pesquisas sobre seus impactos éticos, sociais e ambientais.
Edital CNPq/MCT n° 10/2007	O presente Edital tem por objetivo apoiar atividades de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, mediante financiamento a projetos que visem dar continuidade ao processo de expansão e consolidação da infraestrutura laboratorial em nanotecnologia, de forma a: i) Viabilizar a aquisição e instalação e recuperação de equipamentos multiusuários para pesquisas, preferencialmente, multidisciplinar em nanotecnologia; ii) Fomentar o desenvolvimento da pesquisa cooperativa; iii) Acelerar o processo de desenvolvimento cooperativo e a geração de novos produtos e processos baseados em Nanotecnologia, visando.
Edital MCT/CNPq n° 74/2010	Selecionar propostas para apoio financeiro a projetos que visem dar continuidade ao processo de expansão e consolidação de competências nacionais em Nanociência e Nanotecnologia, apoiando a formação de Redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e/ou Aplicada.