Universidade de São Paulo
Faculdade de Direito

MARCO AURÉLIO CEZARINO BRAGA

SUBDESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA E DIREITO ECONÔMICO:
O PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA E O DESAFIO FURTADIANO

Orientador: Professor Titular Gilberto Bercovici

São Paulo
2013

Marco Aurélio Cezarino Braga

SUBDESENVOLVIMENTO, TECNOLOGIA E DIREITO ECONÔMICO:

O PROGRAMA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA E O DESAFIO FURTADIANO

Dissertação de Mestrado

ORIENTADOR: PROFESSOR TITULAR

Gilberto Bercovici

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, junto ao Departamento de Direito Econômico, Financeiro e Tributário da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

*À minha mãe, que sempre nos educou
com o sorriso que carrega em seu olhar.*

AGRADECIMENTOS

Happiness is only real when shared

Christopher McCandless¹

Desde o início de minha trajetória acadêmica, sempre vi presente a ideia de que os caminhos traçados por quem quer seguir seus passos são solitários, árduos, que a construção das reflexões exige meditação, dedicação apaixonada com o objeto de sua pesquisa, noites a fio. Quase tudo é verdade. Para que a aventura do mestrado seja completa, é fato que devemos abdicar de uma série de atividades, compromissos, datas, ocasiões e da convivência de pessoas especiais. No entanto, esta caminhada jamais será solitária.

Durante todo tempo de reflexão que dediquei à construção destas páginas, nunca estive sozinho. Como sabemos, o homem é um ser social e histórico. A todos aqueles que dividiram este momento comigo, com suas energias e pensamentos, serei eternamente grato. Sem vocês, as limitações e descaminhos do trabalho seriam ainda maiores.

Primeiro, dou graças à Deus, por ter me proporcionado a experiência divina que é viver, por me permitir desfrutar da convivência de minha família. Aos meus pais. Minha mãe Zulmira, fonte de alegria, de garra, de dedicação incondicional ao amor, a quem devo tudo, graças! Ao meu pai Marcos, com quem ainda convivo em energia e sonhos, seja abençoado! Aos meus irmãos, Marcelo e Marco Antônio, a quem devo minha infância repleta de sentimentos gostosos, e que sempre serão meus companheiros de vida, amo vocês! Aos meus sobrinhos, Bruno e Malu, por renovarem minhas energias, minhas paixões. Obrigado por respeitarem minha ausência e recolhimento.

Agradeço às minhas professoras do Vita et Pax, tia Cati, tia Mariza e tia Márcia, que me educaram e deram asas aos meus sonhos de criança. À Rosita, uma pedagoga do amor incondicional com seus alunos, sou grato à sua persistência e paciência com aquele menino teimoso e sonolento. Aos meus amigos de infância, Cesar, Silvinho, Danilo e Rick, pra quem o tempo não passa jamais e que perdoam minhas ausências logo depois do primeiro gole de cerveja.

¹ A história de vida de Christopher McCandless inspirou o livro de Jon Krakauer e o filme de Sean Penn, *Into the Wild* (em português, “Na Natureza Selvagem”).

Agradeço ao Pátio das Arcadas, lugar do meu primeiro encantamento com a vida política interessada na transformação social e na defesa de um país soberano e socialista. Ao PET e ao Professor José Eduardo Faria, pelo privilégio de desfrutar da companhia de pessoas tão inteligentes e comprometidas com os estudos, como Évora Cardoso, Camila Duran, André Vereta, Fernando Rugitsky, Brisa Ferrão, Ana Mara Machado e Ester Rizzi, com quem dividi minha primeira pesquisa coletiva. Ao Grupo de Estudos “Direito e Subdesenvolvimento: o desafio furtadiano”, pela experiência de se fazer ciência comprometida com a efetivação de nossa ordem econômica e social.

Agradeço ao Franca, vulgo Eduardo Saad Diniz, pela forma despretenciosa pela qual adotou um calouro e o transformou em seu amigo fraterno. Devo muito a você, meu companheiro.

Agradeço ao Alê, o cavaleiro incansável da esperança, minha escola de vida, por me fazer acreditar que é disso que são feitos os sonhos!

Agradeço ao Waltinho (“o futuro do Brasil!”) e ao Thiago Barison, meus queridos companheiros da política (seja na Luta Socialista, no Ruptura ou no Fórum da Esquerda), com quem divido as angústias e os anseios sobre todas as dimensões da vida, dou graças por me manterem rumo ao sul. Também agradeço ao Júlio Araújo, Adriano Blattner, Juliana Cardoso, Livia Gimenez, André Roston, Veridiana Alimonti e Renan Quinalha pela convivência nos tempos da graduação na São Francisco.

Ao meu amigo e orientador, o Professor Bercovici, pelo carinho com que conduziu este confuso pesquisador a tentar trilhar o bom caminho. Sua atenção e compreensão foram fundamentais para acalmar minhas ansiedades e o desânimo com todas as limitações de estudante e advogado, por saber que “foi sobretudo a necessidade imperiosa de exercer uma profissão para ganhar a vida que me reduziu o tempo disponível.”² Agradeço pela confiança e por me proporcionar a satisfação de acompanhá-lo durante as aulas de graduação em Economia Política e Direito Econômico.

Agradeço à Regina, que me ensina diariamente o que é amar. Sua dedicação e seu companheirismo, madrugadas à dentro, com nossos vinhos, nossos deliciosos jantares, nossas conversas e seu sorriso apaixonado, me fazem querer ser uma pessoa melhor, sempre. À ela também dedico a revisão atenta do trabalho, resistente ao sono e ao cansaço.

² MARX, Karl. **Para a Crítica da Economia Política**. Os Economistas, 1982, p. 27.

Agradeço ao Luiz, meu querido sócio, por sua paciência comigo e pela confiança e dedicação ao nosso projeto.

Aos professores José Maria Arruda de Andrade e Newton Silveira, pelas fundamentais colocações feitas em minha qualificação, que auxiliaram a melhorar o recorte temático e, na medida do possível, foram incorporadas ao trabalho. Aos amigos Ricardo Ribeiro, Jonnas Vasconcelos, Rachelle Balbinot, pelo apoio e companherismo de toda hora e pela revisão atenta das versões da dissertação, é uma grande honra tê-los por perto. Aos meus queridos amigos e queridas amigas, Valmir, Murilo, Zé Guilherme, Mari Chammas, Saulo, Gusoca, Pulga, Lea, Tatuí, Guina, Fredão, Zé Rubens, Kiki, Mirtes e tantos outros, pela alegria que é acompanhar os passos de cada um pela vida afora.

Foi fundamental para o trabalho e para minha formação ter participado do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia, em que pude conviver (mas principalmente aprender) com profissionais, pesquisadores e estudiosos da nanotecnologia em suas mais diversas vertentes. Em especial, gostaria de agradecer à Andrea Fernandes, André Araújo, Lélia Lowe, João Lanari, Cauê Ribeiro, Silvia Guterrez, Adriana Pohlmann, Helvécio Rocha, Willian Waissmann, Wilson Engelmann, Paulo Roberto Martins e Arline Arcuri.

Aos meus mestres da advocacia, André Jacques Uchoa Costa e José Francisco Siqueira Neto, sempre dispostos a me ensinar e a dividir suas experiências com um jovem e curioso advogado. Obrigado por, mesmo sem saber, me ajudarem a achar tempo e forças para não desistir dos desafios a que me propus.

Ao pessoal do meu escritório, Braga & Carvalho Advogados, por entenderem minha ausência e se dedicarem com amor e atenção aos nossos projetos e clientes. Agradeço a todos em nome de nossa querida Kátia Scorbaioli.

Ao mestre Jean e à nossa egrégore, por me agraciar com as técnicas capazes de nos colocar mais próximos de nossos sonhos.

Por fim, dou benção ao pensamento e à obra (inacabada) de Juscelino Kubitschek e Celso Furtado, homens que dedicaram suas energias e o melhor de suas essências à construção de um país mais justo e honrado.

RESUMO

A partir do início do século XXI, a nanociência e a nanotecnologia passaram a fazer parte de políticas de desenvolvimento por parte de Estados nacionais, principalmente os países do centro do sistema capitalista. As potencialidades trazidas pelas possíveis aplicações científicas e industriais da escala nano orientaram seu desenvolvimento em duas frentes: uma dedicada às aplicações e adaptações no ambiente econômico e outra interessada na análise dos impactos sociais de seu uso. Neste contexto, o trabalho inicia-se identificando os conceitos em disputa para a formação de sua ordem jurídica. Em seguida, identifica as principais questões sociais e econômicas relacionadas ao desenvolvimento das estratégias nacionais de nanotecnologia, analisando as políticas de desenvolvimento americana e japonesa para, posteriormente, estudar a política brasileira de nanotecnologia. O contorno teórico do tema baseia-se, do ponto de vista econômico, nas obras de Joseph A. Schumpeter e Celso Furtado e, do ponto de vista do direito, pela aplicação do direito econômico como método capaz de apreender a economia política inserida na forma jurídica. Assim, a análise da política brasileira é feita a fim de identificar as possibilidades de superação do desafio furtadiano, com vistas à autonomia tecnológica e homogeneização social.

Palavras-chave: nanotecnologia; Furtado; Schumpeter; desenvolvimento; programa nacional de nanotecnologia; direito econômico; intervenção do Estado; planejamento; progresso técnico; política industrial; política tecnológica.

ABSTRACT

From the beginning of the 21st century, nanoscience and nanotechnology have become part of nations' development policies, particularly from countries in the center of the capitalist system. The potential brought by possible scientific and industrial applications of the nanoscale guided its development towards two fronts: one dedicated to applications and adaptations in the economic environment and the other interested in the analysis of the social impacts of its use. In this context, this work begins by identifying the concepts in dispute in order to form its legal system. Then, it identifies the social and economic key issues related to the development of nanotechnology national strategies, analyzing the development policies from USA and Japan, to, subsequently, study the Brazilian nanotechnology policy. From the economical standpoint, the theoretical outline of the subject is based on the theories of Joseph A. Schumpeter and Celso Furtado and then, from the standpoint of law, it is based on the application of economic law as a method capable of understanding the political economy embedded in the legal form. Thus, the analysis of Brazilian politics is done in order to identify the possibilities to overcome Furtado's challenge, aiming at technological autonomy and social homogenization.

Keywords: nanotechnology; Furtado; Schumpeter; development; nanotechnology national program; economic law; government intervention; planning; technical progress; industrial policy; technological policy.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABTLuS	Associação Brasileira de Luz Sincrotron
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
C&T	Ciência e Tecnologia
C,T&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEN / BWTG	European Committee for Standardization - Technical Board Working Group
CEPAL	Comissão Econômica para a América Latina
CETENE	Centro de Tecnologias Estratégicas para o Nordeste
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGNT	Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias
CIMATEC	Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CNBS	Conselho Nacional de Biossegurança
CNCT	Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia
CNDI	Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSTP	Conselho da Política de Ciência e Tecnologia
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
CUT	Central Única dos Trabalhadores
ELSI	implicações éticas, legais, sociais e ambientais
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapii	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação
FCN	Fórum de Competitividade em Nanotecnologia
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia

INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO/TC	International Organization for Standardization / Technical Group
JST	Japanese Council for Science and Technology
LNLS	Laboratório Nacional de Luz Síncrotron
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
METI	Ministério da Indústria e Comércio do Japão
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
MinC	Ministério da Cultura
MRE	Ministério das Relações Exteriores
MS	Ministério da Saúde
N&N	Nanociência e Nanotecnologia
NAE	Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República
NIMS	National Institute for Materials Science
NNI	National Nanotechnology Initiative
NRI	Nanotechnology Research Institute
NSET	Nanoscale Science, Engineering and Technology Subcommittee
NSF	National Science Foundation
NSRC	Nanoscale Science Research Center
NSTC	National Science and Technology Council
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
OSTP	Office of Science and Technology Policy
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PBDCT	Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBM	Plano Brasil Maior
PCAST	President's Council of Advisors on Science and Technology
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PNB	Política Nacional de Biossegurança
PNN	Programa Nacional de Nanotecnologia
PPA	Plano Plurianual

PROCAD	Programa Nacional de Cooperação Acadêmica
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SETEC	SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO
SINDUSFARMA	Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo
SIPAT	Semana Interna de Prevenção de Acidentes de Trabalho
TIA-Nano	Tsukuba Innovation Arena for Nanotechnology
USPTO	United States Patent and Trademark Office
WTEC	World Technology Evaluation Center

ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO	15
II.	O CONCEITO DE NANOTECNOLOGIA E O MAPEAMENTO DAS QUESTÕES EM DISPUTA PARA A CONSTRUÇÃO DE SUA ORDEM JURÍDICA NO BRASIL	24
A.	DEFINIÇÕES DE ESCALA, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES.....	29
B.	PANORAMA DO MERCADO DA NANOTECNOLOGIA NO MUNDO	42
C.	RISCOS, INCERTEZAS E AS QUESTÕES EM DISPUTA	48
I.	OS IMPACTOS SOCIAIS DA NANOTECNOLOGIA	58
D.	AS ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA NANOTECNOLOGIA	68
I.	A ESTRATÉGIA AMERICANA	72
II.	A ESTRATÉGIA JAPONESA	84
III.	DUAS ABORDAGENS DA ECONOMIA POLÍTICA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA.....	90
A.	A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA SCHUMPETERIANA	91
B.	O DESAFIO FURTADIANO PARA A SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO	95
I.	A CIVILIZAÇÃO INDUSTRIAL E O REFORÇO ÀS CONDIÇÕES PERIFÉRICA E DEPENDENTE	99
II.	A CRIATIVIDADE COMO ELEMENTO-CHAVE PARA A SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO	109
III.	AS RAÍZES ESTRUTURAIS DA INADEQUAÇÃO TECNOLÓGICA E O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO PERIFÉRICO.....	113
C.	DIFERENÇAS E APROXIMAÇÕES ENTRE FURTADO, SCHUMPETER E OS NEOSCHUMPETERIANOS	119
D.	O DIREITO ECONÔMICO COMO INSTRUMENTO DE SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO.	124
IV.	A POLÍTICA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA E AS FORMAS DE ATUAÇÃO DO ESTADO BRASILEIRO NO SEU DESENVOLVIMENTO	129
A.	OS COMANDOS CONSTITUCIONAIS	131
B.	AS FORMAS DE ATUAÇÃO DO ESTADO	138
C.	GENEALOGIA DE NOSSA BREVE HISTÓRIA	145
I.	AS POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO GOVERNO FEDERAL ..	152
II.	A ABDI NA PROMOÇÃO DA NANOTECNOLOGIA.....	180
III.	O FÓRUM DE COMPETITIVIDADE DE NANOTECNOLOGIA DO MDIC	181

D.	OS LIMITES E AS POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO DA NANOTECNOLOGIA NA PERIFERIA DO SISTEMA CAPITALISTA	186
V.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	196
VI.	BIBLIOGRAFIA	198

The way of life can be free and beautiful. But we have lost the way. (...)

We think too much and feel too little.

More than machinery we need humanity,

more than cleverness we need kindness and gentleness.

Without these qualities life will be violent and all will be lost.

Charles Chaplin

The Final Speech of the Great Dictator, 1940.

Quem supera a ignorância ganha graus de liberdade.

Celso Furtado

Os Ares do Mundo, 1991.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho insere-se na tradição de parte da academia brasileira que busca entender o papel e o alcance da tecnologia no desenvolvimento econômico e social dos países periféricos.

O Brasil tem uma meta a cumprir, um sonho a alcançar, idealizado por nossos mestres e que, vez ou outra, encontra-se mais próximo de ser atingido pelas mãos e mentes incansáveis e honradas de nossos intelectuais, políticos, artistas, trabalhadores, empresários, enfim, por todo aquele que nutre em sua essência o desejo de experimentar a abundância e a beleza, a fim de viver o melhor do ser humano.

A parte desta meta que aqui nos interessa refere-se ao alcance de nossa soberania econômica e tecnológica, instrumento fundamental para erradicarmos a desigualdade e a miséria (de pensamento, de projetos, de relações humanas etc.) que assola nossa história. Os instrumentos para sua superação que serão manejados são o Direito Econômico e o desenvolvimento tecnológico, mais especificamente o desenvolvimento da nanotecnologia.

Observamos que o nascimento de temas para a pesquisa acadêmica geralmente é envolto de uma gigantesca quantidade de questionamentos, dúvidas e, principalmente, aspirações. Com este trabalho não foi diferente: as questões que percorreram e percorrem a cabeça deste pesquisador possuem viés subjetivo (e rotineiramente confuso) que oscilam entre angústia e otimismo, indefinições e certezas, o que atravessa igualmente o próprio objeto de análise.

A escolha do tema nasce das discussões travadas no grupo de estudos Direito e Subdesenvolvimento: o Desafio Furtadiano, do Departamento de Direito Econômico, Financeiro e Tributário da Faculdade de Direito da USP. Neste ambiente, forjou-se espaço privilegiado para o aprofundamento dos estudos sobre as teorias do desenvolvimento econômico e seu principal expoente no Brasil, Celso Furtado. Deste debate, a questão do desenvolvimento tecnológico e sua conexão com os temas da criatividade e da dependência

cultural e tecnológica, criaram ambiente propício para desenvolver análises críticas da recente política industrial e tecnológica brasileira, em suas diversas vertentes.³

Da relação entre o direito econômico e a tecnologia, surgiram diversas possibilidades de pesquisa, iniciando-se pelo amplíssimo (e, rotineiramente, vulgar) tema da inovação tecnológica, com o olhar da periferia. Neste vasto mundo, focar no desenvolvimento da nanotecnologia se mostrou mais adequado e instigante ao aprofundamento teórico e reflexivo. Isso se deveu à grande importância econômica e científica dada à nanotecnologia desde o início do século XXI, trazendo necessariamente à tona temas fundamentais do direito econômico: formas de atuação do Estado e sua capacidade de planejamento e organização; soberania nacional no desenvolvimento tecnológico; interpretação da ordem econômica da Constituição; financiamento público da ciência e tecnologia; regulação econômica, entre outros.

Neste universo, optamos por realizar novo corte metodológico priorizando a análise crítica acerca das formas de atuação do Estado brasileiro e sua capacidade de planejar e cumprir com os mandamentos de nossa ordem econômica no desenvolvimento da nanotecnologia.

O tema, de forma ampla, retrata o presente momento do desenvolvimento tecnológico do país, que possui necessariamente um aspecto dual, limitado pelas características que nos constituem como periferia e potencializado por aquilo que nos aproxima do centro. Depois de duas décadas perdidas para o pensamento neoliberal, iniciamos em 2004 uma tentativa de retomar a “construção interrompida” pela via da política industrial com maior presença estatal e com uma aposta na inovação como eixo motriz desse desenvolvimento.⁴ Naquele momento, uma brecha histórica capaz de alterar a rota de

³ Durante o desenvolvimento deste trabalho, colaborei com a pesquisa “O Ordenamento da Inovação Tecnológica em Ação: Lei 10.973/04, Lei 11.196/05 e Lei 11.487/07 – Pesquisa Empírica sobre seus Efeitos”, *in mimeo*, agraciado com bolsa do Programa Jovens Doutores, Processo CNPq nº. 569929/2008-3, sob a coordenação dos Professores Gilberto Bercovici, Alessandro Octaviani, José Maria Arruda de Andrade.

⁴ Conforme se observa no lançamento da Política de Inovação Tecnológica e Comércio Exterior lançada por meio do ao final de 2003: “A Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior tem como objetivo o aumento da eficiência econômica e do desenvolvimento e difusão de tecnologias com maior potencial de indução do nível de atividade e de competição no comércio internacional. Ela estará focada no aumento da eficiência da estrutura produtiva, aumento da capacidade de inovação das empresas brasileiras e expansão das exportações.” Vale destacar o seguinte objetivo: “Promover a capacidade inovadora das empresas via concepção, projeto e desenvolvimento de produtos e processos. Estimular o incremento de atividades portadoras de futuro, como biotecnologia, software, eletrônica e optoeletrônica, novos materiais, nanotecnologias, energia renovável, biocombustíveis (álcool, biodiesel) e atividades derivadas do Protocolo de Kyoto.” Disponível em http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/download/Diretrizes_Oficial.pdf

desenvolvimento do país parecia se apresentar e as apostas se faziam mais fortes no desenvolvimento tecnológico, amparado na tripla hélice formada por governo-empresa-universidade.

Como indicado por Silveira (2001), o final da década de 1990 sinalizou para uma alteração em algumas variáveis que alteraram profundamente “a forma como as nações veem seu próprio desenvolvimento e sua inserção na economia mundial”⁵, provocadas por rearranjos como a velocidade da expansão técnico-científica, o aprofundamento da mundialização das atividades econômicas (comerciais, produtivas e principalmente financeiras). A isso, somam-se as alterações nos fluxos de capitais observadas após a crise europeia de 2008.

Principalmente a partir do início do século XXI, os principais centros econômicos e científicos anunciavam a chegada de uma nova revolução, a “Revolução Nanotecnológica”.⁶ Tal importância justificava-se por meio do seguinte sofisma: as propriedades e o comportamento dos materiais na escala nanométrica alteram-se sensivelmente. Esta novidade renovou o paradigma sempre presente ao desenvolvimento do novo: as surpresas e benefícios são seguidos (de perto ou de longe) de incertezas e riscos.

A nanotecnologia foi selecionada pela potencialidade que sua matriz oferece ao desenvolvimento de novas e outras tecnologias e aplicações, suportadas pela criatividade humana. Seu desenvolvimento contribui para descortinar aquilo que é próprio do desenvolvimento científico: como aliar suas benesses com os riscos que potencialmente passam a existir?

É enorme a transversalidade da aplicação da nanotecnologia⁷: processos industriais, transportes e engenharia espacial, biomedicina, fármacos, gerenciamento ambiental, alimentos, tecidos, tecnologia da informação e comunicação, cosméticos, inteligência artificial, defesa etc. Pela amplitude do postulado que dá vida ao mundo

⁵ SILVEIRA, C. E. F. da. **Desenvolvimento Tecnológico no Brasil**: autonomia e dependência num país periférico industrializado, 2001, p. 3.

⁶ O termo “*Nanotechnology Revolution*” é citado pelo documento do Governo americano que funda a iniciativa americana na *National Nanotechnology Initiative*.

⁷ A fim de auxiliar na construção do referencial adequado ao desenvolvimento deste estudo, a conceituação de nanotecnologia merecerá nossa detida atenção quando relacionada ao (i) desenvolvimento de políticas públicas no tema, (ii) seja objeto de investimentos da iniciativa privada ou (iii) receba atenção em sua caracterização, efeitos ou funcionalidades por parte da sociedade civil organizada.

nanotecnológico, autores chegam a afirmar que é praticamente impossível imaginar algum setor da vida humana que não seja atingido pela nanotecnologia.

Vale destacar que o recorte temático buscou privilegiar a questão de fundo que regeu a elaboração de todo o trabalho: o progresso técnico, em termos furtadianos, é elemento suficiente para a superação do subdesenvolvimento? Ou, como destacou Furtado, “que opções se apresentam aos países que sofreram a deformação do subdesenvolvimento, em face das presentes tendências do sistema capitalista?”⁸ *Existe alternativa?*

Embora nem os anseios ou as questões tenham sido resolvidos (ou mesmo minorados) durante o trajeto da pesquisa, optou-se por um caminho que uniu a reflexão acadêmica à observação prática. Explica-se: a definição do tema foi seguida da oportunidade e a honra de participar do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, iniciativa coordenada pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior do Brasil. Este fato conferiu rara oportunidade de testar algumas das hipóteses de pesquisa, ganhar interlocutores à altura das preocupações que o desafio brasileiro merece e, principalmente, aprofundar as questões teóricas selecionadas e testar o alcance (ainda que de difícil mensuração) das teorias schumpeteriana e furtadiana no desenvolvimento da política.

Tal fato constitui-se também em limitação, visto que grande parte das políticas públicas no Brasil foi concebida, implantada ou encontrava-se em andamento durante o período em que a pesquisa foi desenvolvida, tornando a análise de seus resultados um objeto móvel, inconstante e cercado de imprecisões.

Dada a abrangência da nanotecnologia e a multiplicidade de possíveis abordagens, optamos por um novo recorte, desta vez temático e temporal. Temático por escolher observar o planejamento necessário ao desenvolvimento da nanotecnologia, abordando os contornos da disputa que cercam o seu desenvolvimento no Brasil. Temporal, pois a análise é realizada a partir do lançamento da Política Nacional de Nanotecnologia, em 2006, pelo Governo Federal – cuja *nau* ainda passa por adaptações, disputas e é circunda de incertezas sobre rumos e objetivos.

Delimitados os campos temporal e temático, utilizaremos o Direito Econômico como método capaz de identificar a economia política inserida na Política Nacional de Nanotecnologia. Para tanto, faremos uma investigação em quatro de suas dimensões: (i)

⁸ FURTADO, C.. **O mito do desenvolvimento econômico**, 1974, p. 19.

histórica, (ii) dogmática, (iii) eficácia social e (iv) imaginação institucional (OCTAVIANI, 2009).

O trabalho buscou discutir a questão sob os aspectos produtivos, tecnológicos e políticos, afastando-se de início da questão financeira – que só aparece quando analisados os recursos públicos disponíveis para a pesquisa e produção da nanotecnologia no país. Ainda que reconheçamos a precedência da ordem financeira sobre as óticas produtiva e tecnológica, não é objeto do trabalho, neste momento, analisar os fluxos de capital e a forma como este se relaciona com o desenvolvimento da tecnologia. O enfoque deste trabalho é a política forjada pelo Estado brasileiro para o desenvolvimento da nanotecnologia e, ainda que se reconheça esta limitação *superior*, não torna menos necessário o entendimento e aprofundamento dos aspectos citados para a compreensão do tema.⁹

Assim, após aproximadamente uma década da retomada de nossa política industrial e tecnológica, convém confeccionar hipóteses de trabalho como guia de nossa reflexão, de acordo com os contornos dados:

- a) Qual é a economia política que influencia a Política Nacional de Nanotecnologia?
- b) Há na política desenhada alguma capacidade normativa que proporcione a necessária dinamização de nossa economia?
- c) Qual é a orientação dada ao progresso técnico previsto na política de desenvolvimento da nanotecnologia? Ela é capaz de contribuir para a superação de nossa condição periférica e dependente?

Tais perguntas, além de guiar a condução da pesquisa, tentam perceber para além do caráter privatista que comumente se instala na discussão do tema. Como elaborado por Comparato¹⁰ (1978, pp. 470-471), cumpre enxergar as questões que se colocam para o

⁹ Para uma abordagem neste sentido, ver CHESNAIS, F. e SAUVIAT, C. O financiamento da inovação no regime global de acumulação dominado pelo capital financeiro In LASTRES, H., CASSIOLATO, J. e ARROIO, A. (orgs.) **Conhecimento, Sistemas de Inovação e Desenvolvimento**, 2005, pp. 161-219.

¹⁰ “(...) o jurista, por ser justamente jurista, tem por missão definir tais categorias, integrá-las num sistema e aprimorar-lhes a expressão formal. Mas isto não significa que sua tarefa se esgote neste trabalho de pura análise e classificação, como se sua ciência fosse comparável à botânica ou à matemática. Cumpre-lhe também não perder de vista o aspecto funcional ou técnico que apresenta toda e qualquer instituição jurídica na vida social; do jurista também se exige a capacidade de escolher e de aprimorar as instituições existentes, ou de criar novas, em função de objetivos que lhe são propostos pelas necessidades da vida quotidiana. (...) O Direito Econômico aparece assim como um dos ramos deste direito aplicado, que supõe evidentemente um conhecimento prévio das categorias formais que se situam tradicionalmente na teoria geral do direito privado ou na teoria geral do direito público. E a sua unidade ou, se se preferir, a sua autonomia nos é dada pela sua finalidade: traduzir normativamente os instrumentos da política econômica do Estado.”

direito econômico com vistas a tornar o debate sobre estratégias de desenvolvimento mais publicista e transversal.

Por conta da própria matriz em que está inserido este trabalho, nossa abordagem do desenvolvimento da nanotecnologia pretende ser diferente. É fundamental apontar para as questões éticas, os impactos sociais da nanotecnologia e, principalmente, os rumos em que está sendo desenvolvida no país. A questão é: considerado o quadro geral de seu desenvolvimento no mundo, a estratégia e os meios adotados pelo Estado brasileiro são suficientes para dar conta do *desafio furtadiano*? Portanto, é preciso esclarecer que não pretendemos (i) aprofundar quanto ao juízo de valor em torno da validade ou não do investimento em nanotecnologia, tampouco (ii) enfrentar o debate transversal e profundo acerca de seus riscos.

Para tanto, o trabalho divide-se em três momentos distintos. Primeiro, buscamos conceituar nanotecnologia e mapear os contornos das questões em disputa para a construção (ou não) de sua forma jurídica. Neste quadro, foram descritos os desafios e oportunidade trazidos pelo desenvolvimento da nanotecnologia e suas diversas formas de aplicação no ambiente social e científico, bem como suas implicações econômicas e políticas.¹¹

Para uma exata compreensão dos contornos jurídicos do tema foi necessário recorrer à literatura sobre propriedade intelectual, direito administrativo, direito ambiental, direito do trabalho e do consumidor a fim de identificar as questões dogmáticas mais presentes em torno dos desafios da nanotecnologia. Tais contornos foram então delimitados por três das principais questões que observamos estarem em disputa no desenvolvimento da nanotecnologia: o mundo do trabalho, a proteção ao meio ambiente e ao consumidor e, por fim, os investimentos públicos de Estados nacionais no desenho de suas estratégias ou políticas nacionais de nanotecnologia.

Na segunda parte do trabalho, dissertamos sobre a economia política que formata, conforma ou transforma a realidade social que nos cerca. Aqui, nossa pesquisa é guiada pelo pensamento de Celso Furtado, com foco principal em sua produção ao longo da década de 1990 – que fornece estrutura madura de seu pensamento pretérito, além de proporcionar as ferramentas analítica e propositiva da política de desenvolvimento

¹¹ A discussão envolvendo a tecnologia expressa uma particular confluência entre economia e conhecimento, mas também se insere sobremaneira no domínio dos saberes técnicos e das formas de pensar. Cf. SILVEIRA, 2001, p. 2 e POSSAS, 1997.

tecnológico. O conjunto da obra de Furtado trabalhado ao longo da pesquisa reflete a relação com este período de seu pensamento, construindo o que chamamos de *desafio furtadiano* (BERCOVICI, 2003; OCTAVIANI, 2008).

Serão analisados alguns dos aspectos centrais da obra de Furtado que tangenciam as reflexões aqui elaboradas, principalmente (i) nossa condição periférica e dependente, (ii) os conceitos de modernização, progresso técnico e desenvolvimento, (iii) as dependências tecnológicas e culturais e, por fim, (iv) a criatividade como elemento-chave à superação do subdesenvolvimento.

A obra de Schumpeter será útil para a compreensão dos debates em torno da inovação tecnológica, que recentemente se fez presente em importantes setores da atividade econômica¹² e política¹³ do país, ganhando a primeira página como a “janela de oportunidades” que teria sido aberta ao país a partir da retomada de nossa política industrial, em 2003, com a primeira edição da Política Industrial, Tecnológica e Comércio Exterior (PITCE I).

A leitura de Schumpeter será feita a partir dos evolucionistas e da análise crítica elaborada por Furtado em seu livro “Desenvolvimento e Subdesenvolvimento”. Isso se dará porque o pensamento furtadiano foi desenvolvido sob a perspectiva e limitações próprias do subdesenvolvimento, que ora se aproximam e ora se afastam da matriz schumpeteriana e evolucionista. Assim, será possível analisar as principais contribuições de Schumpeter desde uma perspectiva da periferia, contribuindo para que o trabalho ganhe em elementos de análise desde nossa conjuntura e estrutura sociais, políticas e econômicas.

Ao final deste capítulo, com base na metodologia proporcionada pelo Direito Econômico¹⁴, investiga-se em que medida e profundidade os planos teórico e prático desses autores foram incorporados e funcionalizados na Política Nacional de Nanotecnologia. Tais

¹² Dentre outros, destacamos o Movimento Empresarial pela Inovação (MEI), organizado pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI) e a Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Empresas Inovadoras (ANPEI).

¹³ Desde 2003, o tema da inovação tecnológica está presente em todas as versões da política industrial brasileira: PITCE, PDP e Plano Brasil Maior. Além disso, destacamos a formação do Sistema Brasileiro de Tecnologia (SIBRATEC) em 2007.

¹⁴ “O novo Direito Econômico surge como o conjunto das técnicas jurídicas de que lança mão o Estado contemporâneo na realização de sua política econômica. Ele constitui assim a disciplina normativa da ação estatal sobre as estruturas do sistema econômico, seja este centralizado ou descentralizado. Frequentemente, tais técnicas são coordenadas num quadro geral que exprime o conjunto da política econômica, e que é o *plano*.” COMPARATO, F. K. **O indispensável direito econômico**, p. 465.

teorias também servirão de sistema de referência para se discutir as possibilidades e constrangimentos ao desenvolvimento da nanotecnologia em nosso atual contexto.

A terceira parte do trabalho descreve a Política Nacional de Nanotecnologia, integrando-se à análise anteriormente feita sobre as formas de atuação do Estado em relação ao processo econômico¹⁵, sendo necessário operar novo recorte que possibilite depurada análise dos atores, instrumentos e formas de intervenção.

A descrição da política de nanotecnologia e seu exame serão feitos tendo por base os eixos dogmáticos proporcionados pelo Direito Econômico, como ferramenta de análise crítica, consubstanciada nas obras de Comparato, Grau e Bercovici, ao avaliarmos os instrumentos utilizados pelo Estado brasileiro no desenvolvimento da nanotecnologia. A atualidade do debate – tanto de economia política como de direito econômico – é dada justamente pela profusão de medidas, planos e políticas lançadas pelos governos federal, estaduais e municipais para a promoção da inovação.

Neste ponto, torna-se possível verificar as principais zonas de conflito e indefinição quanto ao rumo da nanotecnologia no Brasil, exemplo de periferia do sistema capitalista, cujo centro continua predominantemente ocupado pelos Estados Unidos. A observação é fruto do exame entre as diferentes formas de abordagem das questões relacionadas ao risco do desenvolvimento da nanotecnologia e à forma de financiamento público e privado que cada economia possui a fim de equacionar aquilo que cada nação se propôs como *desafio*.

Desta forma, o trabalho pretende (i) mapear as questões que cercam o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil e no mundo a fim de entender as questões em disputa, para, em seguida, (ii) amparar teoricamente o debate na produção intelectual de Celso Furtado e o papel da tecnologia e da criatividade na superação de nossa condição periférica e dependente e, por fim, (iii) refletir para onde apontam os resultados de quase uma década de investimentos e esforços no desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil.

O trabalho enfrentou algumas limitações ao seu pleno desenvolvimento em razão da escassa produção jurídica nacional e estrangeira do assunto sob a ótica publicista, do Direito Econômico. Foram poucas as reflexões encontradas – para além da escola *Law and*

¹⁵ GRAU, E. R.. **A ordem econômica na Constituição de 1988**, 2000, pp. 90-153.

Economics – que não partissem de uma discussão privatista, também importante, porém com outro foco, diferente do que se pretendeu desenvolver neste trabalho.

A reflexão atual, ampliada e mais intensa do que ao longo das décadas de 1980 e 1990, tem entre seus interlocutores aqueles que pensam o país não como um local de repetição acrítica de padrões de vida, pensamento e consumo importados, mas que interpretam nossa realidade imbricada na luta social preocupada com a ampliação do acesso à tecnologia para o maior numero de pessoas. A isto se dedica a conclusão deste trabalho. Para transformar este ornitorrinco,¹⁶ continuamos com o desafio de alcançar novo patamar civilizatório pelas pernas e braços que nos proporcionarão a tecnologia dinamizada pelo processo social e democrático brasileiro.

¹⁶ “O ornitorrinco é isso: não há possibilidade de permanecer como subdesenvolvido e aproveitar as brechas que a Segunda Revolução Industrial propiciava; não há possibilidades de avançar, no sentido da acumulação digital-molecular: as bases internas da acumulação são insuficientes, estão aquém das necessidades para uma ruptura desse porte. Restam apenas as “acumulações primitivas”, tais como as privatizações propiciaram: mas agora com o domínio do capital financeiro, elas são apenas transferências de patrimônio, não são, propriamente falando, “acumulação”. O ornitorrinco está condenado a submeter tudo à voragem da financeirização, uma espécie de “buraco negro”: agora será a previdência social, mas isso o privará exatamente de distribuir a renda e criar um novo mercado que sentaria as bases para a acumulação digital-molecular. O ornitorrinco capitalista é uma acumulação truncada e uma sociedade desigualitária sem remissão. Vivam Marx e Darwin: a periferia capitalista finalmente os uniu.” OLIVEIRA, F. *Crítica à razão dualista / O ornitorrinco* 2003, p 150.

II. O CONCEITO DE NANOTECNOLOGIA E O MAPEAMENTO DAS QUESTÕES EM DISPUTA PARA A CONSTRUÇÃO DE SUA ORDEM JURÍDICA NO BRASIL

O propósito da conceituação da nanotecnologia que merece nossa atenção está fundamentalmente ligado ao recorte do presente trabalho. É importante destacar novamente este fato tendo em vista a diversidade de determinismos, reducionismos e fundamentalismos que cercam atualmente o debate em torno da nanotecnologia (DUPUY, 2005). Assim sendo, não cabe a análise pormenorizada das correntes científicas identificadas com determinado postulado ou corrente teórica, muito menos merecerão atenção as visões futuristas acerca dos destinos da nanotecnologia na evolução humana.¹⁷

O propósito aqui é partir de determinados consensos científicos em torno do tema para então construir sua conceituação. Primeiro, devemos apontar o que une todo e qualquer nanomaterial: a sua escala, o bilionésimo do metro (10^{-9} m). A partir desta escala, os materiais ou compostos apresentam propriedades (mecânicas, químicas, elétricas, óticas, magnéticas, biológicas, ambientais, ecológicas) distintas daquelas apresentadas pela mesma matéria em seu estado de massa e é justamente isso que tornou tão relevante o estudo das nanotecnologias.¹⁸ Estas são as certezas que conseguimos apurar no debate científico que mapeamos no Brasil e no exterior (HUNT; MEHTA, 2006; ALVES, 2004; LIN e ALLHOFF, 2009).

A partir daí, como aponta Hunt (2006, p. 45), são construídos pontos em torno de incertezas do comportamento destas novas propriedades nas diferentes aplicações tentadas pelo homem. Deste debate, interessa-nos o mapeamento das questões em jogo a partir da seguinte construção: as novas propriedades na nanoescala tornam tais materiais desejáveis a novas aplicações tecnológicas, que podem ser altamente lucrativas (despertando a atenção do mercado) ou substancialmente baratas para a solução de problemas sociais, militares ou econômicos (despertando o interesse de Estados).

¹⁷ Este debate é principalmente feito em torno de prognósticos e projeções sobre a interferência da nanotecnologia na vida do homem, especificamente quanto à criação de inteligência artificial capaz de criar nova forma de vida e acabaria por extinguir a vida na terra. Cf. Drexler (1990).

¹⁸ Nessa dimensão e escala, como um dos exemplos possíveis, Pagliaro (2010, p. 27) indica que o ouro é conhecido por ser um material inerte, um metal nobre. No entanto, na escala nano, além de possuir outra coloração, o ouro transforma-se em um poderoso material reativo, agindo como um catalisador reciclável.

Assim, interessa conceituar na nano (ciência, tecnologia, materiais etc.) aquilo relevante para o dimensionamento de seu impacto econômico-social e que, por tal razão, induz Estados nacionais, empresas nacionais e transnacionais a organizarem estratégias para a apropriação da ciência e tecnologia, bem como disputar o sentido de seu desenvolvimento.

Este capítulo terá também a função de abordar três das principais disputas em torno do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil e no mundo, com base na literatura especializada e nos documentos oficiais de governos, organizações multilaterais e empresas privadas.

A primeira delas diz sobre as definições de escala, propriedades e aplicações dos nanomateriais, intrinsicamente relacionadas à própria conceituação da nanociência e nanotecnologia. Podemos identificar que este ponto é inerente às trajetórias de desenvolvimento tecnológico e econômico adotadas por determinados países (como Estados Unidos e Japão) ou grupos de países (União Europeia, por exemplo).

O desafio proposto pela nanotecnologia é bem colocado por Dupuy (2009, p. ix):

The promoters of nanoscience and nanotechnologies are numerous, powerful and influential: scientists and engineers enthused by prospects of fabulous breakthroughs; industrialists attracted by the hope of gigantic markets; governments of nations and regions of the globe terrified at the idea of losing an industrial, economic and military race in which the stakes are not only jobs and growth, but also the defense capacities of tomorrow; and finally, the representatives of that vast and anonymous collective entity made up of everyone who is rushing blindly to find technological solutions to the unintended and undesirable effects produced by technology itself.

Observaremos que, de acordo com a definição que se dá ao nanomaterial, é possível incluir ou excluir seu desenvolvimento ou sua comercialização de determinados mercados por conta de barreiras não tarifárias. Isto se faz por meio da criação de um ambiente regulatório específico, formado principalmente por instituições do Estado cujas competências relacionam-se com a regulação dos alimentos, da saúde humana ou animal e ainda a proteção da propriedade intelectual.

Neste debate, o centro das discussões está nas definições de nanopartícula ou de nanocompostos, como veremos. Assim, a entrada de um produto nanotecnológico no

mercado ou o desenvolvimento de determinada pesquisa está condicionada à superação de tais barreiras.

A segunda disputa refere-se aos riscos e incertezas relacionadas ao desenvolvimento da nanotecnologia, pautado em descobertas quase cotidianas da comunidade científica. A velocidade com que as pesquisas científicas e tecnológicas avançam despertam preocupações de organizações dedicadas à proteção do trabalhador, do meio ambiente, do consumidor e, de forma mais ampla, da proteção à vida humana. Esta frente de preocupações organiza-se em torno dos *impactos sociais da nanotecnologia*, reunindo pesquisas em todo o mundo a fim fornecer maior precisão científica, bem como ampliar os debates éticos, quanto às consequências do uso dos nanomateriais na sociedade.

Deve-se destacar que este debate, como toda discussão científica, não é neutro. Seu viés é usualmente relativizado em função da política e do conjunto de interesses que move o desenvolvimento da nanociência no mundo. Dupuy (2009, p. xi) indica haver clara ambivalência quando se debate o futuro da nanociência e nanotecnologia, demonstrando que os contornos dos riscos e potencialidades da nano é cercado de uma linguagem dupla por parte da própria comunidade científica:

The truth is that the scientific community uses a double language, just as it has so often done in the past. When scientists need to sell their product, grandiose vistas are conjured up to beguile the politicians who hold the pursestrings. But when the commotion attracts the attention of critics who raise the question of risks, the same scientists beat a hasty retreat, emphasizing the exceedingly modest nature of their research.

A terceira disputa que será analisada refere-se aos planos nacionais de desenvolvimento da nanotecnologia. Em consequência das potencialidades oferecidas por este novo universo, os países desenvolvidos, principalmente, planejam-se e desenvolvem desde o início do século XXI estratégias para apropriação desta tecnologia nacionalmente a fim de aplicá-la em escala planetária. A organização da pesquisa e desenvolvimento por meio do Estado insere-se em tema afim a este trabalho, qual seja: a capacidade de planejamento estatal e suas formas de intervenção na economia.

Neste sentido, será analisada a trajetória americana desde o lançamento da Iniciativa Nacional em Nanotecnologia (NNI, sigla em inglês), em 2000, merecendo especial atenção (i) o orçamento público dedicado ao tema, (ii) a forma como se organizam as

agências americanas em torno da nanotecnologia, (iii) os focos selecionados pela política e, por fim, (iv) a interação entre academia, iniciativa privada e governo a fim de cumprir com os objetivos identificados no plano.

A experiência americana foi selecionada por conta de um conjunto de razões. A primeira delas relaciona-se ao fato de que os Estados Unidos possuem hoje a vanguarda do desenvolvimento nanotecnológico em termos de investimentos, patentes, pesquisa e aplicações militares (HUNT; MEHTA, 2006, p. 5), superando o Japão, país que reúne expressiva produção científica no tema.¹⁹ Além disso, os Estados Unidos possuem amplo suporte público para investimentos em inovação tecnológica, como pode ser visto no discurso do Presidente Barack Obama,²⁰ durante o lançamento da Estratégia Americana para a Inovação, em janeiro de 2011:

The first step in winning the future is encouraging American innovation. None of us can predict with certainty what the next big industry will be or where the new jobs will come from. Thirty years ago, we couldn't know that something called the Internet would lead to an economic revolution. What we can do – what America does better than anyone else – is spark the creativity and imagination of our people.

Se estas discussões caminham mais adiantadas em países do centro, o mesmo não ocorre no Brasil. A diferença entre estes dois universos será analisada em capítulo específico, quando dissertaremos sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, iniciada de forma coordenada em 2004 com o Programa “Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia”, apontando suas potencialidades e limitações.

No contexto deste trabalho, importam-nos algumas ideias subjacentes que sustentarão o debate acerca do desafio furtadiano e o desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, notadamente em torno da dimensão e consequências do progresso técnico. A fim de mapear as questões que circulam a construção de sua ordem jurídica no Brasil, é importante destacar e identificar os eixos conformados política e economicamente no desenvolvimento da nanotecnologia.

¹⁹ Em fevereiro de 2011, tivemos a oportunidade de integrar Missão do Governo brasileiro ao Japão, organizada pelo MDIC, especialmente destinada a conhecer a *National Business Creation Initiative* (NBCI) e o *Tsukuba Innovation Arena for Nanotechnology* (TIANano). O material e as impressões da Missão serão expostos ao longo do trabalho.

²⁰ OBAMA, Barak. *Innovation*. Disponível em: <http://www.whitehouse.gov/issues/economy/innovation>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

Observaremos que o percurso das políticas públicas daqueles países que se dedicaram de forma organizada ao desenvolvimento da nanotecnologia necessariamente discutiram os impactos destes dois grupos de macro questões, analisando-as e decidindo por seu destino com base nos objetivos nacionais escolhidos.

Furtado indica que debates deste gênero abrem a perspectiva para a tomada de consciência da dependência de financiamento público para o avanço das tecnologias de vanguarda e da importância da autonomia das decisões para que se possa atuar nos mercados internacionais. O autor (1973, pp. 76-7) assim evidenciava a opção da América Latina:

Na América Latina, impôs-se sem discussão a posição canadense, proporcionando-se o máximo de proteção a toda atividade produtiva que se inclina a substituir importações, na suposição de que *qualquer* indústria instalada no território nacional coopera *igualmente* para a prosperidade do país.

Neste sentido, podemos relacionar o desenvolvimento da nanotecnologia à existência de *trajetórias*²¹ de desenvolvimento entre os modelos de cada nação. A escolha de cada Estado denota a implantação de uma política econômica, com fins e objetos próprios, que se organizam em torno de um modelo de desenvolvimento. Conforme destaca Furtado (1973), ao analisar os quadros de desenvolvimento econômico de Estados nacionais, determinado modelo de desenvolvimento pode visar a proteger o mercado nacional, considerado essencialmente como um sistema de decisões, ou ainda visar a proteger a indústria, considerada isoladamente como atividade produtora e fonte de emprego, podendo ser controlada de fora ou de dentro do país.

²¹ Conforme explica Carlos Eduardo Fernandes da Silveira, esta nomenclatura, muito cara à escola neoschumpeteriana ou evolucionária, preocupa-se em “construir uma série de conceitos que procuram categorizar e classificar os vários passos, etapas e características desse processo que se origina na busca de vantagens por parte das empresas nas suas disputas competitivas no mercado.” SILVEIRA, op. cit., p. 63. Como definido por Richard Nelson e Sidney Winter, dentre as questões de política que dizem respeito à economia mundial de hoje, nenhuma apresenta um *mix* mais crítico de perspectivas e perigos que aquelas que refletem a ampla disparidade dos níveis atuais de desenvolvimento econômico e os constrangimentos que afetam sociedades que lutam para alcançá-lo. NELSON, R.; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change**. 1982, p.18. No mesmo sentido: Cf. DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores**. 2006; Cf. MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **Trajetoórias da inovação: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX**. 2005; KIM, L. **Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia**. 2005; KIM, L. e NELSON, R. R. (Org.). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. 2005.

Com o surgimento desta preocupação, completamos os dois lados da nanotecnologia que mais movimentam recursos públicos e privados no desenvolvimento de ciência e pesquisa no mundo: primeiro, a maravilha da tecnologia que motiva investimentos públicos e privados maciços para organizar a *corrida nanotecnológica* em torno de novos produtos, aplicações e funcionalidades para a melhoria do bem-estar do homem e das nações; de outro, os investimentos para intensificar o conhecimento sobre os impactos sociais causados por sua manipulação por homens e pelo contato com o meio ambiente.

Entendemos que a nanotecnologia insere-se em capítulo central do sistema capitalista por se relacionar como um eixo do desenvolvimento tecnológico. Como preconizado por Marx e reafirmado ao longo dos últimos dois séculos da civilização industrial, o sistema capitalista de produção impulsiona constantemente revoluções de suas forças produtivas.

Vale apontar que a descoberta dos impactos da nanotecnologia no mercado, inserida que está no progresso técnico, pode ser vista como uma nova frente de ação do modo de produção capitalista a fim de superar e elevar o grau de produtividade e a valorização do capital.²² Não à toa, os Estados Unidos identificam seu desenvolvimento como uma “Revolução Nanotecnológica”, lançando no início do ano 2000 a NNI, com discurso do Presidente Clinton no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em que indica a nanotecnologia como sendo a revolução no universo científico e tecnológico para o século XXI.

a. DEFINIÇÕES DE ESCALA, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

A definição de nanomateriais ou nanocompostos ainda não se encontra sistematizada a ponto de possuir aceitação universal. Sua definição é uma questão política: estabelecer o que se enquadra na escala nanotecnológica para fins regulatórios é de fundamental importância para determinar a abrangência com que seus impactos serão mensurados ou administrados já que possuem ampla dimensão e transversalidade, bem como o que será incentivado e de que forma isso será feito. Assim, definir nanotecnologia para determinado país ou determinado setor implica em estabelecer qual o nível de controle

²² Como explicado por K. Marx, ainda que contraditório, o capitalismo apresenta “um impulso ilimitado e sem fim para superar suas próprias barreiras...”. *Elementos fundamentais para la crítica de la Economía Política*, pp. 334/408.

jurídico, político, econômico, social ou ético a que este se submeterá, abrindo, portanto, um leque de discussões e possibilidades em torno de questões relacionadas ao tema.

A regulação da nanotecnologia enfrenta incertezas e um baixo nível de coerência entre Estados e organizações multilaterais. Um bom panorama é oferecido pela base de dados *Nanotech Regulatory Document Archive*.²³ Trata-se de repositório de documentos públicos mantido de forma colaborativa, que permite contribuições de todo o planeta a fim de mantê-lo atualizado e compreensível ao público.

A base de dados é gratuita e fruto da cooperação de americanos (*Center for the Study of Law Science & Technology in the Sandra Day O'Connor College of Law at Arizona State University, USA*), australianos (*Centre of Regulatory Studies in the Monash University Law School*) e belgas (*Institute of Environmental and Energy Law at K.U. Leuven*), com financiamento do Departamento de Energia norte-americano.

Até janeiro de 2013, os referenciais mais ativos no sítio eram da União Europeia, com 179 documentos indexados; os Estados Unidos, com 80 documentos; o Reino Unido, com 39 documentos; a Austrália, com 34; Alemanha com 25; e organizações não governamentais, com 12. Por se tratar de uma base colaborativa, não é possível inferir que estes são os centros mais ativos na regulação da nanotecnologia, embora a literatura especializada aponte para o protagonismo europeu e norte-americano no tema (MILLS, 2006; MARCHANT, SYLVESTER, ABBOTT, 2007). De toda sorte, tal dado denota o maior grau de organização e publicidade dos países desenvolvidos no tema.

Destacamos ainda os trabalhos conduzidos pela *International Organization for Standardization* (ISO) – principalmente o Comitê Técnico ISO/TC 229. A ISO reúne mundialmente os comitês nacionais ou supranacionais de padronização e normas técnicas a fim de discutir parâmetros mundiais para a especificação de produtos, serviços e boas práticas.

De acordo com Hatto,²⁴ presidente do Comitê ISO/TC 229, as necessidades de padronização da nanotecnologia relacionam-se a (i) dar apoio à comercialização e ao desenvolvimento de mercados mundiais para tais produtos; (ii) fornecer a base para a

²³ *Nanotech Regulatory Document Archive*. Disponível no site <<http://nanotech.law.asu.edu/>>. Acesso em 10 dez. 2012.

²⁴ Apresentação fornecida ao autor no ano de 2011 durante um dos encontros do Fórum de Competitividade do MDIC em Brasília.

aquisição de conhecimentos técnicos, de qualidade e ambientais; e (iii) dar apoio à legislação e regulação apropriadas em todo o mundo.

Em 2008, Hatto identificava os seguintes desafios da padronização da nanotecnologia: (i) terminologias e definições para a nanotecnologia não acordadas internacionalmente; (ii) ausência de protocolos para testes de toxicidade de nanopartículas; (iii) inexistência de protocolos padronizados para a avaliação de impactos ambientais das nanopartículas; (iv) provável inadequação dos “métodos de teste” existentes quanto a dispositivos e dimensões em nanoescala; (v) necessidade de desenvolvimento e padronização de técnicas de mensuração e instrumentos necessários; (vi) necessidade de novos procedimentos de calibração e materiais de referência certificados para validação de instrumentos de testes em nanoescala; e, por fim, (vii) necessidade de novos padrões para sistemas e dispositivos nanotecnológicos multifuncionais.

Como soluções parciais, o presidente do Comitê ISO/TC 229 indica que alguns padrões já existentes poderiam inicialmente ser aplicados em análises químicas e de imagem (como os ISO/TC 201 e 202) e processos de detecção e mensuração de partículas (como o ISO/TC 24). Além disso, cita a necessidade da criação de um comitê dedicado à coordenação do desenvolvimento de padronização em Comitês Técnicos relevantes, sensível à criação de novas padronizações quando não houver método semelhante e, mais importante ainda, quando os padrões atualmente existentes não possuírem os recursos necessários para enfrentar os desafios da escala nano.

Hatto realiza ainda breve panorama do desenvolvimento da padronização em todo o mundo, indicando duas iniciativas em dezembro de 2003: a China estabelece um Grupo de Trabalho Unido para nanomateriais e o Reino Unido propõe ao Comitê Europeu de Normatização a criação de um Grupo de Trabalho (CEN/BT/WG) para o desenvolvimento de uma estratégia para a padronização de nanotecnologias. Em novembro de 2004, o Japão estabelece um grupo de estudos para padronização da nanotecnologia. Na Tabela 1 temos as principais iniciativas quanto à regulação da nanotecnologia no mundo, com exceção das iniciativas americanas (HATTO, 2007):

Tabela 1 – Desenvolvimento da regulação em nanotecnológica na Europa e Ásia

Dezembro/2003	China estabelece um Grupo de Trabalho Unido para a padronização de nanomateriais
	Reino Unido propõe à Comissão Europeia de Normatização

	(CEN/BT/WG) o desenvolvimento de estratégia para a padronização em nanotecnologias
Novembro/2004	Japão estabelece um Grupo de Estudos para padronização da nanotecnologia
Dezembro/2004	China publica 7 padrões nacionais de nanotecnologia
Junho/2005	ISO confirma o estabelecimento do Comitê Técnico ISO/TC 229, com presidência e secretariado do Reino Unido
	Reino Unido publica PAS 71, vocabulário de nanopartículas
	CEN/BT/WG 166 desenvolve a Estratégia Europeia para o Comitê de Normatização
Novembro/2005	Reunião inaugural da ISO/TC 229, em Londres
	A Comissão Europeia de Normatização estabelece o Grupo Técnico CEN/TC 352 – Nanotecnologias – com presidência e secretariado do Reino Unido
Abril/2006	Primeira reunião do CEN/TC 352 (em que foi acordado a estreita colaboração com os trabalhos da ISO/TC 229)
Maio/2006	A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) concorda em estabelecer o Comitê Técnico TC 113 no campo das nanotecnologias – em coordenação com a ISO/TC 229
Junho/2006	Segunda reunião do Comitê ISO/TC 229, em Tóquio
Dezembro/2006	Terceira reunião do Comitê ISO/TC 229, em Seul
Junho/2007	Quarta reunião do Comitê ISO/TC 229, em Berlin
Dezembro/2007	Quinta reunião do Comitê ISO/TC 229, em Singapura

Na Tabela 1, chama atenção a rapidez e a capacidade de coordenação das iniciativas em torno da normatização e padronização da nanotecnologia entre os países europeus e asiáticos.

O Comitê ISO/TC 229 foi formado em junho de 2005 com 39 membros, sendo 29 permanentes e oito observadores. Foram estabelecidas ligações com outros 15 Comitês Técnicos e seis corpos externos à ISO: IEC/TC 113, CEN/TC 352, *Asia Nano Forum*, EC JRC, OCDE e VAMAS. Além disso, instituiu-se a meta de desenvolver ligações com “economias emergentes”.

A definição de nanotecnologia adotada pelo Comitê foi a seguinte:

Standardization in the field of nanotechnologies that includes either or both of the following:

- Understanding and control of matter and processes at the nanoscale, typically, but not exclusively, below 100 nanometres in one or more dimensions where the onset of size-dependent phenomena usually enables novel applications;

- Utilizing the properties of nanoscale materials that differ from the properties of individual atoms, molecules, and bulk matter, to create improved materials, devices, and systems that exploit these new properties.

Além desta definição, o Comitê trabalhou na (i) padronização de terminologia e nomenclatura; (ii) metrologia e instrumentação, incluindo especificações para materiais de referência; (iii) metodologias de testes; (iv) modelagem e simulação; e (v) práticas relacionadas à ciência básica, segurança e meio ambiente.

Depois de muitos conflitos durante o processo decisório,²⁵ a União Europeia chegou, em outubro de 2011, a uma definição de nanomateriais:

A natural, incidental or manufactured material containing particles, in an unbound state or as an aggregate or as an agglomerate and where, for 50 % or more of the particles in the number size distribution, one or more external dimensions is in the size range 1 nm - 100 nm.

In specific cases and where warranted by concerns for the environment, health, safety or competitiveness the number size distribution threshold of 50 % may be replaced by a threshold between 1 and 50 %.

By derogation from the above, fullerenes, graphene flakes and single wall carbon nanotubes with one or more external dimensions below 1 nm should be considered as nanomaterials.

De acordo com a Comissão Europeia, a definição será utilizada primordialmente para identificar tais materiais a fim de prover segurança e prevenção de riscos durante seu uso. A questão da União Europeia que mais preocupa os especialistas e a indústria refere-se à quantidade de legislação infracomunitária que faz referência ao universo nano, como pode ser visto em comunicado na página da Comissão:

Nanomaterials are not intrinsically hazardous per se but there may be a need to take into account specific considerations in their risk assessment. Therefore one purpose of the definition is to provide clear and unambiguous criteria to identify materials for which such considerations apply. It is only the results of the risk assessment that will determine whether the nanomaterial is hazardous and whether or not further action is justified.

²⁵ Para mais informações e notícias envolvendo o conturbado processo europeu, ver “*The EU's Inability to Define Nanotechnology Stalls Regulatory Policy*”, disponível em <<http://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/the-eus-inability-to-define-nanotechnology-stalls-regulatory-policy>> Acesso em 17.2.2013; sobre a cronologia do processo europeu, ver documento preparado pela Academia Austríaca de Ciência: “*Nano Regulation in the European Union*”, disponível em <<http://epub.oew.ac.at/ita/nanotrust-dossiers/dossier017en.pdf>> Acesso em 17.2.2013.

Today there are several pieces of EU legislation, and technical guidance supporting implementation of legislation, with specific references to nanomaterials. To ensure conformity across legislative areas, where often the same materials are used in different contexts, the purpose of the Recommendation is to enable a coherent cross-cutting reference. Therefore another basic purpose is to ensure that a material which is a nanomaterial in one sector will also be treated as such when it is used in another sector.

Esta preocupação permanece, visto que recentemente, durante o Comunicado sobre a Segunda Revisão Regulatória em Nanomateriais, foi destacado como um dos pontos do relatório que: “a legislação atual cobre em larga medida os riscos relacionados aos nanomateriais e estes riscos podem ser equacionados por meio do atual quadro legislativo”.²⁶

A iniciativa americana, por sua vez, pode ser considerada pioneira entre os países desenvolvidos por se dedicar de forma sistemática e coordenada ao tema. Organizada desde 2000 pela NSF, por meio do NSTC e seu subcomitê NSET, foi lançada com o discurso do Presidente Clinton no Instituto de Tecnologia da Califórnia. A escolha do local deveu-se ao fato de ter sido naquela universidade que Richard Feynman fez o discurso de fundação para as pesquisas em escala nano, cerca de quarenta anos antes.

Após seu lançamento, a regulação da nanopartícula e do nanomaterial nos Estados Unidos foi feita de forma convergente entre as agências, fruto do trabalho coordenado desde o lançamento da NNI e pioneiro no mundo na condução do debate e definição dos parâmetros para a sua regulação. A *National Science Foundation* define nanotecnologia como²⁷:

Research and technology development at the atomic, molecular or macromolecular levels, in the length scale of approximately 1 - 100 nanometer range, to provide a fundamental understanding of phenomena and materials at the nanoscale and to create and use structures, devices and systems that have novel properties and functions because of their small and/or intermediate size. The novel and differentiating properties and functions are developed at a critical length scale of matter typically under 100 nm. Nanotechnology research and development includes manipulation under control of the nanoscale structures and their integration into larger material components, systems and architectures. Within these larger scale assemblies, the control and construction of their structures and components remains at the nanometer scale. In some particular cases, the critical length scale for novel properties and phenomena may be under 1 nm (e.g., manipulation of atoms at ~0.1 nm) or be larger than 100 nm (e.g.,

²⁶ *Nanomaterials: Case by case safety approach for breakthrough technology*. Disponível em <http://europa.eu/rapid/press-release_IP-12-1050_en.htm?locale=en> Acesso em 17.2.2013.

²⁷ Referências retiradas de documentos públicos americanos lançados entre 1999 e 2001. Disponível em <http://www.nsf.gov/crssprgm/nano/reports/omb_nifty50.jsp>. Acesso em 3.1.2013.

nanoparticle reinforced polymers have the unique feature at ~ 200-300 nm as a function of the local bridges or bonds between the nano particles and the polymer).

Em outubro de 2010, o escritório de patentes norte-americano USPTO²⁸, publicou a classe 997, contendo as definições de classificação da nanotecnologia, provendo instrumentos para a classificação de descobertas relacionadas a:

- i. Nanostructure and chemical compositions of nanostructure;
- ii. Device that include at least one nanostructure;
- iii. Mathematical algorithms, e.g., computer software, etc., specifically adapted for modeling configurations or properties of nanostructure;
- iv. Methods or apparatus for making, detecting, analyzing, or treating nanostructure; and
- v. Specified particular uses of nanostructure.

As used above, the term “nanostructure” is defined to mean an atomic, molecular, or macromolecular structure that:

- a. Has at least one physical dimension of approximately 1-100 nanometers; and
- b. Possesses a special property, provides a special function, or produces a special effect that is uniquely attributable to the structure’s nanoscale physical size.

Neste debate, vale a pena considerar que, além dos filtros regulatórios proporcionados pelo Estado e agências multilaterais, existem outros filtros ao processo de condução de determinada nanotecnologia ao mercado ou ao contato humano. Ao advogar que a regulação da nanotecnologia deve partir de um princípio de presunção favorável para seu desenvolvimento, Thompson (2009, p. 52 – com destaques do autor) indica que:

Technology has always been with humanity, of course, but in the post industrial age it has taken on a systematic character reflected in the organizations – corporations, government agencies and universities – that have been built to develop it and in the agencies – regulatory bodies, legal systems and financial institutions – that created our social filters for picking and choosing which technologies ultimately succeed. The existence of these social filters creates an expectation (at least among those who work with and develop technology) that the applications of nanoscience that run this gauntlet are more likely to be beneficial than harmful. All of which may simply be to say that at present, technological change (including nanotechnology) is a social fact. The most favorable evaluation that follows

²⁸ Disponível em: <<http://www.uspto.gov/web/patents/classification/uspc977/defs977.pdf>> Acesso em: 3.1.2013.

from presumptive argument is this: if the broad set of tools and knowledge know as nanotechnology can be deployed for good, our ethical responsibility is to support the development and training in the tools of nanoscience *in general*, and to make assessments of *specific* products or applications when there are good reasons to suspect that there may be problems, or that costs and unwanted consequences outweigh benefits in a particular case.

Como colocado por Dupuy (2009), principalmente depois das publicações de Drexler (1986; 1990 e 1995) e Crichton (2002), observamos na última década considerável aumento da interdisciplinaridade em que o tema foi trabalhado, envolvendo as dimensões filosóficas (DUPUY, 2009; O'MATHÚNA, 2009; LIN; ALLHOFF, 2007 e 2009), políticas (NNI, 2000; NAE, 2004), econômicas (MDIC, 2010; FIRJAN, 2011) e jurídicas (VAIDHYANATHAN, 2006; BOUCHER, 2008; HODGE; BOWMAN; LUDLOW, 2007; SUTTON, 2011).

A perspectiva pela qual a nanotecnologia é analisada pode ser dividida em duas correntes principais, que aqui serão descritas com base no tipo ideal weberiano, a fim de auxiliar este processo.

A primeira foca sua atenção em torno dos riscos e perigos da nanotecnologia e indica que seu desenvolvimento, caso não esteja cercado de intensa precaução, conduzirá o homem e a terra inexoravelmente ao extermínio. Esta corrente de pensamento foi popularizada por Drexler (1986) e Crichton (2002), que enxergam no desenvolvimento descontrolado da nanotecnologia o fim da raça humana, com o planeta Terra sendo controlado por nanorobôs multiplicadores capazes de consumir toda a matéria orgânica existente a fim de se reproduzir. Entre eles situa-se o criador da *Sun Microsystems*, Bill Joy (2000), para quem a emergência da tecnologia auto-replicável nos campos da genômica, nanotecnologia e robótica reúne perigos de difícil equacionamento para o futuro da vida humana.

A segunda corrente reúne aqueles que enxergam na nanotecnologia a panaceia para todos os problemas da humanidade, desde a cura das doenças mais complexas do homem até a solução para a produção de energia limpa e abundante, afirmando ainda que os riscos para tais progressos são limitados e controlados. Tal leitura encontra-se presente em relatórios de instituições multilaterais, como o relatório *Converging Technologies for Improving Human Performance*, produzido pela NSF e editado por Roco e Bainbrigde (2002), ou vinculados à políticas governamentais, como quando do lançamento da NNI pelo Presidente Clinton, em 21 de janeiro de 2000:

My budget supports a major new national nanotechnology initiative worth \$500 million. (...) Just imagine, materials with 10 times the strength of steel and only a fraction of the weight; shrinking all the information at the Library of Congress into a device the size of a sugar cube; detecting cancerous tumors that are only a few cells in size. Some of these research goals will take 20 or more years to achieve. But that is why -- precisely why -- as Dr. Baltimore said, there is such a critical role for the federal government.

O desenvolvimento recente da nanotecnologia caminha envolto nesta dualidade: como harmonizar as potencialidades que sua evolução oferece com a administração dos riscos que dele se originam? Neste sentido, a literatura especializada se debruça a fim de identificar as formas mais apropriadas deste desenvolvimento, num campo de conhecimento denominado por Hunt (2006) de *nanologia*.

Hunt primeiro aponta que a nanotecnologia seria uma miniaturização da ciência e tecnologia que o homem já conhece. Estaríamos apenas tratando de ciência futurista, como aquelas que já precederam a história humana, que encontra novas divisas por conta da ampliação das fronteiras a que a inteligência humana tem acesso.

No entanto, Hunt defende que o desenvolvimento científico e tecnológico proporcionados pela nano são e serão capazes de revolucionar a forma como o homem se relaciona com a natureza, pois são questionados limites de manipulação da matéria e experimentados novos comportamentos de materiais que a ciência jamais proporcionou ao homem. Assim, para o autor, a nanotecnologia não é apenas uma nova etapa da revolução científica humana, mas sim daquilo que seria a “revolução das revoluções”, capaz de alterar substancialmente a forma de convivência humana de maneira ainda imprevisível.

Este diagnóstico é convalidado por documentos ou pronunciamentos públicos de Estados nacionais e empresas privadas quando destacam a importância da nanotecnologia no avanço da ciência e da tecnologia, conforme será abordado detidamente mais à frente.²⁹

Identificada a dualidade existente na discussão das promessas advindas do desenvolvimento da nanotecnologia, é necessário conceituar melhor o termo a fim de caracterizar o que pertence a seu campo. É preciso dar a devida atenção ao fato de que o

²⁹ Em 2006, por exemplo, a revista americana Nature organizou edição especial em que reuniu 10 diferentes opiniões de cientistas, empresários, representantes de governos, instituições públicas e filósofos sobre o que se entenderia conceitualmente sobre nanotecnologia e quais seus alcances. Ainda que as opiniões sejam convergentes para a questão das diferentes aplicações a funcionalidades experimentadas pelos materiais nesta escala, os conceitos dados diferem substancialmente. Disponível em <www.nature.com/nnano/journal/v1/n1/full/nnano.2006.77.html> Acesso em 3 jan. 2013.

avanço da ciência não é limitado exclusivamente pela capacidade intelectual ou intuitiva do homem, senão pelas relações políticas e econômicas que desenvolvem ou limitam nossa capacidade de dar solução aos desafios contemporâneos³⁰.

Desde a segunda metade do século XX, o avanço científico – principalmente da física e da química – indica que, nesta escala, os materiais (ou nanomateriais) podem apresentar propriedades e funcionalidades radicalmente novas, ou mesmo inesperadas.³¹

Tais propriedades derivam do aumento da área superficial das partículas, tornando-as mais reativas. O aumento da área de superfície pode provocar, por exemplo, o aumento da energia superficial das partículas e suas atividades catalíticas de forma diferente daquela encontrada em materiais em sua escala conhecida. Além disso, na medida em que o tamanho da partícula diminui, suas propriedades passam a ser dominadas por efeitos quânticos. A soma de tais mudanças provocadas pela diminuição no tamanho da molécula provocam drásticas alterações de suas propriedades, conduzindo, portanto, a um novo campo de investigação da ciência que exige cuidados (ARCURI, 2012).

Nanoescala, nanomaterial e nanotecnologia já fazem parte do conhecimento e das práticas cotidianas do homem há séculos. No entanto, sua aplicação de forma coordenada e propositada, constituindo o início da história da nanotecnologia,³² remonta ao final da década de 1950, quando a possibilidade de se desenvolver nanomáquinas capazes de construir outras nanomáquinas e uma diversidade de produtos por meio do controle molecular e

³⁰ Neste sentido, escreve Laymert Garcia dos Santos: “É claro que há uma profusão de discursos de glorificação e de *marketing* dos produtos e das benesses do progresso tecnológico; é claro também que a ela tenta se contrapor uma crítica dos riscos que a adoção da estratégia de aceleração tecnológica total comporta. Entretanto, é preciso reconhecer que a crítica ainda não foi capaz de convencer as sociedades nacionais e a assim chamada “comunidade internacional” da necessidade imperiosa de se discutir a questão tecnológica em toda a sua complexidade. Vale dizer: da necessidade de se politizar completamente o debate sobre a tecnologia e suas relações com a ciência e com o capital, em vez de deixar que ela continue sendo tratada no âmbito das políticas tecnológicas dos Estados ou das estratégias das empresas transnacionais, como quer o *establishment*. As opções tecnológicas são sempre questões sociotécnicas, e devem ser encaradas pela sociedade como de interesse público.” In *Politizar as novas tecnologias*, 2011, pp. 11-12. No mesmo sentido, interessa-nos a reflexão de Alessandro Octaviani acerca da “adequação da regulação para a construção de um sistema nacional de inovação com sentido distributivo e de mecanismos de democracia participativa quente” cuja construção é conduzida através de três diferentes perspectivas: “(a) a ‘institucionalização do contra-poder popular’, de Fábio Konder Comparato; (b) a ‘democracia mobilizadora’, de Mangabeira Unger; e (c) a ‘cidadania cognitiva’, de Boaventura de Souza Santos, Maria Paula Menezes e João Arriscado Nunes. In *Recursos Genéticos e Desenvolvimento: Os desafios furtadiano e gramsciano*, 2008, p. 127 e pp. 229-49.

³¹ A título de exemplo, o ouro em escala nano altera sua cor para uma tonalidade avermelhada. O ouro coloidal (nanopartículas de ouro suspensas em água), por exemplo, é indicado e comercializado no Brasil para uso medicinal a fim de diminuir níveis de stress, fadiga e ansiedade, auxiliar na recuperação da memória, entre outros. Disponível em <<http://www.ourocoloidal.com.br/>>. Acessado em: 2 jan. 2013.

³² Para mais relatos e informações sobre a história da nanotecnologia no Brasil e no mundo, ver: HUNT e MEHTA (2008); ABDI (2010); ALVES, Oswaldo Luiz (2009, pp. 22-39).

atômico foi inicialmente visualizado pelo vencedor do Prêmio Nobel Richard Feynman, durante uma conferência na Reunião da Sociedade Americana de Física.³³ Feynman lançava então o desafio de tornar possível, em um futuro distante, a combinação de átomos e moléculas da forma como se desejasse, criando a Hipótese de Feynman (DREXLER, 2006, p. 26).³⁴

O termo nanotecnologia aparece somente quinze anos depois, em 1974, cunhado pelo cientista japonês Norio Tanigushi, que o relaciona a máquinas ultrafinas com níveis de tolerância inferiores a um micron (1000 nm). Em 1981, Binnig e Rohrer criam o microscópio eletrônico de tunelamento (*scanning tunnelling microscope*), capaz de dar imagem aos átomos individualmente (KULINOWSKI, 2006, p. 15).

As atenções aos impactos das descobertas na escala nano ganharam relevo fora da comunidade científica mais de uma década depois, em 1986, quando K. Eric Drexler lança o livro *Engines of Creation* em que aborda o potencial de transformação abarcado na então nova tecnologia, materializando a visão que Feynman havia tido anos antes. O autor antevia a possibilidade de imaginar um mundo em que pequenas máquinas ou “montadoras” fossem capazes de construir outras estruturas com extraordinária precisão por meio da manipulação individual de átomos ou moléculas. Na segunda edição de seu livro, Drexler (1990, p. 240) afirmava que estaríamos caminhando em direção a uma era de manufatura molecular, com a possibilidade de controlar completamente a estrutura da matéria, de forma economicamente viável.

A literatura especializada destaca que a popularização da nanotecnologia como algo capaz de mudar a vida do homem e interferir na rota de desenvolvimento da ciência ganhou escala principalmente após os livros de Drexler, apontado como o primeiro a chamar atenção às implicações sociais da nanotecnologia (MILLS, 2006, p. 79). Seus livros utilizam algumas das alterações e sofismas advindos das recentes descobertas científicas para aplicá-las à vida real. Como destacado por Hunt e Mehta (2006, p. 2), a ideia central de usar mecanismos em nanoescala para reunir moléculas a fim de manufaturar qualquer substância útil ao homem foi elaborada no trabalho posterior de Drexler, *Nanosystems*, já em 1995.

³³ FEYNMAN, Richard. *There's Plenty of Room at the Bottom*, 1959. Discurso proferido no Instituto de Tecnologia da Califórnia, disponível em <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>> Acessado em 10 dez. 2012.

³⁴ Por conta de suas contribuições para o desenvolvimento da eletrodinâmica quântica, Richard Feynman foi agraciado em 1965 com o Prêmio Nobel de Física.

Além do imaginário de ficção-científica então criado, durante 1980 e 2005 importantes avanços na nanociência também contribuíram para tornar evidente e real as indicações feitas por Feynman cinquenta anos antes: havia muito espaço a ser explorado na nanoescala. Conforme estruturado por Alves (2004, p. 25), os avanços mais marcantes da nanociência e da nanotecnologia durante este período são descritos na Tabela 2:

Tabela 2 – Cronograma do desenvolvimento da nanotecnologia no mundo; Fonte: ALVES (2010); MDIC.

1959	Conferência de Richard Feynman, na Reunião da Sociedade Americana de Física.
1966	Viagem Fantástica (<i>Fantastic Voyage</i>), filme baseado no livro de Isaac Asimov.
1974	Norio Taniguchi cunha o termo nanotecnologia.
1981	Trabalho de Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, criadores do microscópio eletrônico de tunelamento (<i>scanning tunneling microscope</i>).
1985	Descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley.
1986	Publicação do livro de Eric Drexler, " <i>Engines of Creation</i> ".
1989	Donald Eigler escreve o nome IBM com átomos de xenônio individuais.
1989	Descoberta dos nanotubos de carbono por Sumio Iijima, no Japão.
2000	Administração Clinton lança a <i>National Nanotechnology Initiative</i> no California Institute of Technology.
2001	Cees Dekker, biofísico holandês, demonstrou que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos.
2001	Equipe da IBM nos Estados Unidos constrói rede de transistores usando nanotubos, montando 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.

Durante este período, o avanço da ciência, principalmente com equipamentos de alta precisão e ampliada capacidade de aumento ótico, permitiu a invenção de novos instrumentos capazes de tornar mais real a vida no universo nanoscópico.³⁵

Kulinowsky (2006, p. 16) destaca que dois conjuntos de teorias se relacionam à revolução provocada pela nanotecnologia em áreas tão diversas como a medicina e a computação: a mecânica clássica, que governa o mundo de nossa percepção imediata (como a maçã caindo na cabeça de Newton), e a mecânica quântica, que governa o mundo dos átomos e das moléculas (como o tunelamento de elétrons através de barreiras aparentemente

³⁵ Tais como: *atomic force microscope, the scanning tunnelling microscope, magnetic force microscopy, advanced spectroscopy and eletrochemistry, nanoscale lithography, molecular self-assembly techniques* e outros, Hunt e Mehta, op. cit., p. 7.

impenetráveis). Cada ramo da mecânica contribui para a explicação de fenômenos em seu raio de atuação e conhecimento. A nanotecnologia, no entanto, situa-se justamente na região cinzenta entre estas duas áreas do conhecimento. Em seu regime transitório, um material na escala nano geralmente exhibe comportamentos diferentes seja quando é constituído em seu estado maciço, onde é governado pela mecânica clássica, ou como um simples átomo, onde a mecânica quântica domina.

A autora aponta ainda que é justamente por conta destas diferenças de aplicação, utilidade e funcionalidade apresentadas quando determinado material é exibido na escala nano que a nanotecnologia merece tanta atenção dos universos científico, tecnológico e econômico: o que há de novo neste desenvolvimento é um controle sem precedentes dos materiais no nível molecular.

Hunt e Mehta (2008) chamam atenção de que, para além de uma questão de escala e propriedades, a nanotecnologia deve ser vista como o resultado contemporâneo de uma progressão *downsizing* em praticamente todas as ciências e suas técnicas: química, engenharia de materiais, física, biologia, processos industriais, farmacologia, engenharia genética, engenharia eletrônica, neuropsicologia, entre outras. Assim, o termo no plural, nanotecnologias, é mais adequado para identificar o processo de desenvolvimento tecnológico que acompanhamos.

Pagliari (2009), que pode ser inserido dentro do grupo de entusiastas, identifica uma série de melhorias proporcionadas pela nanotecnologia que podem alterar o sentido e a rapidez do progresso da vida humana. O autor divide sua pesquisa em nove grandes áreas, a saber: captura da energia solar; nanoquímica e os nanomateriais; geração e armazenagem de energia limpa; indústria farmacêutica; novos materiais; durabilidade de produtos e a conservação da energia; medicamentos melhores por meio da nanoquímica; desenvolvimento industrial sustentável; e, por fim, gerenciamento da inovação na escala nano.

Para alguns autores (MARTINS et. al., 2007), estaríamos diante de uma “Revolução Invisível”. Durante a década de 1990, iniciaram-se as primeiras previsões econômicas sobre os impactos da utilização da nanotecnologia no ambiente produtivo, com magníficas possibilidades de baratear e tornar mais eficientes processos produtivos, aplicações industriais e produtos ao consumidor.

Kulinowsky (2006, p. 15) ressalta que as primeiras impressões com a descoberta da nanoescala não poderiam ser melhores: a possibilidade de que novas

tecnologias resolvessem os desafios globais, como a geração de energia limpa e barata, a produção de água potável em larga escala, redução da poluição, a extinção da fome mundial, segurança nacional, ou mesmo a cura de doenças como o câncer.

A onda provocada em torno da escala nano foi tamanha que reorientou pesquisas, fundos de investimento e mesmo políticas governamentais. Como destaca Berube (2006, p. 18):

In the 1990s keywords for research projects were ‘green’, ‘environmentally friendly’ and ‘high throughput’. Then we had ‘supramolecular’, ‘miniaturization’ and ‘interface’. And now, it is ‘nano’ everywhere. But what is nanotechnology? We need to stop abusing this word ‘nano’. If we define ‘nano’ by scale alone, then most chemists are working on ‘nanochemistry’. Indeed I found that some scientists have started to label anything small as ‘nano’. Three years ago, I went to a nanobiotechnology meeting at London and found about half of the presentations have very little to do with real nanotechnology. One of the keynote lectures was on measuring movements of wings of insects at the nanometre scale. Others were just pictures of nanocrystals of some biological samples (we called them ‘crystallites’ in the past) ... For example, there was a presentation on enzymatic catalysis and enzyme inhibitors – while an enzyme molecule is around a few nanometres wide, are they really ‘nanocatalysts’? Or is this actually the molecular biochemistry that we have been learning for decades?

Da mesma forma que atrai atenção científica e filosófica, a nanotecnologia atrai também recursos públicos e privados, além de prestígio. Por isso, observamos ao longo das décadas de 1990 e 2000 a inclinação pela utilização do termo em diversos tipos de ambiente, especialmente o universitário e empresarial (relacionado a fundos de investimento e empresas de base tecnológica, principalmente). O termo *nano* passou a indicar nova vanguarda tecnológica que, de alguma forma, renova as possibilidades de esperanças em torno da descoberta de tecnologias disruptivas que alterem econômica e socialmente a forma como se utiliza a tecnologia atualmente.

b. PANORAMA DO MERCADO DA NANOTECNOLOGIA NO MUNDO

Como dito, interessa-nos situar a nanociência e a nanotecnologia como eixos do desenvolvimento tecnológico que, necessariamente, relacionam-se com o desenvolvimento econômico e produtivo. Assim, faremos uso de estudos realizados pela ABDI (2008, 2009,

2011, 2012), pelo MCTI (2006, 2007, 2011) e pelo MDIC (2010) a fim de sistematizar as informações relevantes acerca do mercado da nanotecnologia no Brasil e no Mundo.

A metodologia para a divisão do mercado da nanotecnologia que utilizaremos foi elaborada pela Lux Research (2004, apud ABDI 2008) e é utilizada pela ABDI (2008). Segundo o Instituto, devemos atentar para a cadeia de valor da nanotecnologia, composta de três diferentes estágios: os nanomateriais (por exemplo, nanopartículas de argila), os nanointermediários (compósitos produzidos a partir de nanopartículas de argila) e as nanoaplicações (na sequência, bens de consumo incorporando nanocompósitos), como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Cadeia de valor da nanotecnologia

O Grupo de Trabalho de Mercado, vinculado ao Fórum de Competitividade de Nanotecnologia coordenado pelo MDIC, faz a seguinte ressalva em seu Relatório de Atividades (MDIC, 2010):

No cenário mundial são identificados dois grandes grupos tecnológicos a respeito da nanotecnologia, aquele dos produtos *auto-denominados*, ou seja, nos quais o produtor/comercializador da tecnologia a auto-entitula como *nanotecnologia*; e outro, a dos produtos *não denominados*, nos quais há uma propriedade do produto associada a uma nanoestratégia, porém, não há a

associação do termo *nano* na divulgação do produto ou na identificação do cliente. Esta última situação corresponde a situações nos quais há uma propriedade *nano* intrínseca, porém normalmente só identificada após caracterizações específicas. Alguns produtos bem estabelecidos, como catalisadores industriais e tecnologias de *hardware*, se encaixam nesta definição (como será abordado mais adiante), bem como produtos baseados em suspensões de argilominerais.

No entanto, os chamados produtos *auto-denominados* correspondem ao maior esforço de consolidação de nanotecnologias, pelo fato de apresentarem o aspecto inovador (seja radical ou incremental), ou seja, estes produtos aparecem majoritariamente como novos mercados. Uma fonte de referência para estes produtos é o *Project of Emerging Nanotechnologies*, mantido pelo Woodrow Wilson Center, que consiste num inventário voluntário de empresas, que classificam espontaneamente seus produtos na base de dados. Neste relatório, este inventário foi a fonte mais detalhada a respeito de mercados internacionais identificada, e apesar de certamente não representar a totalidade dos produtos em nanotecnologia, permite uma referência valiosa para estimativas. No entanto, dado o caráter voluntário da base ela pode sofrer distorções, caso haja algum não-interesse ou desconhecimento sistemático por parte das empresas a seu respeito. Esta base classifica os nomes comerciais, os produtores, o país de origem, categoria ou subcategoria, uma descrição do produto com imagem e informações via internet dos mesmos.

De acordo com estimativas (ABDI, 2008), o mercado global de produtos que incorporam nanotecnologia atingirá cerca de US\$ 2.95 trilhões em 2015. Excluindo-se os semicondutores e eletrônicos, o mercado representará US\$ 1.5 trilhão. Tal fato deve-se principalmente à transversalidade da nano, capaz de alcançar tanto indústrias de base quanto de alta densidade tecnológica, gerando processos e produtos mais baratos, novos produtos, novas funcionalidades, produtos de maior valor agregado, ou mesmo criando novos mercados.

Os resultados indicam um crescimento de mercado acelerado: em 2007 a economia da nanotecnologia representava cerca de US\$ 135 bilhões em números globais e US\$ 83 bilhões quando se excluem semicondutores e eletrônicos.

A fim de se apropriar deste novo mercado, os investimentos públicos em pesquisa científica em todo o mundo, durante os onze primeiros anos deste século, somaram mais de US\$ 67 bilhões.³⁶ De acordo com a mesma fonte, somente os Estados Unidos investiram mais de US\$ 14.2 bilhões em pesquisas relacionadas à nano desde 2006, como pode ser visto na Tabela 3:

³⁶ Esta informação consta do sítio Científica, a maior rede mundial de informações sobre tecnologia. Não foi possível ter acesso a todo o relatório pelo seu alto custo (mais de US\$ 4.000,00), mas as informações aqui utilizadas estão disponíveis em <<http://www.cientifica.com/research/market-reports/nanotech-funding-2011/>>. Acesso em: 3 fev. 2013.

Tabela 3 - Gastos públicos do governo americano com pesquisas em nanotecnologia 2006-2012

US Federal & State Government Nanotechnology Funding 2006-2012 (millions)							
Funding Amounts	2006	2007	2008	2009	2010	2011*	2012*
US\$	1681.00	1755.00	1884.00	2031.00	2242.80	2180.30	2459.60
*Estimated figure							
All figures includes na estimated US\$ 330 million per year from States							

Fonte: **Global Fundings for Nanotechnology**, 2011 Edition, Cientifica Ltd.

As empresas que utilizam a nanotecnologia como rota tecnológica investiram anualmente mais de US\$ 3.8 bilhões em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos nos últimos anos. O crescimento de investimentos no setor é bastante expressivo: em 2004, os produtos que incorporaram novas nanotecnologias totalizaram um mercado equivalente a menos de 0,1% da produção global de bens manufaturados. Em 2014, a projeção é que esse patamar se eleve a US\$ 2.6 trilhões, representando 15% da produção global de bens manufaturados, conforme Figura 2 (ABDI, 2008):

Figura 2 - Mercado global de nanotecnologia por estágio da cadeia de valor 2004-2014.

Pesquisa elaborada pela *BBC Research* (2005) identificou em 2005 que 85 empresas no mundo declaravam integrar o mercado global de nanomateriais. Dados sistematizados no Relatório de Atividades do Grupo de Trabalho (GT) de Mercado do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia (MDIC, 2010) indicam que no mesmo ano foram

registrados por empresas, voluntariamente, 54 produtos nanotecnológicos no mundo. Em 2009, este número saltou para 1015 produtos, divididos nas categorias indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Inventário de produtos cadastrados no *Project on Emerging Nanotechnologies* em 2009, por mercado.

Categoria	Número de registros (ago/2009)
Saúde e fitness (inclui cosméticos)	605
<i>Personal care</i>	193*
<i>Vestuário</i>	155*
<i>Cosméticos</i>	137*
<i>Produtos para esporte</i>	93*
<i>Filtração</i>	43*
<i>Filtros solares</i>	33*
Produtos para crianças	19
Appliances	37
Cross-cutting	55
Eletrônicos e computação	57
Automotivo	68
Alimentos e Bebidas	98
Casa e Jardim	152
*Alguns itens aparecem em mais de uma subcategoria	

A transversalidade de sua aplicação em produtos e processos é significativa e vem sofrendo importantes alterações ao longo dos últimos anos. Em 2007, de acordo com a Científica (2008, apud ABDI, 2008), a divisão do mercado por setor de atividade indica forte concentração da nano no setor químico, com 53% de participação no mercado (Figura 3).

Figura 3 - Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2007

Projeções indicam que em 2015 haverá importante alteração do ambiente econômico e industrial, com crescente importância dos setores: semicondutores, farmacêutico e saúde e, indústria da defesa, como indica a Figura 4.

Figura 4 - Mercado global de nanotecnologia por setor de atividade: 2012.

Conforme destacado pela ABDI (2008), grande parcela do crescimento do mercado de nanotecnologia provém da capacidade de alguns segmentos, como farmacêutico e semicondutores, de transformar nanomateriais básicos em produtos de alto valor agregado. Ainda, destaca que os valores estimados de mercado não se referem apenas às

nanotecnologias incorporadas aos produtos finais, mas sim aos valores dos produtos como um todo.

Vale destacar observação feita pelo Relatório de Atividades do GT Mercado de Nanotecnologia (MDIC, 2010), que indica a atual irrelevância da participação da América Latina no inventário:

A identificação por região coincide com o já observado por outros documentos³⁷, mostrando concentração de produtos registrados nos chamados *países desenvolvidos*. Foram identificados produtos de 24 países, com concentração claramente nos EUA (540 produtos), seguido pela Ásia (240 produtos, provavelmente China e Japão), Europa (154 produtos) e os demais (66 produtos). Considerando a situação das Américas, nenhum outro país (incluindo Brasil, México e Canadá) apresentou relevância no inventário.

De acordo com Paradise (2012, p. 170), até maio de 2011 o USPTO concedeu mais de 6.930 cartas patente e possuía mais de 8.725 pedidos de patente classificados como invenções relacionadas à nanotecnologia.³⁸

Com os elementos de mercado em vista, passa a ser importante o cruzamento entre as esferas econômica e científica em torno do tema. Como dito, o impacto da nanotecnologia é de escala mundial, envolvendo discussões tanto no nível de Estados como de organizações multilaterais ou associações industriais mundiais.

c. RISCOS, INCERTEZAS E AS QUESTÕES EM DISPUTA

Quis custodiet ipsos custodes?

As Sátiras de Juvenal

³⁷ ABDI, **Panorama da Nanotecnologia no Mundo e no Brasil**. 2010; SALAMANCA-BUENTELLO et. al. **Nanotechnology and the Developing World**, 2005; KAY; S. **Developing Nanotechnology in Latin América**, 2009

³⁸ O autor indica que, em curto espaço de tempo, o órgão poderá passar a sofrer três tipos de problemas principais relacionados à nanotecnologia. O primeiro deles tem a ver com as limitações e inconsistências provocadas pelas atuais definições de nanotecnologia, seguido pela crescente incerteza e falta de uniformização quanto à capacidade de mensuração para questões como o tamanho, propriedades e características na nanoescala. Por fim, o autor atenta para a capacidade de que as reivindicações nos pedidos de patente possuem no sentido de encapsular consistentemente e distinguir o escopo das invenções da nanotecnologia.

O relato feito no item anterior dos desdobramentos trazidos pelo desenvolvimento da nanotecnologia desemboca na dualidade entre as vantagens tecnológicas e riscos sociais. Como a nanoescala implica na alteração das propriedades das nanopartículas e, por isso, altera e multiplica as possibilidades de aplicação na ciência e na tecnologia, podemos observar a abertura de ampla frente de investigação dos riscos, incertezas e questões em disputa dentro do tema.

Ainda que se trate de tentar desvendar o futuro da nanotecnologia, as possibilidades que se abrem ao desenvolvimento humano esbarram necessariamente em questões éticas e econômicas presentes há tempos na sociedade. O filósofo O'Mathúna (2009, pp. 44-6) destaca que os cenários traçados por cientistas ou futuristas ligados à nanotecnologia levam-nos a experimentar duas realidades possíveis, relacionadas a visões utópicas ou distópicas.

O'Mathúna indica que a nanotecnologia oferece a alguns autores a oportunidade de prever aquilo que poderá acontecer e, com isso, emitir incertezas e preocupações de acordo com suas perspectivas. O problema deste futurismo reside no fato de que a visão proposta para a humanidade muitas vezes transforma-se em algo novo e transcendental, justamente por conta da carga de subjetividade que carrega aquele interlocutor. Estas novas realidades criadas, por sua vez, sugerem éticas especulativas que podem ser utilizadas tanto por aqueles que buscam promover novas tecnologias, quanto por aqueles que levantam preocupações, inserindo uma variável de fácil manipulação e de pouca validade ética. A este fator, o autor tece a seguinte crítica:

Such arguments are commonplace with new technologies. Those promoting their development paint pictures of the future: 'if only' we had a breakthrough. Those concerned about the same technologies paint negative pictures based on 'what if' such-and-such were to occur. Science fiction can then be brought on board to support either utopian or dystopian visions. (...) Such scenarios are not intended to predict the future, or even describe life in the future. The 'if-and-then' argument, to one degree or another, takes the hypothetical future situation as a given, and from that determines what is ethical today. Such thinking is problematic. (...) Rather than focusing on the possible impact of emerging technologies in the future, we should look at what speculations tell us about the present, how these speculations critique the present, and why they call for change. Having looked at what the scenarios say about the present, we are in a better position to evaluate the credibility of the claims and their potential to address current ethical dilemmas. (...) Why are there too few organs available for transplantation? In the future settings, cloning is available for the rich and famous. Is that

just? Is it any different to how we determine who gets organs today? Given the significance of this problem, is cloning our only option?

Assim, devemos nos perguntar o que há de tão diferente nas questões econômicas e éticas trazidas pela nanotecnologia que colaboram e corroboram com o transplante de problemas tão frequentes e, infelizmente, corriqueiros à condição humana para o futuro? Existem possibilidades de superarmos nossa condição periférica com as opções políticas e econômicas que hoje nos são oferecidas? Quais são *realmente* as possibilidades que *somente* o desenvolvimento tecnológico poderá nos proporcionar?

Estas perguntas orientam o sentido da pesquisa acerca da problemática relacionada à nanotecnologia, guiada por este alvo móvel representado pela evolução do estado da técnica. Para tanto, devemos ter claro que os problemas de natureza socioeconômicos enfrentados (seja pela informática, a biotecnologia ou a nanotecnologia) são muito semelhantes em nossa história recente e as ferramentas para a exploração de suas potencialidades (o acesso ao progresso técnico pela periferia) são disputados entre aqueles que possuem e aqueles que não possuem (i) determinado padrão tecnológico, (ii) grau de organização estatal para atingir determinados fins e (iii) pressão social a fim de disputar a orientação da tecnologia.

Em seu desenvolvimento, a nanotecnologia expõe questionamentos e disputas com relação ao sentido de sua evolução e os riscos em que são envolvidos a pluralidade de atores que com ela se relacionam, abrindo nossa agenda de pesquisa em duas dimensões distintas: a proteção ao meio ambiente, à saúde e à segurança do trabalhador; e as trajetórias nas quais inserem-se as Estratégias Nacionais para o desenvolvimento da nanotecnologia.

Os riscos da inserção da nanotecnologia no ambiente de trabalho, no ambiente produtivo e como substância presente em produtos à disposição do mercado consumidor preocupam, principalmente, filósofos, juristas, entidades de proteção ao trabalhador, ao meio ambiente e à saúde humana, que apontam para a falta de resultados conclusivos sobre os possíveis efeitos dos nanomateriais em contato com o homem e a natureza.

De acordo com a OCDE (2003, p. 30), risco pode ser definido como sendo “um evento possível, incerto, que pode causar dano e não é dependente somente da vontade do indivíduo.” Além da definição, outros dois fatores também são considerados (CEST, 2009, p. 77): a probabilidade de que um evento potencialmente danoso ocorra e o dano potencial que esta ocorrência danosa poderá causar.

Os exemplos são diversos, como as possíveis consequências que os marcadores genéticos podem ter no controle da variação genética humana. A aplicação da nanotecnologia nesta questão abre mais espaço para discussões acerca dos limites que o uso da tecnologia pode ter quando relacionados à saúde humana.

De acordo com Pilarsky et. al., (2006, p. 41), considerando que a ciência produz aplicações tecnológicas que afetam a saúde humana e o meio ambiente, maiores esforços devem ser feitos a fim de negociar estes impactos junto ao público desde o início. Plataformas de microssistemas provavelmente serão as primeiras de uma nova onda de tecnologias relacionadas à saúde a atingir o público que incorporam nanointerfaces e nanociência. Assim, novas ferramentas de diagnóstico e de terapêutica possuem o potencial de intensificar os dilemas legais e éticos existentes quanto à privacidade, bem como criar novas preocupações sociais. Os autores afirmam que as questões irão incluir o uso aceitável de informações, a identificação de consensos necessários, privacidade, políticas públicas relacionadas a pesquisas e informações sobre saúde pública. Além disso, conceitos legais básicos, tal como a noção de propriedade, serão desafiados tanto pelo potencial dinamismo e natureza adaptativa dos nanodispositivos como pela possibilidade de se mesclar organismos vivos e objetos não-vivos dentro de microssistemas e suas nanointerfaces.

Os avanços da nanotecnologia podem provocar efeitos colaterais ainda mais negativos do que eventual benefício trazido. Estas preocupações geralmente são centradas em fundamentos morais e percepções sociais da natureza humana, ou mesmo com relação à interação do homem com a natureza. A manipulação da matéria e de suas propriedades com este grau de acuidade tornaria o homem ainda mais próximo de Deus (KULINOWSKY, 2008, p. 19) Exemplos deste tipo de interferência já são conhecidos pelo homem, como a introdução de organismos geneticamente modificados (OGMs) e toda a discussão ética e científica daí decorrente.

Drexler (2006, p. 28) indica ter havido recentemente uma cisão no desenvolvimento da nanotecnologia, causada por uma enorme deturpação da visão, tese ou hipótese originária de Feynman. A visão partia de um princípio simples: sistemas manufatureiros em miniatura seriam capazes de (re)criar outros sistemas idênticos *ou* novos produtos, ou seja, um cenário em que nanomáquinas conseguiriam construir outras máquinas *ou* produtos com controle e precisão atômicos, criando verdadeiros nanoreplicadores. Ao longo dos anos, o autor destaca, a primeira parte da tese foi seguidamente afastada pela

maioria dos pesquisadores dedicados ao desenvolvimento da nanotecnologia, seja por desconhecimento da ideia originária, seja por dela discordar ou, veladamente, achar mais racional ignorá-la.

O problema apontado pelo autor decorre justamente da rotulagem da visão de Feynman ao termo nanotecnologia, uma palavra com raízes suficientes para transformar qualquer pesquisa tecnológica em escala nano como plausíveis de serem relacionadas à visão original. Então, a pergunta que se coloca é a seguinte: por que cientistas e tecnólogos em nanoescala passaram a ser hostis à visão total de Feynman?

Para Drexler, o problema estaria assentado no fato de que muitos destes pesquisadores não tinham vinculação original com a nanotecnologia, relacionando-a diretamente à sua área de atuação (têxtil, alimentar, saúde humana ou animal, novos materiais, energia etc.). A isto, somam-se os dois lados da bagagem carregada pelo termo cunhado por Feynman.

O lado positivo desta bagagem relacionava-se às promessas positivas vinculadas à produção de novos produtos, que não poderiam ser entregues por nenhuma outra tecnologia então disponível: computadores menores que bactérias, dispositivos médicos capazes de reparar células humanas, geração de energia limpa e barata e outros tantos benefícios já alardeados.

O lado negativo desta bagagem dava à nanotecnologia um sentido de enorme perigo: nanorobôs poderiam ser equivalentes a outra forma de vida parasitária na Terra, capaz de se expandir indefinida e descontroladamente, dando origem ao termo *grey goo* – cunhado por Drexler em seu livro *Engines of Creation*. O termo sintetiza uma hipótese de fim de mundo, envolvendo nanorobôs autorreplicáveis fora de controle, que utilizariam toda a matéria viva da terra a fim de construir mais espécimes de si mesmos, como uma ecofagia. Por que tecnólogos da nanoescala iriam querer carregar o fardo de tais medos?

Para que a nanotecnologia estivesse livre deste pesado fardo, Drexler indica que a visão de Feynman foi aceita pelos tecnólogos como slogan, mas encoberta como uma meta presente ou uma realidade do futuro.

A questão que Drexler coloca é simples e direta: os avanços das pesquisas relacionadas aos riscos tecnológicos e sociais da nanotecnologia nos Estados Unidos³⁹ (principalmente capitaneado pelo Departamento de Defesa) têm atraído atenção suficiente para colocar a questão do risco de ecofagia num patamar distante e relativamente controlado (DREXLER, 2006, p.31):⁴⁰

Continued attempts to calm public fears by denying the feasibility of molecular manufacturing and nanoreplicators would inevitably fail, placing the entire field calling itself ‘nanotechnology’ at risk of a destructive backlash. A better course would be to show that these developments are manageable and still distant. Current research in fact of low risk, and the economic, environmental, medical and military arguments for continued vigorous pursuit of nanotechnologies are strong. In an open discussion, I believe that these arguments will prevail. It is time for the nanotechnology community to reclaim the Feynman vision in its grand and unsettling entirety.

Hunt coloca em dúvida a direção progressista que muitos veem no futuro da nanotecnologia por acreditar que diversos pesquisadores não estão compreendendo suas implicações mais profundas. Assim, ainda que seja plenamente válida a afirmação de que a nanotecnologia esteja abrindo espaço no campo da miniaturização (*downsizing*), a verdadeira questão seria se de fato estamos indo contra limites que nenhuma outra revolução científica defrontou.

Como a nanotecnologia está enfrentando todas as fronteiras científicas previamente existentes, o autor problematiza quanto à precaução necessária quando se forçam barreiras das quais não temos dimensão das consequências. Com isso, indica ser necessária a

³⁹ O autor critica principalmente os posicionamentos públicos e artigos científicos acerca da interpretação e validade da visão de Feynman feitas por Richard Smalley, Prêmio Nobel de Física em 1996. Sobre as posições de Drexler e Smalley no debate acerca dos impactos sociais da nanotecnologia, ver MILLS, K. *Nanotechnologies and Society in USA* In HUNT, G. e MEHTA, M., *Nanotechnology – risk, ethics and law*, 2006, pp. 78-80.

⁴⁰ Tradução livre do autor: “Tentativas continuadas para acalmar os medos do público ao negar a viabilidade da manufatura nuclear e dos nanoreplicadores irão falhar inevitavelmente, colocando todo o campo que se autodenomina ‘nanotecnologia’ em risco de uma reação destrutiva. Uma forma melhor seria mostrar que estes desenvolvimentos são controláveis e ainda permanecem distantes. A pesquisa atual é, de fato, de baixo risco e os argumentos econômicos, ambientais, médicos e militares para uma contínua e vigorosa busca da nanotecnologia são fortes. Já é hora da comunidade científica reivindicar o visão de Feynman sua totalidade grandiosa e inquietante.”

criação de uma nova área de estudo, a *nanologia*, ou um estudo acerca de todas as possibilidades advindas da ciência e tecnologia na escala nano.⁴¹

Pilarsky e outros (2006), também destacam a importância de estudos sobre os impactos sociais da nano principalmente quando tais pesquisas se relacionam à análise genética e, portanto, envolvem questões como privacidade e direitos de propriedade intelectual dos envolvidos. Os autores apontam que a convergência da genômica, tecnologia da informação e microfluidos criou a necessidade de uma ampla e profunda análise multidisciplinar.

No campo jurídico, a introdução de novas tecnologias pode gerar novos desafios aos responsáveis por sua regulação. No caso das nanotecnologias, a sistemática é a mesma. Pela quantidade de incertezas e riscos associados à pesquisa, produção e comercialização de produtos nanotecnológicos, o debate nas diversas instâncias que cuidam da sistematização e regulação do setor no Brasil e no exterior enfrentam pressões de diversas ordens: na contramão dos benefícios esperados pelo seu uso, aumentam as preocupações quanto aos riscos ambientais e à saúde humana (do trabalhador e do consumidor), bem como os limites éticos à sua utilização no processo evolutivo (LUDLOW, 2007).

Como indica O'Mathúna (2009, p. 37), existe um paradoxo a ser enfrentado quando se propõe o debate ético em torno da nanotecnologia. O autor destaca que a avaliação ética da tecnologia pode se tornar um exercício técnico de aplicação de princípios morais a problemas práticos de uma forma racional. De acordo com o autor, o foco pode derivar na escolha entre os prós e contras, benefícios e malefícios, princípios e direitos e em um esforço de minimizar as consequências negativas. Esta abordagem, no entanto, assume como pressuposto que as tecnologias são neutras em relação a valores, representando uma perspectiva limitada da relação entre tecnologia e ética. O autor afirma (O'MATHÚNA, 2009, p. 38):

Technology is so interwoven into modern life that abstract ethical evaluation of individual technologies is not sufficient. Weighing the pros and cons of a technology must be done, but further ethical analysis is also required. Every technology is directed towards one or more goals, which confirms that it is not value-neutral (Mitchell *et al.*, 2007). Ethical choices are made when one goal is chosen over another. The goal of developing new drugs, for example,

⁴¹ A dualidade do desenvolvimento da nanotecnológica é bem expressa pelo autor na seguinte passagem: "The very idea of nanotechnology is riven by an inconsistency between on the one hand, emergent unpredictability and indeterminacy and on the other, reductionist and deterministic control." Op. cit., p. 44.

reveals the value we place on good health. It also points to the value we place on achieving good health through pharmaceuticals. Investing in new drugs at the same time means those resources are not available to provide counseling or to donate existing treatments to poorer nations. Each choice promotes certain values, whether intended or not. Starting from the assumption that technology is value-laden, these values should be made explicit and evaluated. Among the values that can drive technology, ten Haven includes a desire for perfection, the promotion of autonomy, differing views of the human body, and the search for immortality. Ethical analysis should also examine these since 'ethics is first and foremost a philosophical endeavor to understand ourselves and our existence in terms of what is desirable or undesirable, supportable or reprehensible, good or bad' (ten Haven, 2007, p. 28)

A passagem indica-nos que o desenvolvimento tecnológico é tributário de uma estrutura de valores que orientam sua evolução em um ou outro sentido, frequentemente em disputa pelos atores que participam do processo decisório. Estas escolhas não se limitam a determinações técnicas desprovidas de valores ou sentido político, pelo contrário.

O filósofo francês Dupuy (2009, p. xi) disserta sobre o risco de que a regulação de tema tão teórico recaia exclusivamente sobre cientistas dedicados à matéria:

(...) at the 1975 Asilomar conference (...) the scientific community managed to obtain the exclusive right to regulate the field. Thirty years later, the disaster has been consummated. The public, especially in Europe, sees the smallest biotechnological accomplishment as a monstrosity. Aware of the danger, nanotechnologists look to 'communication strategies' for a solution: calming things down, reassuring, establishing 'acceptability'. There is something indecent about this ad-biz vocabulary on the lips of scientists. What is to be done? It would be naive to believe in the possibility or a moratorium, or even, in the short term, a legislative or regulatory framework, which, in any event, would have to be worldwide. Such an approach would not stand a chance given the forces and dynamics in play. The best we can hope for is to accompany at the same pace and if possible to anticipate the onward march of nanotechnologies with impact studies and a permanent scrutiny no less interdisciplinary than the nanoscience themselves. A sort of real-time reflection on scientific and technological change would be a first in the history of humanity.

Como dito, existem poucos consensos em torno da nanotecnologia atualmente. O primeiro deles é de que na escala nano as propriedades dos materiais alteram-se substancialmente, permitindo novas aplicações e funcionalidades para aqueles mesmos elementos em seu estado de massa. Além disso, há consenso em torno das incertezas decorrentes destas novas propriedades: em determinadas áreas, os riscos e os benefícios gerados pela nanoescala ainda são desconhecidos, o que gera pressões de grupos organizados

a fim de (i) aumentar os recursos para a realização de novas pesquisas científicas ou testes (como os toxicológicos) e, (ii) principalmente, que os resultados de testes e pesquisas conduzidos por laboratórios privados sejam divulgados e catalogados em base de dados pública. Existe inclusive uma corrente expressiva que exige a interrupção de qualquer processo produtivo até que resultados conclusivos acerca dos impactos da nanotecnologia sejam alcançados (DUPUY, 2009, xi):

The acceleration of the phenomena at issue would seem to make it inevitable. Science, in any case, can no longer evade its responsibility. This obviously does not mean science should be given a monopoly on decision-making power. Few scientists desire this. What it does mean is that science must be forced to abandon its splendid isolation from the affairs of the community. The question of the responsibility has become much too serious for the debate to scientists alone. The responsibility for decision must necessarily be shared. Yet that is precisely what scientists, as they are trained and organized at present, do not want. They are much happier hiding behind the myth of scientific neutrality: let them go on working to expand knowledge undisturbed, and society can decide where to take things from there. If this kind of talk had the slightest relevance, or is unacceptable now.

Alguns autores (THOMPSON, 2009; MILLS, 2006) apontam que a preocupação em torno da regulação e dos impactos sociais da nanotecnologia decorreu da experiência traumática com os OGMs. Por conta da abordagem dada ao tema ao longo das décadas de 1980 e 1990, estabeleceu-se uma forte resistência social a sua utilização principalmente no mercado europeu.

Thompson (2009, pp. 44-45) indica os argumentos utilizados no debate dos OGMs que *não* deveriam ser reproduzidos na nanotecnologia:

The first of these appeals to an outdated and naive notion of technological progress, and will be called the Modernist Fallacy. The second fallacy assumed an inappropriate reference group for making comparisons about the relative risks of genetic engineering, and the error will be equally tempting for boosters of nanotechnology. It is a version of the Naturalistic Fallacy, the common moral mistake of claiming that because something is natural, it is therefore good. The third fallacy also addresses risks of technology and is an instance of the Argument from Ignorance. The final argument emphasizing world hunger may have been more particular to GMOs than to many of the applications foreseen for nanoscience, yet it is worth considering as an example of how even legitimate benefits from technology can be overplayed by advocates.

A aversão da opinião pública quanto aos OGMs foi tamanha e tão impactante em seus aspectos econômicos e sociais que motivou uma revisão procedimental e de conduta quando da introdução da nanotecnologia nos ambientes científico e social. Mills (2006, pp. 75-76) destaca que desde o início da sistematização das pesquisas com a nanotecnologia houve atenção pública quanto à prevenção de seus impactos sociais:

It had been clear from the early days of biotechnology, which poses some parallel societal questions to nanotechnology, that it presented significant potential hazards, and that a 'wait and see' approach would be unacceptable. Further evidence – if any were needed – that any emerging technology needed to pay serious attention to its societal context was provided by genetically modified (GM) foods, which served as a lurid warning of how things can go wrong. (...) A crucial aspect in the acceptance of a new technology is that the public is convinced of its safety, and that it is beneficial to them. (...) Biotech provides an excellent example of technological hubris for nanotechnology to avoid, and reveals that national opinions can carry international repercussions.

Não foram identificadas nos documentos públicos analisados referências objetivas de que, no desenvolvimento da nanotecnologia, maior atenção venha sendo dispendida à análise de seus impactos sociais, ao menos formalmente. De toda sorte, podemos apontar que a experiência da biotecnologia, em particular os OGMs, contribuiu positivamente para o aumento de recursos e estudos sobre impactos sociais desde o lançamento dos programas nacionais (Estados Unidos, União Europeia, Japão e Austrália, por exemplo).

Vale ressaltar a distinção apontada por Hunt e Mehta (2006, p. 276) entre aqueles que advogam pela não regulação da nano e aqueles favoráveis. No primeiro grupo, os autores situam os teóricos de economias neoliberais, para os quais a regulação da nano carrega os riscos de afastar investimentos e enfraquecer a habilidade de economias nacionais em competir em mercados coordenados globalmente.

Acrescentam ainda que, pela transversalidade da nanotecnologia, haveria pouco consenso mundial em torno do que pode ser identificado como um produto nano-derivado. Além disso, regular uma área em que ainda existe pouca evidência científica para identificar os riscos seria prematuro.

Outra corrente, identificada com a proteção do trabalhador, do meio-ambiente e da forma de vida humana como a conhecemos, identifica nos avanços da nanotecnologia um risco invisível, que necessita de detida atenção ética em torno de seu desenvolvimento. Esta

corrente indica que, também por conta da pouca informação a respeito da segurança dos nanomateriais, é preciso que a sociedade atue com mais precaução quanto ao seu uso e o ciclo de vida destes materiais.

Esta abordagem é desenvolvida por Howard e Ikah (2006) ao identificar diversas questões em torno da toxicidade das nanopartículas e a ausência de dados relevantes e públicos sobre os riscos de seu uso e manipulação. Pusztai e Bardocz (2006) também apontam para o consenso na comunidade científica sobre a inadequação acerca das informações atualmente disponíveis sobre risco de produtos nano-derivados nas indústrias alimentícia e agroquímica.

A preocupação sobre a necessidade da regulação ganha contornos mais preocupantes quando se observa que seu desenvolvimento é feito em um vácuo regulatório:

In Canada and the United States of America, it seems very likely that existing agencies such as Health Canada, the Food and Drug Administration (FDA), and others will be given pieces of the nanotechnology portfolio as their responsibility. Existing regulations for ultra-fine particles will probably be adjusted to accommodate concerns about new nanoscale particles, while regulations that identify how to assess the safety of genetically modified foods (for example substantial equivalence) will probably apply for products of nanotechnology meant for human consumption.

Para os defensores da regulação da nanotecnologia, a utilização do princípio da precaução é fundamental com vistas a proteger a saúde humana e o meio ambiente de novas tecnologias em que nossa experiência é limitada, principalmente por conta dos potenciais danos irreversíveis que seu progresso pode trazer. A esta preocupação, dedicamos o próximo item do trabalho.

i. OS IMPACTOS SOCIAIS DA NANOTECNOLOGIA

O desenvolvimento da tecnologia em países centrais não é alheio ao processo de confrontação das forças sociais.

Celso Furtado (1978, p. 109)

Os pontos mais sensíveis ao desenvolvimento da nanotecnologia em sua relação *negativa* com o homem e com a natureza organizam-se em torno das dimensões do

trabalho e do meio ambiente.⁴² Em razão das questões relacionadas à alteração de propriedades e características das nanopartículas, entidades dedicadas à proteção do trabalhador e do meio ambiente debruçam-se sobre a análise dos possíveis impactos sociais da nanotecnologia nestas searas.⁴³

Neste item, analisaremos o foco dos movimentos trabalhistas e ambientais ao abordarem o desenvolvimento da nanotecnologia, especificamente quanto à aplicação dos princípios da prevenção e da precaução⁴⁴ e da garantia ao direito à informação, princípios aplicáveis tanto na proteção ao meio ambiente quanto com relação à saúde do trabalhador. Tal análise se faz necessária na medida em que o impacto social das nanotecnologias é visto como capítulo central de políticas nacionais no tema, bem como constitui o ponto de maior contato entre a sociedade civil e o desenvolvimento científico e tecnológico na nanoescala.

A perspectiva do trabalhador será analisada a partir da literatura especializada e de documentos e manifestações de organizações sindicais brasileiras, especificamente o Sindicato dos Químicos, além da Fundacentro, entidade vinculada ao Ministério do Trabalho destinada à pesquisa científica e tecnológica relacionada à segurança e saúde do trabalho. Será utilizado ainda suporte teórico fornecido pelo ordenamento internacional em torno dos princípios de direito citados. Objetivamos identificar até que ponto as preocupações destes

⁴² Além daquelas esferas aqui abordadas, diversas iniciativas de regulação da nanotecnologia vêm sendo desenvolvidas mundialmente. A Organização Mundial de Saúde, por exemplo, trabalha em um Programa a fim de identificar diretrizes para a segurança do trabalhador vinculado à nanotecnologia, inclusive com representação brasileira. Disponível em <<http://www.who.int/foodsafety/biotech/nano/en/index.html>>, acesso em 24 fev. 2013.

⁴³ Para maiores informações acerca da regulação e segurança dos nanomateriais e da nanotecnologia, ver: OECD, *Safety of manufactured nanomaterials - Publications in the Series on the Safety of Manufactured Nanomaterials*, com 35 documentos publicados no tema, todos disponível em <<http://www.oecd.org/env/ehs/nanosafety/publicationsintheseriesonthesafetyofmanufacturednanomaterials.htm>> Acesso em 17 fev. 2013; OECD's Working Party on Nanotechnology (WPN), disponível em <<http://www.oecd.org/sti/nano>> Acesso em 17 fev. 2013; a OMS está desenvolvendo suas diretrizes com a seguinte temática: "Protecting Workers from Potential Risks of Manufactured Nanomaterials". Disponível em <http://www.who.int/occupational_health/topics/nanotechnologies/en/>. Acesso em 17 fev. 2013. Sobre a União Europeia, a regulação divide-se em dois níveis (que inclusive apresentam algum grau de conflito entre si): o Parlamento Europeu, que elaborou Resolução 2008/2208 (INI) sobre os aspectos regulatórios da nanotecnologia. Disponível em <<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&reference=P6-TA-2009-0328&language=EN>> Acesso em 17.2.2013; a Comissão Europeia, cujas informações estão disponíveis em <http://ec.europa.eu/nanotechnology/index_en.html> Acesso em 17 fev. 2013. Cf. também os Documentos CORDIS – *European Community Nanotechnology*, com onze documentos disponíveis sobre segurança de materiais, acessados pelo sítio <<ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/final-version.pdf>> Acesso em 17 fev. 2013.

⁴⁴ Padilha iguala o princípio da prevenção ao princípio da precaução ao afirmar que “Na verdade, o princípio da prevenção ou da precaução, segundo Cristiane Derani, corresponde à própria ‘essência do Direito Ambiental’, acrescentando a autora que ‘precaução ambiental é necessariamente modificação do modo de desenvolvimento da atividade econômica.’”. in PADILHA, Norma Sueli, *Do Meio Ambiente do Trabalho Equilibrado*, LTr, 2002, pp. 98-99.

atores sociais encontram-se inseridas formal e materialmente nas agendas de Estados e organizações empresariais dedicadas à nanotecnologia.

A importância do tema pode ser extraída de documento recente divulgado pelo DIEESE acerca das principais questões relacionadas à situação do trabalho no Brasil durante o início do século XXI. Vemos que o desenvolvimento da nanotecnologia ocupa papel central dentre as preocupações das Centrais Sindicais, fazendo parte de sua agenda de trabalho (DIEESE, 2012, pp. 382-3 – com destaques no original):

Além dos aspectos mencionados acima, fizeram parte da agenda dos trabalhos que as Centrais Sindicais desenvolveram na década: a questão **ambiental**; a luta contra o **assédio moral**; os impactos da **nanotecnologia** no mundo do trabalho e na qualidade de vida; os aspectos da **inovação, da ciência e da tecnologia** e relação deles com a produtividade e o emprego; a **erradicação da miséria** e o enfrentamento da desigualdade; a **educação de qualidade**, entre tantos outros assuntos que, além dos dirigentes, mobilizaram ativistas e trabalhadores.

De acordo com o DIEESE, mais de 150 empresas brasileiras declaram desenvolver P&D em nanotecnologia, com forte interação com o setor acadêmico. Para o economista Thomaz Ferreira Jensen, representante do Instituto, a questão que se coloca é saber como o Estado brasileiro garantirá o controle sobre a regulação e os impactos em processos e produtos nanotecnológicos quando corporações transnacionais atingem tamanhos superiores à economia da maioria dos países do mundo.

A abordagem da nanotecnologia sob a ótica do movimento sindical brasileiro passa necessariamente pela concepção de desenvolvimento por eles elaborada, consolidada na “Agenda dos Trabalhadores pelo Desenvolvimento”, lançada em 2007 após debates na Jornada pelo Desenvolvimento com Distribuição de Renda e Valorização do Trabalho, atualizada em 2010. Nesta agenda, as Centrais Sindicais identificam o desenvolvimento “como processo pelo qual cabe aos atores sociais escolherem o caminho para que seja alcançado o bem-estar comum, sendo sustentável do ponto de vista ambiental e respeitando a diversidade social, política e cultural, subordinando os meios aos fins.” Tal concepção tem por fundamento a promoção do trabalho decente, o que inclui a negociação coletiva.

O DIEESE destaca que a introdução de novas tecnologias, se não acompanhada de medidas que requalifiquem os trabalhadores, gerem novas oportunidades de emprego e repassem os ganhos de produtividades aos trabalhadores, poderá reproduzir, ou até

piorar, as situações de desigualdade tão presentes no mercado de trabalho brasileiro. Desta forma, defendem que as negociações coletivas incluam cláusulas sobre (i) o direito à informação sobre o uso ou manipulação de nanomateriais no ambiente de trabalho, (ii) a proteção ambiental e da saúde dos trabalhadores, e (iii) a responsabilidade das empresas quanto à prevenção de impactos das nanotecnologias nos trabalhadores.

As preocupações também estão focadas em ampliar o conhecimento disponível sobre os efeitos das nanopartículas dentro do ambiente produtivo, a fim de permitir o acesso à informação por parte dos trabalhadores e agir preventivamente. De acordo com Arcuri (2012), pesquisadora da Fundacentro, tais questões situam-se no campo da nanotoxicologia, que se refere ao estudo da toxicologia das nanopartículas que aparentam ter determinados efeitos tóxicos não usuais e diferentes daqueles encontrados em partículas de mesma substância, mas de outro tamanho.

Por conta de tais características, os especialistas em saúde do trabalhador advogam pela aplicação do direito à informação e dos princípios da precaução e da prevenção quanto ao desenvolvimento e uso de nanopartículas. Tal preocupação relaciona-se principalmente ao fato de que, de acordo com entidades sindicais, não existem atualmente estudos conclusivos quanto à segurança da aplicação desta tecnologia em ambientes de pesquisa ou industriais.⁴⁵

O princípio da prevenção foi estabelecido na Declaração de Estocolmo, definido por Prieur (apud GRANZIERA, 2003, p.49) como “impedir a superveniência de danos ao meio ambiente por meio de medidas apropriadas, ditas preventivas, antes da elaboração de um plano ou da realização de uma obra ou atividade”.

A Política Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador definiu em 2004 a necessidade da aplicação do princípio da prevenção para a proteção ao trabalhador (MTE, 2004):

O atual sistema de segurança e saúde do trabalhador carece de mecanismos que incentivem medidas de prevenção, responsabilizem os empregadores, propiciem o efetivo reconhecimento dos direitos do segurado, diminuam a

⁴⁵ São citados pela Fundacentro estudos epidemiológicos que mostram uma correlação significativa entre a mortalidade devido a doenças cardiorrespiratórias e a concentração de partículas de dimensões nanométricas presentes em situações de poluição do ar. Disponível em <http://www.voyle.net/Nano-Tsunami%20Archive%202005/10-2005%20Archive%20News.htm> e estudo feito em Londres relacionando mortalidade com a área superficial das partículas, disponível em http://www.lbl.gov/msd/msd_safety/assets/ASSE%20Introduction%20to%20NanotoxicologyFinalSmall.pdf

existência de conflitos institucionais, tarifem de maneira mais adequada as empresas e possibilite um melhor gerenciamento dos fatores de riscos ocupacionais.

Quanto ao princípio da precaução, sua aplicação é prevista em diversas organizações multilaterais e governamentais, como ocorre na Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992, em seu princípio nº. 15:

Com a finalidade de proteger o meio ambiente, os Estados deverão aplicar amplamente o critério de precaução conforme suas capacidades. Quando houver perigo de dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para que seja adiada a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação ambiental.

O Tratado de Maastricht estabelecido pela União Europeia também em 1992 atesta que o princípio da precaução deve guiar as políticas de meio ambiente no continente. O'Mathúna observa que, ainda que seja previsto em documentos públicos, o princípio da precaução possui pouca definição nos textos, impedindo ou limitando sua aplicação. O autor cita como referências as definições dadas pela *Wingspread Statement*⁴⁶, pela Organização Mundial de Saúde⁴⁷ e pela UNESCO.⁴⁸

Ainda que inicialmente previsto para ser utilizado em questões relacionadas ao meio ambiente, a União Europeia ampliou o escopo de sua aplicabilidade (apud O'MATHÚNA, 2009, p. 76):

Although the precautionary principle is not explicitly mentioned in the Treaty except in the environmental field, its scope is far wider and covers those specific circumstances where scientific evidence is insufficient, inconclusive or uncertain and there are indications through preliminary objective scientific evaluation that there are reasonable grounds for concern that the potentially dangerous effects on the environment, human, animal or plant health may be inconsistent with the chosen level of protection.

⁴⁶ "Where an activity raises threats of harm to the environment or human health, precautionary measures should be taken even if some cause and effect relationship are not fully established scientifically. (Ashford, 1998)"

⁴⁷ *The precautionary principle: Protecting Public Health, the Environmental and the Future of our Children*. Copenhagen: WHO, 2004.

⁴⁸ *The Precautionary Principle: World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology (COMEST)*. Paris: UNESCO, 2005. Disponível em <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001395/139578e.pdf>>. Acesso em 12.2.2013.

O princípio da precaução também é utilizado na União Europeia para a regulação química por meio do REACH (*Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals*). Em 2008, a União Europeia adotou voluntariamente código de boas práticas que incluiu explicitamente o princípio da precaução como guia para a nanociência e a nanotecnologia (N&N), com a seguinte definição:

N&N research activities should be conducted in accordance with the precautionary principle, anticipating potential environmental, health and safety impacts of N&N outcomes and taking due precautions, proportional to the level of protection, while encouraging progress for the benefit of society and the environment.

O'Mathúna (2009, p. 77) afirma que este princípio em si não é utilizado na legislação americana, mas serve como indicativo geral de conduta e, mesmo que seja reconhecido globalmente como uma importante ferramenta decisória, sua implementação enfrenta controvérsias e muitos debates.⁴⁹

O Brasil é signatário da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e estabelece no artigo 225, caput da Constituição Federal regra geral para a aplicação do princípio da prevenção como dever de defesa e prevenção do meio ambiente equilibrado. De acordo com Padilha (2002, pp. 97-104), o princípio da prevenção encontra-se previsto na Consolidação das Leis do Trabalho, em seus artigos 157 e 158:

Art. 157 - Cabe às empresas:

- I - cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho;
- II - instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais;
- III - adotar as medidas que lhes sejam determinadas pelo órgão regional competente;
- IV - facilitar o exercício da fiscalização pela autoridade competente.

Art. 158 - Cabe aos empregados:

- I - observar as normas de segurança e medicina do trabalho, inclusive as instruções de que trata o item II do artigo anterior;
- II - colaborar com a empresa na aplicação dos dispositivos deste Capítulo.

⁴⁹ Para mais referências sobre o princípio da precaução, ver WECKERT, J. MOOR, J. The precautionary principle in nanotechnology In **Nanoethics** – the ethical and social implications of nanotechnology. 2005. pp. 133-46.

Parágrafo único - Constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada:

- a) à observância das instruções expedidas pelo empregador na forma do item II do artigo anterior;
- b) ao uso dos equipamentos de proteção individual fornecidos pela empresa.

O princípio da precaução também é utilizado na Lei 11.105, de 24 de março de 2005 (Lei da Biossegurança),⁵⁰ que regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam OGMs e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança (CNBS), reestrutura a Comissão Técnica de Biossegurança (CTNBio) e dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança (PNB):

Esta Lei estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente.

Com base nos princípios da precaução e da prevenção, as entidades dedicadas à pesquisa dos efeitos nocivos da nanotecnologia buscam ampliar a base de informações a fim de permitir o tratamento e proteção adequados ao trabalhador *antes* de sua exposição indevida ao risco. Engelmann et al. (2010) chegam a afirmar a necessidade de se elevar o princípio da precaução como direito humano fundamental, dada sua importância para a proteção do meio ambiente e do trabalhador em contato com os riscos nanotecnológicos.

Neste sentido, a Fundacentro desenvolve projeto interinstitucional e interdisciplinar a fim de estudar os impactos da nanotecnologia⁵¹ e, em 2009, promoveu a II

⁵⁰ Engelmann et al. também defendem que o princípio da precaução foi adotado implicitamente pelo Código de Defesa do Consumidor, em seu artigo 9º. Citando Leonardo Roscoe Bessa, o autor indica que essa leitura é possível por conta do aumento da vulnerabilidade técnica sofrida pelo consumidor quanto ao avanço do progresso técnico: o déficit informacional aumenta na medida em que a ciência e a tecnologia evoluem, tornando o processo de escolha ainda mais errático e, com maior intensidade, conduzindo o consumidor a erro. **Op. Cit., p.**

⁵¹ Conforme veiculado pelo site Blog do Trabalho em 19 de julho de 2012, a Fundacentro discutiu a necessidade de aumentar a segurança química no ambiente do trabalho durante a Cúpula dos Povos, na Rio +20: “Como a nanotecnologia é um tema novo, existem riscos que não são conhecidos. Outra preocupação é o uso de produtos químicos tóxicos em artigos de consumo, por exemplo, em estampas de roupas de criança. O que fazemos com nossos resíduos eletrônicos é outra questão emergente. Temos atualmente uma discussão internacional para restrições ao uso do mercúrio. No caso do Brasil, em São Paulo, já há essa restrição para equipamentos clínicos e

Conferência Internacional sobre Gestão de Produtos Químicos, defendendo a adoção do princípio da precaução para o tratamento dos riscos nanotecnológicos.

Vale destacar experiência do ramo químico da Central Única dos Trabalhadores (CUT) narrada por Jensen durante Audiência Pública realizada em 2012 na Câmara dos Deputados, em Brasília. As organizações de classe das trabalhadoras e trabalhadores químicos do Estado de São Paulo decidiram aprofundar o estudo dos impactos da nanotecnologia investigando a sua presença em empresas no Estado, com o objetivo de negociar a inclusão deste tema na Convenção Coletiva de Trabalho, celebrada com catorze representações patronais da indústria química paulista.

A primeira proposta de cláusula pelos trabalhadores foi apresentada para negociação em outubro de 2008, tendo como foco a ação sindical no local de trabalho. A representação patronal (CEAG-10, FIESP) manifestou pouco conhecimento sobre o tema e não aceitou a proposta, alegando que a utilização da nanotecnologia era restrita a poucas empresas no Brasil. Após negociações, foi possível incluir o tema como recomendação para as Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPAs) abordarem junto aos trabalhadores durante as Semanas Internas de Prevenção de Acidentes de Trabalho (SIPATs).

Após três anos de negociações, em abril de 2012, o Sindicato da Indústria de Produtos Farmacêuticos no Estado de São Paulo (SINDUSFARMA) aceitou a inclusão de cláusula específica para tratar do direito à informação na utilização de nanotecnologia, que representou uma tímida conquista para os trabalhadores diante das dimensões do tema. A cláusula possui a seguinte redação:

A empresa garantirá que os membros da CIPA e do SESMT sejam informados quando da utilização de nanotecnologia no processo industrial. A CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso a informações sobre riscos existentes à sua saúde e as medidas de proteção a adotar.

Esta conquista faz parte das reivindicações contidas na Agenda dos Trabalhadores pelo Desenvolvimento e aponta para a organização dos trabalhadores em quatro frentes de ações: (i) reforço ao papel fundamental do princípio da precaução na abordagem dos riscos éticos, sociais e ambientais advindos do uso das nanotecnologias e dos nanomateriais manufaturados em todo seu ciclo de vida; (ii) desenvolvimento de elementos

termômetros em geral que utilizem o produto”, conforme destacado pelo pesquisador da Fundacentro Fernando Sobrinho, engenheiro químico e de segurança.

regulatórios mínimos que orientem a gestão segura da nanotecnologia e dos nanomateriais manufaturados, com participação dos trabalhadores e Sindicatos, empresas, universidades e organizações da sociedade civil que pesquisam e atuam com a nanotecnologia; (iii) vinculação do financiamento público e privado para P&D em nanotecnologia à observação de cuidados com relação ao manuseio e descarte de produtos nanoestruturados, para proteção da saúde e segurança dos pesquisadores, trabalhadores e do meio-ambiente; (iv) produção e difusão de informações sobre os riscos éticos, sociais e ambientais advindos do uso das nanotecnologias, visando ao debate e engajamento do público não especialista no tema.

A aplicação de tais princípios passa a ser de fundamental importância quando passamos a observar algumas pesquisas que indicam a insuficiência de informações e dados para atestar a segurança dos nanomateriais quando em contato com o trabalhador e o meio ambiente. Howard e Ikah (2006, pp. 162-3), por exemplo, após explorarem o histórico das pesquisas científicas relacionadas à utilização de aerossóis no ambiente do trabalho e o aumento da exposição tóxica do homem ao material particulado, decorrente da vida em ambientes urbanos, indicam que:

While acknowledging the potential benefits of nanotechnology, the main aspect of concern in the immediate is the manufacture and release into the environment of free nanoparticles in the size range 1-100nm. The literature that exists on the health effects of nanoparticles indicates that a precautionary stance should be adopted, particularly because the relevant risk assessments have not yet been completed and the hazard characterizations have yet to reach consensus. Direct research on nanoparticles, though still relatively scarce, supports such a caution approach. Most of our current knowledge in the effects of nanoparticles in humans has come from study of ambient aerosols of pollutants. (...) There is strong evidence that our respiratory systems are not well adapted to cope with the smaller size fractions such as aerosols.

Os autores afirmam que, dada a limitação de recursos disponíveis para o desenvolvimento adequado de pesquisas quanto à toxicidade de nanomateriais, é mais seguro que estes sejam utilizados com cautela, tanto na relação com o trabalhador, quanto em sua liberação ao meio ambiente.

No entanto, como adiantado na introdução deste capítulo, a utilização de nanopartículas em produtos acabados cresce de forma acelerada ano após ano. A tomada de consciência quanto à necessidade de precaução e prevenção na utilização de nanopartículas segue ritmo bastante distinto considerando os investimentos produtivos em nanotecnologia.

Assim, o descompasso financeiro entre as pesquisas clínicas e sociais e o ritmo do desenvolvimento tecnológico – derivado também de uma tomada de posição política por parte dos interessados – pode levar à existência de riscos e problemas de saúde ainda não mensurados ou sequer conhecidos por quem manuseia diariamente nanopartículas ou nanocompostos em seu ambiente de trabalho, seja no universo da pesquisa ou de sua aplicação no sistema produtivo e social.

Estamos diante de um paradoxo: enquanto o desenvolvimento científico aumenta, nossa habilidade de prever as consequências do desenvolvimento tecnológico diminui. Quanto maior é o poder de determinada tecnologia, os riscos que podem seguir tornam-se mais sérios e globais, reafirmando a necessidade de agir com precaução. Utilizando como base relatórios do Grupo ETC sobre resultados das pesquisas em animais sobre o uso de nanotecnologias, Engelmann *et al.* (Idem, pp. 191-2) defendem a necessidade da proteção do direito à informação, tanto com relação ao consumidor quanto ao trabalhador.⁵²

Pelas questões analisadas, ainda que haja importantes discussões doutrinárias na esfera internacional, observamos ser restrita a efetiva participação dos trabalhadores nas definições dos rumos das pesquisas em nanotecnologia. Entendemos que a defesa do direito à informação e da aplicação dos princípios da precaução e deveriam constar como pauta da *agenda mínima* a que o tema da nanotecnologia deveria se submeter. Como destacado por O'Mathúna (2009, p. 71):

Risk assessment must incorporate not only the costs and benefits, but also the place of responsibility (Jonas, 1984) and the building of trust between society, industry, academia and government (O'Neil, 2002). That trust has been shaken by a number of accidents, tragedies and atrocities caused by chemicals and technology. (...) New technologies always seem to be safe when there has been little time for harm to reveal itself. We seem to tolerate 'false negatives' much better than 'false positives' which generates more risks.

No mesmo sentido, Engelmann et al. (2010, p. 193) destacam:

⁵² Os testes em animais apontam danos em quatro diferentes esferas: (i) cerebrais: exposição de peixes a uma quantidade muito baixa de nanofluoreto por 48 horas desencadeou a penetração da substância no organismo dos animais e o desenvolvimento de danos cerebrais; (ii) suscetibilidade à coagulação do sangue: coelhos tiveram aumento na suscetibilidade à coagulação após a ingestão de fulerenos (terceira forma mais estável do carbono após o diamante e o grafite); (iii) danos pulmonares: estudos sobre a inalação de nanopartículas de dióxido de titânio em ratos, em período de uma a três semanas, constataram que os animais apresentaram quadro inflamatório moderado, porém significativo, nos pulmões; (iv) consequências graves nas formações de embriões: submissão de peixes ao contato de nanotubos de carbono acarretou na diminuição da procriação de animais.

A precaução deve ser analisada e aplicada à luz do princípio da razoabilidade, evitando-se, assim, que o ‘agir precaucioso’ possa servir de óbice ao desenvolvimento científico, ao progresso social e econômico. Cabe, então, ao intérprete aferir no caso concreto a conveniência de adotar a medida precauciosa, fundamentando seu juízo a partir de razões que levem em conta a valorização da pessoa humana e o bem comum.

Esta conclusão parcial será importante para o restante do trabalho, principalmente quando observamos as relações entre o movimento sindical brasileiro e o debate em torno de nossa política de desenvolvimento da nanotecnologia.

d. AS ESTRATÉGIAS NACIONAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DA NANOTECNOLOGIA

Como vimos, entre o final da década de 1990 e o início do século XXI, a nanotecnologia, por suas características, chamou atenção da comunidade científica para as potencialidades que seu desenvolvimento poderia trazer ao homem (aqui abordadas em suas dimensões produtivas e sociais). Pudemos notar que parcela considerável da atenção ganha destaque depois de os Estados nacionais vislumbrarem a necessidade de organizar, de forma coordenada e ativa, seu desenvolvimento.

O movimento científico de promoção da nanotecnologia galgou maior relevância ao enxergar em seu desenvolvimento a capacidade de prover soluções a uma série de desafios tecnológicos que integravam a ordem do dia das nações desenvolvidas, reunidas principalmente em torno (i) da melhoria da qualidade e duração da vida do homem, (ii) de processos disruptivos de geração energética e (iii) da indústria da defesa.

A construção de “Estratégias Nacionais” é caudatária da noção desenvolvida inicialmente por Perroux (1955) sobre os polos de crescimento que, posteriormente, foi ampliada por Freeman (2008), e por Lundvall (1992), em que constroem o conceito de “sistemas nacionais de inovação”.⁵³ Silveira (2001, pp. 74-76) aponta que a discussão acerca

⁵³ Conforme indica Freeman, este conceito tem sua origem na ideia de Friedrich List sobre os Sistemas Nacionais de Economia Política de 1841, que também poderia ter sido denominado Sistema Nacional de Inovação: “The main concern of List was with the problem of Germany overtaking England and, for underdeveloped countries (as Germany then was in relation to England), he advocated not only protection of infant industries but a broad range of policies designed to accelerate, or to make possible, industrialisation and economic growth. Most of these policies were concerned with learning about new technology and applying it. The racialist and colonialist overtones of the book were in strong contrast to the internationalist cosmopolitan

deste conceito desdobra-se das inter-relações observadas entre a empresa que inova e o ambiente que a cerca. Neste sentido, os contextos nacionais passam a pesar muito na estrutura de operação das empresas aquelas instituições que, direta ou indiretamente, “se relacionam com a geração ou circulação do conhecimento traduzido em ciência e tecnologia”.

O autor indica que a abordagem do conceito pode partir de diferentes perspectivas, iniciando com a dimensão de determinada empresa, depois alcançando níveis setoriais para, por fim, organizar a forma de desenvolvimento da nação como um todo. Desta forma, podemos concluir que a conceituação de um Sistema Nacional de Inovação pode se diferenciar no tempo e no espaço, pois depende da perspectiva e dos sentidos atribuídos a este sistema por seus agentes, públicos ou privados. Assim, conclui Silveira:

[o conceito de Sistema Nacional de Inovação é] bastante amplo, que procura chamar a atenção para a lógica institucional que se faz presente tanto nas decisões de caráter público e estatal, como na influência que exercem no comportamento individual, e, portanto, nas formas de atuação das empresas. Da mesma forma que os proponentes do conceito de sistema nacional de inovações, estes autores [Chesnais; Hollingsworth e Boyer] admitem que o ambiente em que a empresa age e concorre é fundamental para sua capacidade competitiva e que os países são capazes de criar regimes que favoreçam suas empresas a competir e a inovar terão uma vantagem importante sobre os demais, incapazes de estabelecer vínculos mais fortes. (...) Ora, o sistema nacional de inovação pode ser visto como um subsistema do conjunto mais geral da produção. (...) Uma vez que não se perca de vista o caráter sistêmico mais geral, que, a propósito, diz respeito ao sistema capitalista de produção nas suas expressões e especificidades nacionais, o conceito mais restrito pode ajudar a compor o referencial analítico para a análise da situação brasileira nos dias de hoje. (...) O conceito de sistema nacional de inovações presta-se melhor, na verdade, para caracterizar o conjunto de instituições e formas de relacionamento que, direta ou indiretamente definem as modalidades das interações públicas e privadas na geração e difusão de inovações no sistema produtivo e nas organizações voltadas ao aprendizado e desenvolvimento científico e tecnológico.

Pretendemos analisar o padrão mais intenso da intervenção estatal no planejamento do progresso da nanotecnologia,⁵⁴ considerando ainda as perspectivas e limites

approach of the classical free trade economists and List's belief that Holland and Denmark should join the German 'Bund' and acquire German nationality because of their 'descent and whole character' reads somewhat strangely in the European Community of today. Nevertheless, despite these unattractive features of his outlook, he clearly anticipated many contemporary theories.” FREEMAN, C. **The 'National System of Innovation' in historical perspective**, 1995. p. 5. No mesmo sentido, ver a reconstrução de Octaviani no artigo “O Ordenamento da Inovação: a Economia Política da Forma Jurídica”, Cf. OCTAVIANI, op.cit, 2009.

⁵⁴ Esta mesma metodologia de análise de política de desenvolvimento tecnológico também foi trabalhada por OCTAVIANI na análise da biodiversidade brasileira e a política de biotecnologia, op. cit. p. 110-5.

da relação entre empresas (em especial a transnacional), como os Estados nacionais, da forma como colocada por Furtado (1999, pp. 21-3):

À medida que desaparecem as barreiras tarifárias, surge um tecido de atividades econômicas comandadas por empresas que fundam o seu poder no controle da inovação e na proteção do Estado nacional. A combinação de recursos políticos e inovação tecnológica facilita o acesso aos mercados financeiros. A empresa transnacional recruta recursos produtivos em escala global e está em condições de combinar mão-de-obra de baixo preço com trabalho altamente especializado, e pode minimizar os custos financeiros e maximizar a remuneração do capital. Trata-se de uma organização horizontal que opera mediante associações variadas de alcance planetário. E essas organizações são entidades de direito privado, sem responsabilidade pública que não sejam aquelas aceitas voluntariamente. O desafio que se apresenta atualmente é o de identificar a lógica imanente ao agenciamento de recursos por esses complexos transnacionais. (...) Sua força decorre principalmente da posição de vanguarda tecnológica que ocupam e da possibilidade que têm de mudar a localização de unidades produtivas em função dos custos relativos dos insumos e de alterações nas taxas de câmbio e de juros. Em síntese, a estratégia de uma empresa transnacional é algo de grande complexidade e pressupõe um forte entrosamento com as estruturas de poder político sobre as quais tem crescente influência. (...) as modificações fundamentais que estão ocorrendo têm lugar na esfera política de decisões, esfera que escapa à análise rigorosamente econômica. Isso explica o aparente atraso da análise econômica na captação das mudanças em curso.

Ainda que se tenha em vista o aumento crescente do poderio econômico e político das empresas transnacionais, como abordaremos detidamente mais à frente, é possível observar que a atuação do Estado no domínio econômico tem sido de fundamental importância à definição e consolidação de estratégias de desenvolvimento tecnológico em países do centro.

Figura 5 – Cronograma de implantação dos programas nacionais de nanotecnologia; Fonte MCTI, Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias, 2012

Tabela 5 – Investimento Global em Nanotecnologia (2004); Fonte: MDIC (2011)

A Tabela 5 e a Tabela 6 indicam a evolução dos investimentos globais em Nanotecnologia entre 2004 e 2009, dando clara demonstração do aumento do interesse dos países centrais no progresso da nanotecnologia em dois estágios: o primeiro, indicado na Tabela 5, mostra os pioneiros em estruturação de suas estratégias nacionais, principalmente EUA, União Europeia e Japão. A Tabela 6 indica os países que se inseriram na corrida a partir da segunda metade da década de 2000, com destaque à China e Rússia. O Brasil ainda não se encontra no mapa.

Tabela 6 – Investimento Global em Nanotecnologia (2009); Fonte: MDIC (2011)

Merece destaque a observação de Alves (2004, p. 26):

A firme disposição dos Estados Unidos de investir na área acabou por “catalisar” uma reação dos países da Comunidade Européia e do Japão, inicialmente, e, mais tarde, de outros países, levando à montagem de vários outros programas nacionais ambiciosos, baseados na aceitação de que a nanotecnologia seria da maior importância para as nações industrializadas, ou “em vias de”, dentro de um horizonte futuro próximo.

Portanto, vemos que este movimento foi observado no Japão, na China, na União Europeia, nos Estados Unidos, ou seja, nos principais centros produtores de ciência, poder e dinheiro no mundo. Para os recortes propostos neste trabalho e tendo por base a literatura disponível acerca das estratégias nacionais de desenvolvimento, faremos o apontamento das iniciativas nacionais e focaremos na análise da experiência americana.

i. A ESTRATÉGIA AMERICANA

A escolha pelos Estados Unidos se deve, entre outros aspectos, a dois fatores determinantes: foi o primeiro país a organizar uma estratégia nacional para o desenvolvimento

da nanotecnologia, servindo de alguma forma como modelo para a Europa, Japão e Canadá. Além disso, é aquele que melhor organizou sua atuação pública como indutora do desenvolvimento científico e privado, organizando um verdadeiro plano para o seu desenvolvimento tecnológico neste setor.

O país produziu e produz uma imensa quantidade de dados, pesquisas e documentos públicos relacionados à sua estratégia em nanotecnologia. Todo esse arcabouço está dividido da seguinte forma: as potencialidades da nanotecnologia para a superação dos problemas do homem; os impactos sociais da nanotecnologia; os esforços de investimento para o desenvolvimento da nanotecnologia; e a organização do Estado americano para a promoção da nanotecnologia. Para os fins desta etapa da pesquisa, os dois últimos pontos serão aprofundados.

Os documentos públicos foram elaborados principalmente pelas seguintes autoridades americanas: Casa Branca, responsável pelo lançamento da iniciativa em 2000; *National Science and Technology Council* (NSTC) e *National Science Foundation* (NSF), ambas responsáveis por investigar as potencialidades e riscos envolvidos no desenvolvimento da nanotecnologia, bem como organizar a atuação das agências federais no fomento da iniciativa; e *President's Council of Advisors on Science and Technology* (PCAST), responsável pela revisão periódica das metas e focos da NNI.

A narrativa dos primórdios da Iniciativa Americana em Nanotecnologia foi realizada em artigo publicado por Lane e Kalil (2005), dois dos primeiros entusiastas da construção de uma estratégia nacional dentro da Casa Branca. De início, os autores indicam que o engajamento direto do Presidente Clinton⁵⁵ foi fator primordial para o sucesso de lançamento da estratégia nacional, desde que tomou conhecimento das potencialidades da nanotecnologia e passou a inseri-la na agenda de trabalho da NSF.

Os primeiros programas em nanoescala situavam-se na área de ciência e engenharia, como o *Defense Advanced Research Project Agency's ULTRA Electronics Program*. A partir de 1996, oficiais de programas federais vinculados à NSF e outras agências governamentais iniciaram reuniões e troca de informações sobre seus esforços no desenvolvimento de ciência e engenharia na nanoescala (LANE; KALIL, 2005, p. 81). Em 1998, Lane testemunhou diante do Congresso americano que, caso indagassem os

⁵⁵ Willian Jefferson Clinton presidiu os Estados Unidos entre 1993 e 2001.

pesquisadores sobre uma área da ciência e da engenharia que mais teria chances de produzir os avanços de amanhã, eles indicariam a ciência e engenharia na nanoescala (LANE, 1998).

Outro patrono da iniciativa americana é o cientista Mihail C. Roco, responsável por iniciar o primeiro programa do governo americano na escala nano, em 1991. No mesmo ano da declaração de Lane, Roco já identificava a necessidade de reunir os esforços americanos em torno de uma iniciativa única (NSF, 1998, p. 10):

Scientific and technological discoveries in nanotechnology are growing at an unprecedented rate, and an attempt should be made to capitalize on emerging research opportunities. U.S. nano activities in general are fragmented. The current situation can be improved by promoting joint funding of projects and use of facilities in centers of excellence, collaborations among program managers in various agencies, and interdisciplinary activities (cross-disciplinary workshops, university-industry research groups, and use of other mechanisms to facilitate knowledge and technology transfer). Academic interaction with industry is an obvious priority for the Nanotechnology Group. Preparing an interagency memorandum of understanding has been discussed by a group of funding agencies for promoting joint funding on selected interdisciplinary nanotechnologies areas and leveraging funding for complementary projects.

Em setembro de 1999, o *US Interagency Working Group on Nano Science, Engineering and Technology* (IWGN) realizou um workshop a fim de discutir o direcionamento das pesquisas em nanotecnologia, com a seguinte afirmação:

Nanotechnology will be a strategic branch of science and engineering for the 21st century, one that will fundamentally restructure the technologies currently used for manufacturing, medicine, defense, energy production, environmental management, transportation, communication, computation and education.

A conclusão dos trabalhos indicava consenso em torno dos desafios que a agenda provocava em vista da revolução industrial que se desenhava, propondo enormes desafios:

While recognizing nanotechnology's potential to spawn an industrial revolution in coming decades, the consensus was that the challenges ahead in basic discovery, invention and eventual manufacturing are formidable. New methods of investigation at the nanoscale, novel scientific theories, and different fabrication paradigms are critical.

Roco propôs formalmente o lançamento da NNI em março de 1999, durante reunião da Comissão de Tecnologia do OSTP na Casa Branca. O cientista também foi o responsável pela coordenação dos dois relatórios-chave para o lançamento da iniciativa americana: o *Nanotechnology Research Directions*, em 1999, e o *National Nanotechnology Initiative*, em 2000.

Após a apresentação na Comissão de Tecnologia, uma aliança entre a OSTP e o PCAST recomendaram ao Presidente Clinton oferecer suporte ao projeto. Lane e Kalil (2005, p. 82) destacam que, por decisão do Presidente, a iniciativa foi incluída no orçamento de 2001, contando com expressivo aumento de US\$ 3 bilhões para o *21st Century Research Fund*, incluindo um adicional de US\$ 1 bilhão para pesquisas universitárias e um pedido ao Congresso para que a NSF obtivesse o dobro de verbas federais, o maior aumento até então experimentado em sua história. Em seu já referido discurso no Instituto de Tecnologia da Califórnia, o Presidente afirmou:

The budget I will submit to Congress in just a few days will include a \$2.8 billion increase in our 21st century research fund. This will support a \$1 billion increase in biomedical research for the National Institutes of Health; \$675 million, which is double the previous largest dollar increase for the National Science Foundation in its entire 50-year history; and major funding increases in areas from information technology to space exploration to the development of cleaner sources of energy.

This budget makes research at our nation's universities a top priority, with an increase in funding of more than \$1 billion. University-based research provides the kind of fundamental insights that are most important in any new technology or treatment. It helps to produce the next generation of scientists, engineers, entrepreneurs. And we intend to give university-based research a major lift.

The budget supports increases not only in biomedical research, but also in all scientific and engineering fields. As you know, advances in one field are often dependent on breakthroughs in other disciplines. For example, advances in computer science are helping us to develop drugs more rapidly, and to move from sequencing the human genome to better understanding the functions of individual genes.

My budget supports a major new national nanotechnology initiative worth \$500 million. Caltech is no stranger to the idea of nanotechnology, the ability to manipulate matter at the atomic and molecular level. Over 40 years ago, Caltech's own Richard Symonds asked, what would happen if we could arrange the atoms one by one the way we want them? Well, you can see one example of this in this sign behind me, that Dr. Lane furnished for Caltech to hang as the backdrop for this speech. It's the Western hemisphere in gold atoms. But I think you will find more enduring uses for nanotechnology.

A iniciativa foi aprovada com amplo consenso e apoio da indústria, da comunidade científica e do governo (LANE; KALIL, 2005, p. 83), contando com nove agências americanas em seu lançamento e com orçamento público total de US\$ 422 milhões.⁵⁶ Em 2003, o Congresso americano aprovou o *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*, que autorizava “dotações à nanociência, nanoengenharia e pesquisa nanotecnológica” e tem como focos: (i) estabelecer os objetivos, prioridades e métricas para avaliação da pesquisa, desenvolvimento e outras atividades federais em nanotecnologia; (ii) investir em programas federais de pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia e as ciências relacionadas para atingir tais objetivos; e (iii) prover a coordenação interinstitucional da pesquisa, desenvolvimento e outras atividades realizadas no âmbito do Programa Federal de Nanotecnologia.

Foram indicados 11 eixos principais para as atividades do Programa, destacando-se dentre eles o desenvolvimento de uma compreensão fundamental da matéria que permita o controle e sua manipulação na nanoescala; a garantia da liderança global dos Estados Unidos no desenvolvimento e aplicação da nanotecnologia; o avanço da produtividade e competitividade industrial do país por meio de investimentos estáveis, consistente, coordenados e de longo-prazo na pesquisa científica e na engenharia em nanotecnologia; bem como acelerar a implantação e aplicação da pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia no setor privado, incluindo empresas *startup*.

Merece atenção o item 10 da Seção 2.b do referido Ato, que trata das preocupações éticas, legais, ambientais e outras questões da sociedade civil relacionadas ao desenvolvimento da nanotecnologia – incluindo o potencial uso da nanotecnologia a fim de aumentar a inteligência humana e, desenvolver inteligência artificial que exceda a capacidade humana – sejam consideradas durante o processo de desenvolvimento da nanotecnologia por meio de quatro possíveis abordagens:

⁵⁶ Conforme disponível em: <www.nano.gov>, que organiza e divulga a iniciativa nacionalmente: “Atualmente, [a iniciativa] compreende atividades individuais e cooperativas relacionadas à nanotecnologia de 26 Agências Federais cujo foco são os papéis e responsabilidades da pesquisa e da regulação no desenvolvimento da nanotecnologia. Quinze dessas agências possuem orçamentos em P&D relacionados à nanotecnologia, sendo que os valores reportados no orçamento da NNI representam a soma destes investimentos. O suporte de investimentos para P&D em nanotecnologia deriva diretamente das agências-membro da NNI, não diretamente da NNI. Considerada como um esforço interagências, a NNI informa e influencia o orçamento federal e o processo de planejamento de suas agências-membro e da NSTC. A NNI reúne a expertise necessária para avançar neste campo complexo, criando um quadro capaz de reunir objetivos, prioridades e estratégias que auxiliam cada agência federal a alavancar seus recursos por meio do apoio e atuação em rede com as outras agências federais. Com o suporte da NNI, a P&D em nanotecnologia está ocupando lugar na academia, no governo e nos laboratórios industriais por todo os Estados Unidos.” Acesso em 3 jan. 2013.

(10) ensuring that ethical, legal, environmental, and other appropriate societal concerns, including the potential use of nanotechnology in enhancing human intelligence and in developing artificial intelligence which exceeds human capacity, are considered during the development of nanotechnology by:

(A) establishing a research program to identify ethical, legal, environmental, and other appropriate societal concerns related to nanotechnology, and ensuring that the results of such research are widely disseminated;

(B) requiring that interdisciplinary nanotechnology research centers established under paragraph (4) include activities that address societal, ethical, and environmental concerns;

(C) insofar as possible, integrating research on societal, ethical, and environmental concerns with nanotechnology research and development, and ensuring that advances in nanotechnology bring about improvements in quality of life for all Americans; and

(D) providing, through the National Nanotechnology Coordination Office established in section 3, for public input and outreach to be integrated into the Program by the convening of regular and ongoing public discussions, through mechanisms such as citizens' panels, consensus conferences, and educational events, as appropriate.

A importância da intervenção pública no desenvolvimento da estratégia americana é destacada por Holdridge (2006, p. 64):

Government plays an important role in helping to foster interdisciplinary research and education in three ways: (1) by supporting the development of and making available facilities and research instruments that allow researchers from all disciplines to visualize and manipulate matter at the nanometer scale, (2) by establishing research centers and groups with the explicit goal of bringing together researchers from previously divergent fields, and (3) by promulgating policies to encourage the education of a new generation of multidisciplinary researchers.

Lane e Kalil (2005, p. 83) destacam os efeitos imediatos do lançamento da iniciativa americana nos jornais científicos relacionados à Ciência, Natureza e Física: o percentual de artigos científicos relacionados à ciência e engenharia na nanoescala aumentou de 1% em 1992 para mais de 5% em 2003. Indicam também que o fomento público da NNI resultou em uma expansão do entendimento dos fundamentos dos fenômenos em nanoescala e muitas pesquisas trouxeram resultados que viabilizam aplicações potencialmente revolucionárias no desenvolvimento científico.

Como destaca Mills (2006, p. 76), em todos os programas de nanotecnologia suportados pela NSF são exigidos investimentos em componentes ELSI: implicações éticas,

legais e sociais da nanotecnologia. No entanto, a autora afirma que, na prática, isto não recebe a atenção devida das autoridades ou dos próprios pesquisadores.

Mills (2006, p. 76) indica que o sucesso na persuasão do governo americano a investir no programa pode ser visto pela evolução do investimento disponível para P&D em nanotecnologia: de US\$ 116 milhões em 1997 para US\$ 982 milhões em 2005. Ainda que grande parte destes investimentos seja dirigida para pesquisa acadêmica, como destaca a autora, eles também suportam a transferência de tecnologia entre academia e indústria a fim de encorajar a comercialização de produtos e processos, vista como o maior *driver* da nanotecnologia.

Em 2002, a NNI destinou US\$ 80 milhões de um total de US\$ 700 milhões para investigações acerca das implicações éticas, legais, sociais e ambientais (ELSI) relacionadas à pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia.

Duas outras agências americanas exercem importante papel no desenvolvimento da nanotecnologia em rede: a *National Nanofabrication Infrastructure Network* (NNIN), vinculada à NSF, e a *Nanoscale Science Research Centers* (NSRCs), do Departamento de Energia. De acordo com Mills (2006, p. 77), ambas possuem grande presença no desenvolvimento da nanotecnologia e comprometimento significativo com ELSI. Tais agências estabelecem, por meio de uma rede nacional de laboratórios, um circuito de usuários a fim de superar uma das maiores barreiras de entrada no desenvolvimento da nanotecnologia, relacionada à instrumentação, equipamentos e instalações, visto que estas estruturas são intensivas em capital, oferecendo, portanto, custos proibitivos a pesquisadores, pequenas empresas e instituições acadêmicas.

Em 2004, por exemplo, a rede NNIN estabeleceu parceria com 13 universidades americanas para promover o livre acesso da academia, pequenas e grandes indústrias e do governo a laboratórios capazes de caracterizar nanomateriais e permitir a fabricação de nanotecnologia. Tal política baseava-se no pagamento de taxas de acesso subsidiadas, tanto para o uso presencial quanto remoto dos equipamentos a fim de promover infraestrutura necessária ao desenvolvimento de pesquisas relacionadas à produção de nanotecnologia. Seu uso era amplo o suficiente para permitir o fomento a pesquisas relacionadas à educação, percepção pública da nanotecnologia, bem como sobre as questões regulatórias e mecanismos legais necessários à difusão da nanotecnologia.

A rede NSRC consiste em cinco Laboratórios Nacionais vinculados ao Departamento de Energia focados na síntese, processamento e fabricação de materiais em nanoescala, assim descrito pelo próprio Departamento de Energia:⁵⁷

These five DOE Office of Science Nanoscale Science Research Centers provide the Nation with resources unmatched anywhere else in the world. The new Center buildings contain clean rooms, laboratories for nanofabrication, one-of-a-kind signature instruments, and other instruments (such as nanopatterning tools and proximal probe microscopes) not generally available except at major scientific user facilities.

As with other Office of Science user facilities, access is through submission of proposals that are reviewed by independent proposal evaluation boards.

The Centers are part of DOE's contribution to the National Nanotechnology Initiative, and they form an integrated network. These facilities are designed to be the Nation's premier user centers for interdisciplinary research at the nanoscale, serving as the basis for a national program that encompasses new science, new tools and new computing capabilities.

Each Center has particular strengths in different areas of nanoscale research, such as materials derived from or inspired by nature; hard and crystalline materials, including the structure of macromolecules; magnetic and soft materials, including polymers and ordered structures in fluids; and nanotechnology integration.

A utilização dos laboratórios é gratuita e depende de aprovação das propostas submetidas. Estes laboratórios também se dedicam à pesquisa de implicações ELSI, particularmente a questões ambientais, ligadas à saúde e segurança das nanopartículas (MILLS, 2006, p. 77).

Vale destacar que a maioria dos esforços de pesquisa relacionados aos riscos da nanotecnologia são financiados ou subvencionados pelo governo americano, levando-nos à questão esculpida na epígrafe deste item: quem guardará os guardas?

Nos Estados Unidos, as pesquisas sobre os impactos sociais da nanotecnologia são conduzidas por organizações bastante heterogêneas entre si (como o *Woodrow Wilson International Center*; *Foresight and Governance Project*; *ETC Group*; *National Resources Defense Council* etc.), com interesses muitas vezes distintos daqueles protagonizados pela NNI, muito mais interessada em remover as barreiras para o pleno desenvolvimento da nanotecnologia. Conforme destacado por Mills (2006, pp. 79-80), estas questões têm

⁵⁷ Disponível em <http://www.cnms.ornl.gov/other_nsrgs/NSRC_Tri-fold.pdf>. Acesso em 10.2.2013.

merecido pouca atenção pública, mas precisam ser equacionadas a fim de que cooperações frutíferas – e mais técnicas possíveis – possam ser construídas em torno do tema.

Defendendo maiores aportes à nanotecnologia, Lane e Kalil (2005, p. 85) tecem importante justificativa acerca da necessidade do fomento público e da intervenção do Estado no domínio econômico a fim de promover a nanotecnologia:

First, federal agencies are still able to fund only a tiny fraction of the meritorious proposals that are submitted. In its most recent solicitation for Nanoscale Science and Engineering Centers, for example, the NSF received 48 proposals and could fund only 6. Even when an agency does fund a proposal, the size and duration of the grant are often inadequate. Second, **foreign governments are continuing to aggressively ramp up their investments in nanoscale S&E. Given that international leadership in nanotechnology is up for grabs, allowing U.S funding to stagnate while foreign governments continue to provide double-digit increases seems to us to be an incredibly risky strategy.** Third, **only the federal government is in a position to support the long-term, high-risk research that is beyond the time horizons of companies.** Finally, researchers have demonstrated the potential of nanotechnology to make important contributions to a wide range of national goals and key economic sectors, such as health, clean energy, information technology, new materials, national and homeland security, sustainable development, manufacturing, and space exploration (grifos nossos).

Por fim, vale destacar que a NNI é submetida periodicamente à análise de seus resultados, bem como a revisão estratégica de seus objetivos e metas. Tal tarefa fica a cargo do PCAST,⁵⁸ órgão consultivo da Presidência da República e do Congresso americano, que já elaborou quatro relatórios analíticos da estratégia americana.

No Brasil, a questão sequer se coloca pela escassa quantidade de recursos públicos disponíveis à investigação dos impactos sociais da nanotecnologia. Ou melhor, a questão que se coloca é bastante explícita: não há qualquer investimento *significativo* na pesquisa dos impactos sociais da nanotecnologia. Conforme relatado por Martins (2009), podemos considerar que apenas dois editais do CNPq foram destinados objetivamente para tal estudo, totalizando cerca de R\$ 2.400.000,00 para os grupo de pesquisa.

⁵⁸ Conforme indica o documento (PCAST, 2010): “The President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST) is an advisory group of the Nation’s leading scientists and engineers, appointed by the President to augment the science and technology advice available to him from inside the White House and from cabinet departments and other Federal agencies. PCAST is consulted about and often makes policy recommendations concerning the full range of issues where understandings from the domains of science, technology, and innovation bear potentially on the policy choices before the President. PCAST is administered by the White House Office of Science and Technology Policy (OSTP).

A título de comparação, podemos ver a evolução do orçamento americano entre 2001 e 2009 na Tabela 7, em gastos divididos de acordo com as agências relacionadas com a nanotecnologia.⁵⁹

Tabela 7 – Orçamento da NNI por Agência – 2001/2012 (em milhões de dólares)

Agency/Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011 (CR)*	2012 (proposed)
DOD***	125	224	220	291	352	424	450	460	459	439.6	415.4	368.2
NSF	150	204	221	256	335	360	389	409	408.6	428.7	412.1	455.9
DOE**	88	89	134	202	208	231	236	245	332.6	373.8	380.8	610.6
DHHS (NIH)	40	59	78	106	165	192	215	305	342.8	456.8	456.8	464.8
DOC (NIST)	33	77	64	77	79	78	88	86	93.4	114.7	95.9	115.7
NASA	22	35	36	47	45	50	20	17	13.7	19.7	20.1	32.3
EPA	5	6	5	5	7	5	8	12	11.6	17.7	17.6	19.8
USDA (NIFA)	0	0	1	2	3	4	4	7	9.9	13.2	13.2	11.6
DHHS (NIOSH)	0	0	0	0	3	4	7	5	6.7	8.5	9.5	16.5
USDA (FS)	0	0	0	0	0	2	3	6	5.4	7.1	5	5
DOJ	1	1	1	2	2	3	2	0	1.2	0.2	0	0
DHS	0	2	1	1	1	2	2	3	9.1	21.9	12.3	10.2
DOT (FHWA)	0	0	0	0	0	1	1	1	0.9	3.2	2	2
TOTAL	464.0	697.0	761.0	989.0	1200.0	1356.0	1425.0	1556.0	1694.9	1905.1	1840.7	2112.6
* 2011 levels reflect the annualized amounts provided by the continuing resolution (CR) that extends through March 4, 2011.												
** Funding levels for DOE include the combined budgets of the Office of Science, the Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), the Office of Fossil Energy, and the Advanced Research Projects Agency for Energy (ARPA-E)												
*** In the above table, the 2010 and 2011 DOD figures include Congressionally directed fundind that is outside the NNI plans (\$75 million for 2010)												

Figura 6 – Evolução anual das Agências americanas participantes da NNI (2001-2007)

⁵⁹ Disponível em <<http://nano.omnidev3.com/about-nni/what/funding>>. Acesso em 10 fev. 2013.

A coordenação da Iniciativa é feita pelo grupo NSET, do NSTC. Vemos na Figura 6 o constante aumento do número de agências americanas que se relacionam com a NNI. Tal fato denota a capacidade que o governo americano tem demonstrado de tornar o programa transversal e ao mesmo tempo arraigado no Poder Público. Atualmente, toda a administração federal participa da NNI. Além disso, ao ampliar constantemente os investimentos na NNI, permite que o entendimento das diretrizes e focos da política caminhe de forma mais harmônica nas diferentes entrâncias de governo, aumentando a criação de consensos público, econômico e científico quanto à nanotecnologia.

Dessa forma, as duas estratégias estudadas permitiram ver que a atuação do Estado no desenvolvimento tecnológico e econômico da nanotecnologia é bastante forte nos países do centro do modo capitalista de produção. Em economias erroneamente identificadas como liberais, a presença do Estado como indutor do desenvolvimento é feita de forma interventora e diretiva dos rumos da tecnologia, em todas as suas vertentes.

Do planejamento à execução, observamos que a organização política e econômica das Estratégias Nacionais se faz em forte parceria com a iniciativa privada e a comunidade científica, sendo que os pressupostos de *sentido político* do desenvolvimento tecnológico são orientados pelo Estado e devem ser comungados por seus atores.

De acordo com estudo da NAE (2004, p. 10), “esse maciço engajamento é justificado pelo relatório Murday, considerando que a nanotecnologia irá gerar negócios da ordem de US\$ 1 trilhão nos próximos 20 anos, em todo o mundo, especialmente nas áreas de materiais, eletrônica, fármacos e produtos químicos.”

Em especial, a organização da NNI está distribuída em diversos diplomas legais claramente interventores (desde o *21st Century Act* até os regulamentos das agências) acerca dos setores científicos e econômicos que merecem atenção e investimento. Tal decisão é tomada com base em planejamento cuidadoso, a cargo da NSF, que é revisto periodicamente pela PCAST. Estas iniciativas reforçam o direcionamento proposto pelo Estado, além de corrigir rotas e reduzir os tempos de resposta do Estado aos rumos do desenvolvimento tecnológico.

ii. A ESTRATÉGIA JAPONESA

O Japão, primeiro país a chamar atenção aos nanotubos de carbono, desenvolve sua estratégia em nanotecnologia desde 2000. Conforme destacam Masami, Hunt e Masayuki (2006, p. 61) naquele ano a *Japanese Business Federation* propôs o “N-Plan 21” a fim de projetar uma sociedade do futuro, modelada pela nanotecnologia. O país apresenta forte presença de investimentos privados na área, representando 73% dos investimentos no biênio 2003-2004.⁶⁰ No entanto, isso não quer dizer que o governo não suporta o desenvolvimento da nanotecnologia, pelo contrário.

Em 2001, o governo japonês, por meio do Conselho Geral em Ciência e Tecnologia, reconheceu a nanotecnologia e a ciência dos materiais como uma de suas quatro prioridades (as demais eram ciências da vida, tecnologia da informação e ciências do meio ambiente). Os investimentos públicos na área dobraram naqueles anos e continuam em taxa crescente. Atualmente, tanto os níveis de investimento *per capita* japonês quanto a quantidade de pesquisadores ativos em relação à população são superiores aos índices americano e europeu.

Em 2004, somente o orçamento para nanotecnologia do Ministério da Indústria e Comércio do Japão (METI), que é o órgão responsável pela P&D próxima à comercialização, era de US\$ 101,4 milhões. No mesmo ano, o Ministério da Educação, Cultura, Esportes, Ciência e Tecnologia (MEXT), “que financia pesquisa fundamental sem a expectativa de que novos produtos ou tecnologias industriais sejam geradas dentro de uma década”, possuía orçamento para pesquisa em nanotecnologia de US\$ 242,8 milhões (NAE, 2004, p. 14).

Dentro do MEXT, existe ainda projeto de pesquisa em nanotecnologia chamado *Virtual Laboratories*, que visa a desenvolver tecnologias estratégicas. Seu orçamento em 2004 foi de US\$ 430,7 milhões. O *Japanese Council for Science and Technology* (JST) estabeleceu dez áreas de pesquisa em três setores estratégicos, os quais foram propostos pelo MEXT em 2002. Naquele ano, havia um total de 106 temas de pesquisa em andamento nessas dez áreas (NAE, 2004, p. 15).

⁶⁰ De acordo com os autores, para o mesmo período, o índice de investimentos privados em nanotecnologia alcançou 56% na União Europeia e 66% nos Estados Unidos.

A pesquisa pública em nanotecnologia é realizada em estreita ligação com a indústria japonesa, sendo que sua coordenação é feita pelo METI, por meio do AIST (uma *Independent Administrative Institution*)⁶¹, que possuía em abril de 2003 aproximadamente 2.400 cientistas.⁶² O *Nanotechnology Research Institute* (NRI) é vinculado ao AIST e responsável pela condução das pesquisas sobre os impactos fundamentais da nanotecnologia em longo prazo.

A política japonesa de pesquisa e desenvolvimento está vinculada diretamente ao gabinete do Primeiro Ministro, representada pelas figuras do Ministro de Ciência e Tecnologia e do Conselho da Política de Ciência e Tecnologia (CSTP). O Conselho tem por missão deliberar sobre as políticas básicas para C&T e a alocação de recursos, bem como avaliar as prioridades nacionais em ciência e tecnologia. Além desta estrutura no Conselho, integram-se ao sistema outros sete Ministérios,⁶³ com atuação transversal. O desenvolvimento desta política no Japão baseia-se em Planos Básicos de C&T, organizados quinquenalmente.⁶⁴

O primeiro vigeu entre os anos de 1996 e 2000 e tinha como metas aumentar o dispêndio público em P&D para US\$ 188,5 bilhões no período e construir um novo sistema de P&D no país. Os focos deste novo sistema eram (i) promover a colaboração entre indústria, academia e governo, (ii) suportar plano de abrigar 10.000 pós-doutores de todo o mundo, (iii)

⁶¹ As *Independent Administrative Institutions* foram criadas em uma reforma administrativa, em 1997. Operam com interferência mínima dos ministérios ou agências competentes, com um alto grau de autonomia e independência para agir como entidade legal, sujeitas a procedimentos de avaliação, como as OSs e OSCIPs. Cf. JSPS Quaterly No. 3, 2002. Disponível em <www.jps.go.jp/english/e-quart/03_winter/05.html>. Acesso em 20.12.2012.

⁶² Em abril de 2001, a AIST foi transformada de um Instituto Governamental para uma Instituição Administrativa Independente, com forte viés colaborativo entre governo-academia-indústria. O Instituto dedica-se a seis grandes campos de pesquisa em C&T – dentre eles a nanotecnologia, nanomateriais e nanoengenharia – e possui 21 Centros de Pesquisa, 20 Institutos de Pesquisa e duas Iniciativas de Pesquisa (dados de fevereiro de 2011). É interessante observar que a gestão financeira do Instituto possui custeio apenas parcial do governo (65%), pois suas receitas são compostas por comissões e direitos de propriedade industrial decorrentes de suas atividades (20%), da locação de laboratórios e instalações (9%) e do setor privado (6%). O Instituto possui pesquisa colaborativa com o Brasil, junto à UFRJ, UFSC e INMETRO.

⁶³ Ministério de Assuntos Internos e Comunicação, Ministério da Educação, Esportes e Ciência e Tecnologia, Ministério da Saúde, Trabalho e do Bem-Estar, Ministério da Agricultura, Florestas e Pesca, Ministério da Economia, Comércio e Indústria, Ministério da Terra, Infraestrutura e Transportes e Ministério do Meio Ambiente.

⁶⁴ Tive a oportunidade de integrar a delegação brasileira que visitou o Japão em fevereiro de 2011, a fim de estudar a iniciativa japonesa em nanotecnologia. O relato que segue baseia-se nas informações fornecidas ao longo da missão por representantes do governo japonês vinculados à AIST, ao *Tsukuba Innovation Arena for Nanotechnology* (TIA-Nano) e ao *National Institute for Materials Science* (NIMS).

implementar um sistema de avaliação nacional do esforço em P&D e (iv) aumentar os fundos de pesquisa competitivos.⁶⁵

O Segundo Plano Básico vigeu entre 2001 e 2005 e tinha três ideias básicas: criação de *sabedoria*, vitalidade da *sabedoria* e criação de uma sociedade sofisticada por meio da *sabedoria*. Suas políticas-chave eram estabelecer prioridades estratégicas em C&T e reformar os sistemas de C&T. As mudanças pretendidas visavam a (i) dobrar os fundos de pesquisa competitivos e (ii) melhorar a colaboração indústria-academia-governo. Os investimentos deste plano somaram US\$ 257 bilhões para o período.

O Terceiro Plano Básico (2006-2010) também possuía três ideias básicas: criação de sabedoria humana, maximização dos potenciais nacionais e a proteção da saúde e segurança na Nação. Suas políticas-chave estavam divididas entre a promoção da pesquisa básica, a promoção de P&D em assuntos orientados politicamente e a reforma do sistema de C&T. As reformas pretendiam desenvolver, manter e ativar recursos humanos para P&D, bem como criar desenvolvimento científico e inovação permanentes. O orçamento total para a iniciativa foi de cerca de US\$ 267,7 bilhões.

Foram identificadas oito áreas para a promoção de C&T, divididas em quatro áreas prioritárias (ciências da vida, tecnologia da informação, meio ambiente e nanomateriais) e quatro áreas promovidas (energia, tecnologia de manufatura, infraestrutura social e proteção de fronteiras). A nanotecnologia, por sua vez, foi dividida em 29 assuntos-chave para P&D dentre cinco subáreas: (i) nanoeletrônica, (ii) nanomateriais, (iii) nanobiotecnologia e biomateriais, (iv) fundamentos para a nanotecnologia e nanomateriais e, por fim, (v) ciência dos nanomateriais. Dentro do orçamento da iniciativa para o quinquênio, cerca de 5% foram gastos com pesquisas em nanotecnologia, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Investimento público do Japão em nanotecnologia 2006-2010 (em milhões de dólares)

⁶⁵ Tais fundos possuem estrutura semelhante às chamadas públicas de projetos que temos no Brasil, ou ainda aos Editais de Subvenção Econômica organizados pela FINEP.

Em média, no período analisado (excluindo-se os dados de 2010), o total de recursos aplicados entre o poder público e a iniciativa privada em nanotecnologia foi de US\$ 9.7 bilhões, conforme demonstrado na Tabela 9.⁶⁶

Tabela 9 – Investimento total em nanotecnologia pelo Japão 2006-2009 (em milhões de dólares)

⁶⁶ Consideradas empresas com capital superior a US\$ 1 milhão, organizações governamentais, universidades e organizações não-governamentais. Fonte: 2009 *Report on the Survey of Research and Development*, *Statistic Bureau*. Dados gentilmente fornecidos pelo Ph.D. Toshio Baba, Diretor de Nanotecnologia e Materiais do *Bureau of Science, Technology and Innovation Policy*, vinculado ao Gabinete da Presidência, durante visita ao Japão.

Dentro da iniciativa japonesa, vale destacar a construção, em 2009, do arranjo *Tsukuba Innovation Arena* (TIA-Nano), responsável pela relação colaborativa entre indústria, governo e academia para a criação de um centro de pesquisas de classe mundial. O centro fica localizado na cidade de Tsukuba, em área de intenso adensamento de universidades e centros de pesquisa, que reúne a Universidade de Tsukuba, o NIMS⁶⁷, a AIST e a *Federation of Economic Organizations*, com administração conjugada entre estas entidades. A iniciativa foi idealizada como uma arena de pesquisas fortemente focada no desenvolvimento da nanotecnologia, com importante viés para a questão da metrologia de nanomateriais.

Os objetivos do arranjo são: (i) a criação de cadeias de valor vinculadas a negócios internacionais; (ii) a realização de todo o ciclo de desenvolvimento “sob o mesmo teto”; (iii) criação de competências complementares a fim de criar benefícios em espiral; (iv) o estabelecimento de redes de pesquisa colaborativas com todo o mundo; e (v) a promoção de educação em nanotecnologia para a próxima geração.

Durante a visita, foram apresentados dados preliminares do Quarto Plano Básico de C&T, que abrangerá o quinquênio 2011-2016. O foco do plano japonês está em promover uma nova estratégia de crescimento por meio da ciência e da tecnologia. Esta estratégia de crescimento está dividida em duas frentes principais: inovação verde e inovação para a vida. A primeira delas tem como metas (i) criar novos mercados com somas superiores a US\$ 530 bilhões e gerar 1.4 milhão de novos empregos; e (ii) reduzir a emissão de gases poluentes em mais de 1.3 bilhão de toneladas com a utilização de tecnologia japonesa. A segunda tem como foco criar novos mercados de valores superiores a US\$ 480 bilhões no mundo e gerar mais 2.8 milhões de novos postos de trabalho.

⁶⁷ O NIMS é um laboratório fortemente ligado às empresas. De acordo com o Estudo Prospectivo elaborado pelo NAE (pp. 16-17) “o NIMS juntamente com a *Japan Science and Technology Agency* e a empresa NEC conseguiram desenvolver um novo nanodispositivo, chamado *NanoBridge*. O dispositivo usa tecnologia de ligas-desliga (*switching technology*), em circuitos de estado sólido e programáveis, que utiliza uma ponte metálica em nanoescala. Por essa técnica é possível criar ou impedir um canal condutor elétrico, por alongamento da ponte metálica controlada por reação eletroquímica dentro do eletrólito sólido. Traduzindo: chips mais rápidos, menores e mais baratos.³⁰ Este é um dos primeiros casos concretos de uma eletrônica não-silício, de base nanotecnológica. Em 2003, muitos consórcios foram formados entre indústrias, universidades e governo, no Japão, para o desenvolvimento de nano e bionanotecnologias. Como exemplo, pode-se citar o consórcio formado pela *Matsushita Electric Industrial Co.* com o *Tokyo Institute of Technology*, *Nara Institute of Science and Technology* e *Osaka University* para o desenvolvimento de memórias de grande capacidade que utilizam circuitos de proteínas. Estão surgindo várias colaborações entre empresas, instituições e universidades não só no Japão, mas também em outros países, como é o caso recente da *Itochu Corp.* e universidades do Novo México.”

Neste contexto, a nanotecnologia situa-se como um eixo transversal, relacionado tanto às tecnologias verdes como à promoção da vida, estando presente em 16 dos 30 programas em C&T do governo japonês.

Definidos os contornos do desenvolvimento da nanotecnologia no mundo, em vistas das duas experiências analisadas, faz-se necessário percorrer sua organização na periferia do sistema capitalista, utilizando para tanto os ferramentais teóricos propostos por Joseph A. Schumpeter e Celso Furtado para, em seguida, analisar a experiência brasileira.

III. DUAS ABORDAGENS DA ECONOMIA POLÍTICA DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O objetivo deste capítulo é dissertar sobre a economia política que formata, conforma ou transforma a realidade social que nos cerca, com foco no desenvolvimento tecnológico e nas formas de apropriação deste conhecimento pela sociedade. Esta perspectiva teórica, baseada nas obras de Schumpeter e Furtado, será útil na medida em que organizará nossa forma de abordagem da experiência brasileira.

Entendemos que estes dois enfoques, cada qual a seu modo, auxiliarão no processo de descrição e análise da política nacional de nanotecnologia, tendo em vista principalmente a dimensão que tais teorias ganharam no debate acerca do papel da tecnologia nas recentes estratégias de desenvolvimento industrial dos países do centro⁶⁸ e da periferia.⁶⁹

Com base na metodologia proporcionada pelo Direito Econômico, investigaremos em que medida e profundidade os planos teórico e prático desses autores foram incorporados e funcionalizados na política nacional de nanotecnologia. Tais teorias também servirão de sistema de referências para se discutir as possibilidades e constrangimentos ao desenvolvimento da nanotecnologia em nosso atual contexto.

A obra de Schumpeter, pioneira na organização da inovação como elemento dinâmico ao desenvolvimento econômico, será útil para a compreensão dos contornos existentes desde a retomada recente de nossa política industrial, em 2003, com a edição da Política Industrial, Tecnológica e Comércio Exterior (PITCE).

⁶⁸ Em fevereiro de 2011, os Estados Unidos lançaram o relatório “*A Strategy for American Innovation: Securing Our Economic Growth and Prosperity*” que é aberto com o seguinte discurso do Presidente Obama, proferido em 17 de novembro de 2010: “*For in a global economy, the key to our prosperity will never be to compete by paying our workers less or building cheaper, power-quality products. That’s no our advantage. The key to our success – as it has always been – will be to compete by developing new products, by generating new industries, by maintaining our roles as the world’s engine of scientific discovery and technological innovation. It’s absolutely essential to our future.*” Disponível em: <<http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/uploads/-InnovationStrategy.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2012.

⁶⁹ Como exemplo da periferia, o “Plano Nacional de Economia Criativa”, lançado em 2011 pelo MinC traz a seguinte citação de Celso Furtado: “Quaisquer que sejam as antinomias que se apresentem entre as visões da história que emergem em uma sociedade, o processo de mudança social que chamamos desenvolvimento adquire certa nitidez quando o relacionamos com a ideia de criatividade.” O mesmo sentido se observa no discurso do Presidente do BNDES, Luciano Coutinho, na abertura do documento: As transformações nas formas de produção, consumo e convivência social nas sociedades modernas têm no conhecimento e na criatividade sua base dinamizadora. Por isso, atributos de conhecimento e criatividade constituem fator de altíssima relevância no desenvolvimento social, econômico e político de um país.” Disponível em: <http://www.cultura.gov.br/site/wp-content/uploads/2012/08/livro_web2edicao.pdf> Acesso em 10 mar. 2013.

Além de utilizarmos seus principais trabalhos, a reconstrução do pensamento de Schumpeter tomará por base artigo publicado por Szmrecsányi (2006), em que é analisada a herança daquele autor ao nosso atual modelo de desenvolvimento. Como suporte, utilizaremos (i) as limitações elaboradas por Furtado à aplicação da teoria schumpeteriana na periferia (FURTADO, 1961) e também (ii) os trabalhos desenvolvidos por evolucionistas e furtadianos que tecem “convergências e complementaridades” (GUIMARÃES et al., 2007, p. 207) entre os autores para esta análise. Após este breve percurso, concluiremos com a tentativa de elaborar um mapeamento da forma jurídica schumpeteriana no ordenamento da nanotecnologia brasileiro.

Em seguida, nossa pesquisa é guiada pelo pensamento de Celso Furtado, focando em sua produção ao longo da década de 1990, que nos fornece estrutura madura de seu pensamento pretérito, além de proporcionar as ferramentas analítica e propositiva da política de desenvolvimento (nano)tecnológico. O conjunto da obra de Furtado trabalhado ao longo da pesquisa reflete a relação com este período de seu pensamento, construindo o que chamamos anteriormente de *desafio furtadiano* (BERCOVICI, 2003; OCTAVIANI, 2008).

Serão analisados alguns dos aspectos centrais da obra de Furtado que tangenciam as reflexões aqui elaboradas, principalmente (i) a relação entre a civilização industrial e nossa condição periférica e dependente, (ii) a criatividade como elemento-chave à superação do subdesenvolvimento e, por fim, (iii) a disputa pela orientação do progresso técnico engendrada na construção de sistemas nacionais de inovação. Buscaremos em seguida analisar ainda os pontos teóricos que aproximam e distanciam o pensamento de Furtado da obra de Schumpeter.

A escolha de Furtado como autor central deste capítulo deve-se principalmente ao fato de que seu pensamento foi desenvolvido desde (e para) a nossa perspectiva enquanto sociedade e economia distantes do centro de produção capitalista. É evidente que existem outras abordagens possíveis acerca de nossa condição periférica e subdesenvolvida,⁷⁰ porém optamos por recorte que possibilite uma melhor compreensão do mundo em que estamos e para onde devemos nos dirigir, cômicos de nossa posição dentro da escala de poder mundial.

a. A CONTRIBUIÇÃO DA TEORIA SCHUMPETERIANA

⁷⁰ Para uma análise sobre a relação centro-periferia e nossa condição periférica, ver Alessandro OCTAVIANI, *Recursos Genéticos e Desenvolvimento: Os desafios furtadiano e gramsciano*, pp. 129-168.

Joseph A. Schumpeter⁷¹ utilizou como elemento central de sua teoria de desenvolvimento econômico o conceito da inovação, cabendo a ele também a primazia da distinção entre três de seus elementos constituintes: a invenção, a inovação propriamente dita e a difusão tecnológica (SZMRECSÁNYI, 2006, p. 112; SILVEIRA, 2001, p. 26). A partir de sua abordagem acerca dos ciclos econômicos, Schumpeter observa o processo de desenvolvimento a partir da dimensão produtiva e comercial, afastando-se da esfera da circulação, como era característico da escola neoclássica (SCHUMPETER, 1983, p. 65).

Como aponta Szmrecsányi (2006, p. 114), Schumpeter analisou economias estacionárias a fim de observar quais elementos constituíam-se como centrais ao processo de desenvolvimento e busca de outra situação de equilíbrio. Semelhante ao que havia sido estruturado por Marx, Schumpeter identificou que estas alterações no equilíbrio econômico eram provocadas pelo avanço da técnica no processo produtivo (ELLIOT, 1980, p. 46).⁷²

Esta distinção acerca do *locus* em que se dá o processo evolutivo foi possível por meio da utilização de dois conceitos centrais ao pensamento econômico ao longo dos séculos XX e XXI: o conceito de destruição criadora, que abarca a ideia de inovação, e a figura do empresário inovador como tipo ideal deste processo econômico, contrário à concepção de fluxos circulares de desenvolvimento (Idem, p. 61).

Para o autor, os ciclos econômicos se alteram em função de processos inovativos, visto que todo processo concreto de desenvolvimento se baseia em um desenvolvimento anterior (Idem, p. 64). Assim, abandona-se a ideia de equilíbrio estático do

⁷¹ Para mais informações sobre a vida e obra de Schumpeter, ver a introdução feita por John E. Elliot à edição americana da obra **Theory of Economic Development**, Transaction Publishers, 1983; ver ainda a introdução da edição brasileira do mesmo livro, elaborada pelo economista Rubens Vaz da Costa: **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**, In Coleção **Os Economistas**. Abril Cultural, 1982.

⁷² Como trabalhado por Elliot, a despeito de conhecidas diferenças, as visões a respeito do futuro do capitalismo de K. Marx e J. Schumpeter apresentam similaridades incríveis, embora negligenciadas. Isto é ilustrado, primeiro, pela forte focalização de ambos nas propriedades criativas e progressistas do capitalismo; segundo, pelas respectivas análises das propriedades disfuncionais do capitalismo; e terceiro, pelas análises do caráter criativamente destrutivo das mudanças institucionais e de atitudes no capitalismo avançado. Elliot escreve: “No doubt there are differences between the two men, some quite striking, in ideological commitment, economic analysis, and social vision. But there are important parallels as well. A comparative restatement of these two perspectives, focusing on important similarities, is overdue. There is more ‘Schumpeter’ in Marx’s writings than many Marxists are willing to accept, and more ‘Marx’ in Schumpeter’s analysis than even Schumpeter was willing to recognize. On the specific subject of capitalism’s creative destruction’ the two respective theories seem closer to each other than either is to any other prominent vision of capitalism’s future. At the very last, they are much closer than has been popularly supposed.” ELLIOT, J. E., 1980. pp. 45-68.

desenvolvimento para interpretá-lo como uma ocorrência “revolucionária”, rompedora do estado anterior (Idem, p. 62-66):

But ‘static’ analysis is not only unable to predict the consequences of discontinuous changes in the traditional way of doing things; it can neither explain the occurrence of such productive revolutions nor the phenomena which accompany them. It can only investigate the new equilibrium position after the changes have occurred. It is just this occurrence of the ‘revolutionary’ change that is our problem, the problem of economic development in a very narrow and formal sense. The reason why we so state the problem and turn aside from traditional theory lies not so much in the fact that economic changes, especially, if not solely, in the capitalist epoch, have actually occurred thus and not by continuous adaptation, but more in their fruitfulness. By ‘development, therefore, we shall understand only such changes in economic life as are not forced upon it from without but arise from its own initiative, from within. (...) Development in our sense is then defined by the carrying out of new combinations.

Estas novas formas de combinação cobrem cinco casos de inovação: (i) a introdução de um novo bem ou uma nova qualidade de um mesmo bem; (ii) a introdução de um novo método de produção; (iii) a abertura de um novo mercado; (iv) a conquista de uma nova forma ou fonte de matéria-prima ou de uso de produtos semimanufaturados; e (v) a realização de uma nova organização industrial (Idem, p. 66).

A realização destas inovações radicais, para Schumpeter, cabe ao empresário inovador, sujeito do desenvolvimento econômico, caracterizado pela atuação de *outsiders* e da criação de novas empresas, que passam a ser concorrentes das empresas já existentes, disputando mercados e os recursos disponíveis. O empresário schumpeteriano⁷³ é aquele que desempenha uma função específica: combina recursos e tecnologia a fim de gerar novas formas de produção (Idem, p. 74-5; SZMRECSÁNYI, 2006, p. 116). Como colocado por Szmrecsányi (Idem, p. 119):

⁷³ Comentando a obra de Schumpeter, Furtado escreve: “Não é o fato de que o empresário seja um antecipador de lucros o que lhe interessa e sim o de que a ação desse empresário tenda a transformar o processo produtivo. É, portanto, na ação criadora do empresário que está o motor do progresso econômico. Essa ação criadora se manifesta através da introdução de ‘inovações’ no processo produtivo. Por outro lado a ação do empresário será facilitada pela existência do sistema de crédito, o qual permite retirar do circuito econômico os recursos necessários para financiar os novos empreendimentos. Observando o processo econômico basicamente do lado da produção, Schumpeter encontrou-se em magnífica posição para perceber a importância do progresso tecnológico como fator dinâmico na economia capitalista. Seu enfoque é, assim, totalmente diverso dos demais economistas neoclássicos. E é principalmente por essa mudança de perspectiva que sua obra parece hoje tão atual e vem sendo tão fecunda. Todavia, ela está longe de nos dar uma explicação satisfatória do processo de desenvolvimento econômico.” In *Desenvolvimento e Subdesenvolvimento*, p. 70.

Essa função empresarial constitui na prática um elo entre a produção e o capital, ao qual o empresário tem acesso através do crédito, resultando, na fase do capitalismo concorrencial, na criação de novas empresas. Mas, nos tempos que correm, na fase do chamado capitalismo trustificado, a inovação já não se dá por meio da formação de novas empresas, tendendo a ocorrer no seio de grandes organizações e independentemente de agentes individuais (...) Nesse novo contexto, o progresso técnico tende a ser incorporado pelas empresas já estabelecidas com as inovações tornando-se independentes de lideranças pessoais e também da prévia obtenção de crédito, na medida em que se tornam financiáveis pela acumulação interna de reservas das empresas, ou, se necessário, por um acesso direto das mesmas ao mercado de capitais através da bolsa de valores.

Passemos então a dissertar sobre a concepção de progresso técnico na obra de Schumpeter, por meio da análise elaborada por Silveira (2001) e Szmrecsányi (2006). De acordo com este autor, a evolução da noção de progresso técnico está presente na obra de Schumpeter na medida em que o conceito e função do processo inovativo ganha centralidade em suas reflexões. Tal centralidade advém do fato de que a inovação provoca uma nova e diferente forma de utilização dos fatores de produção disponíveis na sociedade capitalista, constituindo, portanto, eventos decisivos na história econômica (SILVEIRA, 2001, p. 28; SZMRECSÁNYI, 2006, p. 121).

O progresso técnico depende intrinsecamente da função desempenhada por aquele que possui “energias”, “personalidade”, “aptidões” e “força de vontade” para “fazer coisas novas” e “conseguir que as coisas sejam feitas”. Esse sujeito empreendedor tem suas funções diminuídas na medida em que a inovação se rotiniza na grande empresa e se torna assunto de equipes de especialistas treinados que criam o que lhes é pedido e fazem-no funcionar de maneira previsível, tornando assim o progresso econômico como algo despersonalizado e automatizado (SCHUMPETER, 2008, pp. 132-133).

O que determina o progresso é a busca por lucros extraordinários, que lança empresas e empresários à competição e à inovação não só tendo em vista o barateamento de preços e processos, mas focando na “ameaça onipresente” provocada pelo “vendaval perene da destruição criadora” (Idem, p. 85).⁷⁴ A incessante revolução da estrutura econômica por dentro, carrega em si o processo de destruição criadora como fato essencial ao capitalismo.

⁷⁴ Como destaca Silveira (2001, p. 28), é interessante observar que, para Schumpeter, o novo não interessa como qualidade científica ou tecnológica. Sua função no sistema capitalista só tem relevância na medida em que exerce papel econômico, estimulado e gerenciado pelo empreendedor e não pelo técnico ou cientista. Neste sentido, só tem dimensão e relevância aquelas invenções que forem levadas à prática, tornando-se, portanto, uma inovação.

(Idem, p. 83) O progresso técnico apresenta-se para Schumpeter como consequência imediata da concorrência capitalista, nos seguintes termos (Idem, pp. 82-3):⁷⁵

Capitalism, then, is by nature a form or method of economic change and not only never is but never can be stationary. And this evolutionary character of the capitalist process is not merely due to the fact that economic life goes on in a social and natural environment which changes and by its changes alters the data of economic action; this fact is important and these changes (wars, revolutions and so on) often condition industrial change, but they are not its prime movers. Nor is this evolutionary character due to a quasi-automatic increase in population and capital or to vagaries of monetary systems of which exactly the same thing holds true. The fundamental impulse that sets and keeps the capitalist engine in motion comes from the new consumers' goods, the new methods of production or transportation, the new markets, the new forms of industrial organization that capitalist enterprise creates.

As ideias de Schumpeter tiveram tamanha amplitude e penetração no pensamento econômico que possibilitam compreender a inovação como um processo social (SZMRECSÁNYI, 2006, p. 127), bem como auxiliam na interpretação do progresso técnico de forma empírica, inclusive quanto ao contexto do progresso da nanotecnologia, como será feito mais adiante.

b. O DESAFIO FURTADIANO PARA A SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO

“É corrente que se subestime o papel das idéias na vida dos povos, e mais ainda na daqueles povos que vivem de importar idéias”

Celso Furtado, 1997a, p. 252.

Optamos pela abordagem do trabalho de Furtado, “o teórico do subdesenvolvimento” (OLIVEIRA, 2003. pp.11-18) circunscrita principalmente à sua produção durante a década de 1990, etapa em que seus trabalhos conseguiram condensar e apurar grande parte de suas reflexões sobre o Brasil ao longo de mais de meio século,

⁷⁵ Esta dinâmica, entretanto, possui seus limites, determinados pela ocorrência de três fatores centrais, como apontado pelo autor: (i) a obsolescência das funções empresariais; (ii) a destruição do quadro institucional da sociedade capitalista; e (iii) a destruição dos estratos protetores.

percorrendo desde a estruturação da teoria do subdesenvolvimento no Chile, com a Cepal, passando pelo período de exílio e terminando com o processo de reabertura política na década de 1980 e do liberalismo econômico das décadas de 1990 e 2000.

Ainda que tenha vivido sob a influência de diferentes *ares do mundo*, sua postura permaneceu intransigente quanto à dimensão e sentido dados à relação entre desenvolvimento⁷⁶ e subdesenvolvimento, que percorre praticamente toda a sua obra.⁷⁷ Para Furtado, a formação econômica contemporânea é fruto da história, história esta que nos divide entre centro e periferia, entre ricos e pobres. A organização das relações econômicas, sociais, políticas e culturais no mundo é condicionada por uma série de fatores, e aqui daremos ênfase ao progresso técnico e ao controle da tecnologia, também condicionado às esferas de poder controladas pelo centro (FURTADO, 2008, p. 4):

Hoje, faço uma reflexão complementar; o desenvolvimento dos países que estão na vanguarda do progresso tecnológico também parece haver tomado uma direção errada, que leva a outro tipo de bloqueio. (...) O fato é que a civilização industrial e o modelo de vida por ela engendrado têm um custo considerável em recursos não-renováveis. Generalizar este modelo para toda a humanidade, o que é a promessa do chamado desenvolvimento econômico, seria apressar uma catástrofe planetária que parece inevitável se não se mudar o curso dessa civilização.

Para melhor identificar o plano em que estamos trabalhando, é necessário percorrer parte dos conceitos-chave da obra de Furtado a fim de solidificar o essencial do

⁷⁶ Furtado discorre em toda sua obra sobre a caracterização e conceituação do desenvolvimento, sob vertentes e primas diversos. Para os fins deste trabalho, utilizaremos uma de suas reflexões que mais parece explicar este conceito em sua obra: “Sintetizando, o desenvolvimento tem lugar mediante aumento de produtividade do conjunto econômico complexo. Esse aumento de produtividade (e de renda per capita) é determinado por fenômenos de crescimento que têm lugar em subconjuntos, ou setores, particulares. As modificações de estruturas são transformações nas relações e proporções internas do sistema econômico, as quais têm como causa básica modificações nas formas de produção, mas que não se poderiam concretizar sem modificações na distribuição e utilização da renda. O aumento de produtividade física com respeito ao conjunto da força de trabalho de um sistema econômico só é possível mediante a introdução de formas mais eficazes de utilização dos recursos, as quais implicam, seja acumulação de capital, seja inovações tecnológicas, ou mais correntemente a ação conjugada desses dois fatores. Por outro lado, a realocação de recursos que acompanha o aumento do fluxo de renda é condicionada pela composição da procura, que é a expressão do sistema de valores da coletividade. Dessa forma, o desenvolvimento é ao mesmo tempo um problema de acumulação e progresso técnico, e um processo de expressão de valores.” FURTADO, C. **Teoria e política do desenvolvimento econômico**. 2000. pp. 103-104.

⁷⁷ “Se tivesse que singularizar uma idéia sintetizadora de minhas reflexões de economista sobre a história, diria que ela se traduz na dicotomia *desenvolvimento-subdesenvolvimento*, que utilizei como título do livro em que reuni meus primeiros ensaios de teoria econômica. A idéia de que pode haver crescimento sem desenvolvimento sempre esteve presente no centro de minha reflexão teórica.” FURTADO, C. **Em busca de um novo modelo – reflexões sobre a crise contemporânea**. 2002. p. 78.

desafio por ele proposto para a superação de nossa condição periférica: alcançar homogeneização social e a autonomia de nossos centros decisórios.

O desenvolvimento, como expõe Furtado, possui desafios centrais para a retomada do processo de “construção interrompida” que o Brasil atravessou, requerendo ações em três frentes: (a) reverter o processo de concentração patrimonial e de renda que está na raiz das malformações sociais que se observam no Brasil (“enfoque da habilitação”); (b) reverter o atraso nos investimentos no fator humano, na promoção do bem-estar da massa da população; e (c) desenvolver formas de inserção no processo de globalização, submetendo os fluxos monetários e financeiros a rigorosos constrangimentos, aperfeiçoando-se a ação estatal (FURTADO, 1999, pp. 32-7).

Estas ações desenvolvem-se como contraponto à forma de organização do excedente que caracterizou a produção de riqueza pelas elites brasileiras em praticamente toda a nossa história: sua relação com a tecnologia e o sentido dado a seu progresso, bem como a forma de utilização do excedente, comumente destinado à ampliação do consumo de acordo com os padrões existentes no centro. Esta dinâmica perversa interrompe com as possibilidades de alterações estruturais em nosso processo de formação (e desenvolvimento) da economia (Idem, p. 63):

Os dois fatores que viabilizam o desenvolvimento das forças produtivas foram o incremento da produtividade do trabalho social e a diversificação do consumo, vale dizer, o avanço tecnológico nos procedimentos produtivos e na concepção dos bens e serviços de consumo final. A divisão internacional do trabalho evoluiu no sentido de isolar esses dois processos. Um país que se especializasse na produção agrícola para a exportação teria, ainda que de forma limitada, acesso aos frutos do avanço tecnológico sob a forma de novos bens de consumo, sem ter que investir para elevar a produtividade física do trabalho.

A reflexão que se impõe sobre nosso modelo de desenvolvimento requer análise detida sobre as questões e disputas que estão evidenciadas na ordem econômica mundial, pois, como afirma Furtado (Idem, p. 91), talvez não se esteja a ponto de desfazer o processo de dependência de forma imediato, mas é possível começar a disciplinar o capital financeiro e o capital monetário. Uma das possibilidades que a atualidade nos coloca para contornar esta faceta de dominação seria o desenvolvimento de políticas industriais e a organização de sistemas nacionais de inovação, cuja orientação deve ser pautada em nossa ordem constitucional (Idem, pp. 95-6):

Hoje em dia, o que é desenvolver o Brasil? É desenvolver as empresas transnacionais que estão instaladas aqui? Elas estão crescendo, mas que parâmetros, que enquadramento são utilizados? Como é possível definir racionalidade se a economia se internacionalizou, se não há mais o marco nacional?

Diante das dificuldades de se afirmar o que é desenvolver o país, Furtado passa a atribuir crescente papel ao controle da técnica, além de buscar determinar o progresso técnico com vistas a encontrar respostas à questão social no Brasil. Assim, o autor afirma (1999, p.102):

O cerne da questão é definir que modelo de desenvolvimento vai se propor o Brasil para os próximos anos. (...) Criou-se a ilusão de que o Brasil deve alcançar a vanguarda em todos os setores. Mas é melhor fabricar automóveis acessíveis aos brasileiros do que lançar produtos de vanguarda que impõem técnicas poupadoras de mão-de-obra.

Parece-nos que, para Furtado, o desafio está em conectar o progresso técnico às demandas sociais, culturais e produtivas emanadas das decisões políticas tomadas pelo Brasil enquanto nação soberana.⁷⁸ Este processo está ligado à ideia que se tem do desenvolvimento e as implicações por este trazidas no bojo da sociedade (FURTADO, 2008, p. 63):

Em realidade, o que chamamos de desenvolvimento das forças produtivas na sociedade industrial é um duplo processo de transformação: no nível da utilização de recursos produtivos e no plano do comportamento dos agentes sociais. Mesmo que, do ponto de vista de um agente isolado, essas transformações assumam a forma de *economia de recursos*, globalmente elas operam no sentido de assegurar o prosseguimento da acumulação. Economizar recursos na produção de diligências não é fenômeno da mesma natureza que substituir as diligências pela estrada de ferro. Por outro lado, não seria possível produzir o material ferroviário com os mesmos instrumentos e técnicas utilizados na produção de diligências. As transformações inerentes ao processo de acumulação das forças produtivas são, necessariamente, inovadoras. Sem a economia de recursos (aumento de

⁷⁸ Neste mesmo sentido: “O controle e a orientação das inovações tecnológicas pela classe capitalista colocaram em suas mãos o instrumento necessário para regular, senão a curto, pelo menos a médio prazo, a oferta de mão-de-obra. Assim, orientando o desenvolvimento da tecnologia no sentido de multiplicar mecanismos que poupassem mão-de-obra, ou substituíssem trabalho por capital, a classe capitalista pôde compensar a tendência à escassez relativa da força de trabalho, preservando o esquema de distribuição da renda social estabelecido na época anterior de grande abundância de mão-de-obra.” FURTADO, C. **Raízes do Subdesenvolvimento**. 2003. p. 93.

eficiência) e modificação dos padrões de consumo (diversificação da produção), a acumulação das forças produtivas tenderia a um ponto de saturação. (...) Existe, portanto, nas sociedades surgidas do capitalismo industrial, uma relação estrutural entre o grau de acumulação alcançado, o grau de sofisticação das técnicas produtivas e o nível de diversificação dos padrões de consumo dos indivíduos e da sociedade.

Partindo desta reflexão, passaremos a abordar quatro aspectos centrais para a colocação do *desafio furtadiano*, relacionados à emergência da civilização industrial ao longo do século XIX e ao nosso condicionamento como nação periférica e dependente, passando pela centralidade da criatividade como fator diferencial de nosso processo de desenvolvimento - criatividade esta que deve visar à criação de um sistema nacional de inovação interessado e orientado para a periferia.

i. A CIVILIZAÇÃO INDUSTRIAL E O REFORÇO ÀS CONDIÇÕES PERIFÉRICA E DEPENDENTE

De acordo com o pensamento de Furtado, nosso olhar sobre o país deve ser construído a partir da dimensão histórico-estruturalista, que nos permita identificar no passado aquilo que determina e condiciona nossa presente estrutura política, social e econômica. Desde a escola cepalina, temos que um elemento marcante de nossa realidade enquanto nação foi determinado pela forma em que nos inserimos e reproduzimos a civilização industrial, como definido por Furtado (1985, p. 152):

O que vimos chamando de civilização industrial não é senão a resultante de certa orientação da criatividade humana, orientação que favorece a acumulação e conduz à reprodução de certas estruturas sociais. O produto da criatividade assim orientada é a técnica moderna, ingrediente nobre do processo de acumulação. Aqueles que a controlam ocupam posições dominantes na luta pelo excedente. Enfrentar essas posições na esfera internacional, mediante a utilização de combinações adequadas de outros recursos, ou de massa crítica de certos deles, é a essência da luta contra a dependência. (1985, p. 152)

Mais à frente, na mesma obra, Furtado indica que a civilização industrial é resultante da convergência de dois processos de criatividade cultural: a revolução burguesa e a revolução científica. Para o autor, a revolução burguesa deve ser entendida como a

“imposição da racionalidade instrumental à organização da produção” e revolução científica como a “predominância da visão da natureza como sistema dotado de uma estrutura racional, escrita em caracteres geométricos, segundo a expressão de Galileu”. No entanto, a interação entre esses dois processos está longe de ser evidente (Idem, p. 196).

Por esta passagem, temos claro que a civilização industrial é a expressão da orientação que as nações deram à criatividade humana.⁷⁹ A utilização e o controle desta criatividade, em uma ou outra direção, condiciona o progresso técnico⁸⁰ mundial, determina vencedores e vencidos, bem como a forma como cada nação participa da divisão internacional do trabalho. A forma como se deu a propagação do progresso técnico dos centros industrializados à periferia da economia mundial engendrou um sistema de divisão internacional do trabalho que opera como mecanismo de concentração dos frutos do progresso técnico naqueles centros industrializados (FURTADO, 1991, pp. 65-74). Neste sentido, a Revolução Industrial confunde-se com a fixação definitiva dessa nova ordem social, na qual não somente a força física, mas também a capacidade intelectual do homem tende a se subordinar crescentemente a critérios mercantis (Idem, p. 61).

O produto do trabalho é então apropriado por organizações privadas (empresas nacionais, multinacionais etc.) ou pelo Estado (empresas públicas, administração direta ou indireta etc.) a partir dos instrumentos por eles manejados, processo que gera o excedente.⁸¹ É este excedente que, então, passa a ser objeto de disputa política e de apropriação entre Estados a fim de reorientar ou recondicionar o processo de desenvolvimento ou modernização de determinado país, central ou periférico.⁸²

Tais fatores denotam a importância dada pelo autor aos limites impostos pelo progresso técnico ao processo de desenvolvimento. Este estado de dependência nas relações

⁷⁹ Em outra passagem: “A história da civilização industrial pode ser lida como uma crônica do avanço da técnica, ou seja, da progressiva subordinação de todas as formas de atividade criadora à racionalidade instrumental.” FURTADO, C. **Criatividade e Dependência na Civilização Industrial**. 2008, p. 113.

⁸⁰ Furtado define progresso técnico como sendo a “introdução de novos processos produtivos capazes de aumentar a eficiência na utilização de recursos escassos e/ou a introdução de novos produtos capazes de ser incorporados à cesta dos bens de consumo.” FURTADO, C. **O mito do desenvolvimento econômico**. 1971, p. 98.

⁸¹ Definido como “todos os recursos de que dispõe uma sociedade além daqueles de que necessita para reproduzir-se, adotando-se como parâmetro para medir o custo dessa reprodução o nível de vida da massa da população.” FURTADO, C. **Criatividade e Dependência na Civilização Industrial**. 2008, p. 165.

⁸² A centralidade da política na disputa pela superação das condições periférica e dependente pode ser extraída deste trecho da obra de Furtado: “A abdicação diante do Estado significa a destruição do único espaço em que na civilização industrial floresceu autêntica atividade criadora, que é o da política. Se criatividade é liberdade, em nossa época a única forma autêntica de liberdade é a política.” Op. Cit., p. 212.

do centro e da periferia se inicia com a Revolução Industrial, que condiciona não só a forma da divisão internacional do trabalho, como determina as relações (econômicas, sociais e culturais) entre os países do globo – divididos entre aqueles que detêm e os que não detêm condições de acessar a civilização industrial. O rápido processo de acumulação inerente a esta civilização possibilitou que alguns povos da Europa submetessem quase a totalidade do planeta a seu controle (FURTADO, 2008, p. 65):

A história moderna e contemporânea é em grande parte um reflexo dessa empresa de dominação planetária e do esforço inverso dos povos dominados para liberar-se. (...) Para escapar à dominação externa foi necessário antecipar-se no esforço de assimilação, ainda que parcial, das técnicas da civilização industrial. Liberar-se dessa dominação, que tenderia a assumir formas cada vez mais sutis no campo econômico, é a difícil tarefa que atualmente enfrentam os povos que se identificam como pertencendo a um Terceiro Mundo. (Idem, p. 65)

A origem deste processo está na ruptura da economia mundial provocada pela Inglaterra, que passou a condicionar o desenvolvimento econômico subsequente em quase todas as regiões da Terra. Este “núcleo dinâmico” da empresa capitalista inglesa organizou sua atuação em direção à subordinação das economias pré-capitalistas, dando origem às relações entre o centro e a periferia condicionadas pelo modelo de produção industrial. (FURTADO, 1961).

Observamos que Furtado, ao longo de sua obra, passa a dar crescente importância à questão tecnológica, que passa a compor papel central no desenvolvimento das forças produtivas nesta etapa da evolução capitalista, engendrando um duplo processo de transformação, tanto no nível de utilização dos recursos produtivos, como no comportamento dos agentes sociais. A forma de relacionamento entre estes elementos passa a responder a uma nova dinâmica (FURTADO, 2008, p. 64):

Mesmo que, do ponto de vista de um agente isolado, essas transformações assumam a forma de *economia de recursos*, globalmente elas operam no sentido de assegurar o prosseguimento da acumulação. Economizar recursos na produção de diligências não é fenômeno da mesma natureza que substituir as diligências pela estrada de ferro. Por outro lado, não seria possível produzir o material ferroviário com os mesmos instrumentos e técnicas utilizados na produção de diligências. As transformações inerentes ao processo de acumulação das forças produtivas são, necessariamente, inovadoras. Sem a economia de recursos (aumento de eficiência) e modificação dos padrões de consumo (diversificação da produção), a acumulação das forças produtivas tenderia a um ponto de saturação. (...)

Existe, portanto, nas sociedades surgidas do capitalismo industrial, uma relação estrutural entre o grau de acumulação alcançado, o grau de sofisticação das técnicas produtivas e o nível de diversificação dos padrões de consumo dos indivíduos e da sociedade.

O subdesenvolvimento origina-se da forma de interação de determinadas economias com o centro: a expansão industrial para regiões de natureza pré-capitalista já ocupadas de forma não uniforme determinou a criação de estruturas econômicas e sociais híbridas, uma parte que tendia a se comportar como um sistema capitalista, e outra a se manter dentro da estrutura preexistente. Esse tipo de economia dualista constitui, especificamente, o fenômeno do subdesenvolvimento (Idem, pp.161-4):

O subdesenvolvimento é, portanto, um processo histórico autônomo, e não uma etapa pela qual tenham, necessariamente, passado as economias que já alcançaram grau superior de desenvolvimento. (...) O dinamismo da economia capitalista resulta, em última instância, do papel que nela desempenha a classe empresarial à qual cabe utilizar de forma reprodutiva uma parte substancial da renda em permanente processo de formação. [o consumo da classe capitalista é] o elemento mais estável no dispêndio da coletividade. (...) Assim sendo, o que garante o dinamismo à economia capitalista é a forma como se utiliza a massa de renda que reverte aos empresários e que estes poupam. Ora, trata-se de uma parcela que não se vincula à região onde está localizada a empresa: sua utilização depende, quase exclusivamente, das condições prevalecentes na economia a que pertence o capital. (...) Com efeito, numa substancial proporção, a massa de poupança que todos os anos a economia inglesa necessita de transformar em capacidade produtiva deriva de rendas provenientes de empresas em todas as partes do mundo. (...) O deslocamento da fronteira econômica europeia traduziu-se, quase sempre, na formação de economias híbridas em que um núcleo capitalista passava a coexistir, pacificamente, com uma estrutura arcaica.

A partir do momento em que a civilização industrial passa a ser culturalmente hegemônica, os países retardatários deste processo passam a organizar “vias de acesso” diretas ou indiretas a esta civilização, como feito pelo Japão ao longo da Era Meiji (Idem, p. 90). Na periferia, especialmente no Brasil, o quadro híbrido de convivência dos modelos acentua-se (Idem, p. 71):

(...) diversificavam-se os padrões de consumo na ausência quase total de evolução das técnicas produtivas (...) *modernizavam-se* certos padrões de consumo e acumulava-se de preferência fora do sistema produtivo: na infraestrutura urbana e em bens de consumo duráveis importados. À via de acesso indireta à civilização industrial deve-se a ruptura estrutural ‘centro-periferia’

que marcaria definitivamente a evolução do capitalismo. Os limites do ‘acesso indireto’ não tardaram a manifestar-se, como também se manifestaram os obstáculos interpostos a toda tentativa para romper os vínculos de dependência. (p. 71)

Nesta estrutura híbrida, a economia subdesenvolvida reúne, ao mesmo tempo, diversas formas organizativas, que convivem em seus estágios diferentes de *modernização* e condicionam as relações internas e externas. Como destaca Furtado (Idem, p. 171), o caso brasileiro é daqueles mais complexos, em que a economia apresenta três setores bastante diferentes entre si: a economia de subsistência, outro voltado sobretudo para a exportação e o terceiro dedicado ao mercado interno, “suficientemente diversificado para produzir parte dos bens de capital de que necessita para seu próprio crescimento”.

Este último se desenvolve pela substituição de importações, orientado pela modernização, em permanente competição com o produto estrangeiro. Desta conturbada relação, a maior preocupação da indústria local é produzir bens similares aos importados, adotando métodos produtivos que habilitem a indústria local a competir com o produtor estrangeiro. Tal dinâmica faz que a estrutura de preços interna se assemelhe àquela existente nos países de alto grau de industrialização, fato que condiciona o sentido das inovações tecnológicas, como explica Furtado (Idem, p. 172):

As inovações tecnológicas que se afiguram mais vantajosas são aquelas que permitem aproximar-se da estrutura de custos e preços dos países exportadores de manufaturas, e não as que permitam uma transformação mais rápida da estrutura econômica, pela absorção do setor de subsistência. O resultado prático disso – mesmo que cresça o setor industrial ligado ao mercado interno e aumente sua participação no produto, mesmo eu cresça, também, a renda per capita do conjunto da população – é que a estrutura ocupacional do país se modifica com lentidão. O contingente da população afetada pelo desenvolvimento mantém-se reduzido, declinando muito devagar a importância relativa do setor cuja principal atividade é a produção para subsistência. (...) o subdesenvolvimento requer um esforço de teorização autônomo. (Idem, p. 172)

A direção dada ao progresso técnico, orientado para a reprodução dos padrões de consumo do centro, impõe dificuldades ao processo de desenvolvimento, identificado por Furtado como “desequilíbrio ao nível dos fatores” (FURTADO, 1974, p. 88):

Em síntese: miniaturizar, em um país periférico, o sistema industrial dos países cênicos contemporâneos, onde a acumulação de capital alcançou

níveis muito mais altos, significa introduzir no aparelho produtivo uma profunda descontinuidade causada pela coexistência de dois níveis tecnológicos. (...) o chamado “desequilíbrio ao nível dos fatores” deve ser considerado como inerente à economia subdesenvolvida que se industrializa. (1974, p. 88)

Assim, temos que nosso modelo de industrialização periférica não poderá realizar-se na conformidade do modelo que conheceram os atuais centros industriais, seja pela escassez de capital, seja pela competição tecnológica cujo alvo móvel sempre permanece distante, condicionado pela apropriação da tecnologia como elemento central da disputa econômica. A tecnologia atualmente disponível corresponde às necessidades de economias de elevados níveis de produtividade e poupança, e os padrões de consumo que se universalizam correspondem a altos níveis de renda (FURTADO, 1991).

Como trabalhado por Albuquerque (2007), o progresso técnico desta forma orientado nos conduziu a uma “inadequação tecnológica”. A simples reprodução dos padrões de consumo e de tecnologia do centro para a periferia tem diversos impactos negativos na economia brasileira. Furtado indica que o primeiro deles refere-se à limitação do processo de transformação social e o forte viés de *modernização* contido nos avanços tecnológicos experimentados na periferia (2008, p. 81-2):

O fluxo de inovações na esfera do consumo torna fictícia a ascensão social, mas a difusão de certas inovações permite que se diversifiquem os padrões de consumo da grande maioria da população. A interdependência entre os sistemas de estímulos, que opera no nível dos indivíduos, e o fluxo de inovações, que estimula a acumulação, faz com que a civilização industrial tenda implacavelmente a manter a sociedade estratificada em função de padrões de consumo. (...) Ora, esses incentivos amarrados aos interesses individuais encontram uma fórmula eficaz no sistema de ascensão social fictícia: no horizonte de ‘necessidades’ a satisfazer que se distancia sempre. Compreende-se, portanto, que as experiências históricas de aceleração voluntarista da acumulação hajam tendido a utilizar os caminhos já abertos pelas economias capitalistas industrializadas, e que a civilização industrial haja permanecido em essência uma só.

Além disso, Furtado aponta para a ingenuidade com que foi tratado o desenvolvimento tecnológico no Brasil durante um longo período, inviabilizando a construção de uma mentalidade industrial preocupada com a produção e o controle tecnológico (1997b, p. 60):

A forma como se deu no Brasil o ciclo de industrialização apoiada na formação do mercado interno restringiu a área de iniciativa empresarial no campo tecnológico. Prevaleceu a mentalidade de que a tecnologia é algo que está à venda num supermercado internacional, quando não se pactuou tacitamente com um sistema de divisão internacional do trabalho que a empresa local, subsidiária, recebe o produto tecnológico da casa-matriz. Pode-se argumentar que o Estado se omitiu ou não fez o esforço necessário para a criação local de tecnologia. Mas isso não anula o fato de que o modo de industrialização contribuiu para formar uma mentalidade industrial pouco inclinada à iniciativa no campo da produção tecnológica.

Como aponta Silveira (2001, p. 6) a questão da inserção brasileira na civilização industrial pode ser abordada por duas vertentes, ambas relacionadas à dimensão centro-periferia do pensamento cepalino: a inadequação tecnológica de sistemas produtivos voltados à economia de trabalho e a assim denominada ‘deterioração dos termos de troca’, uma vez que os produtos dos países centrais não transferiam via preços os benefícios do progresso técnico lá ocorrido, negando dogma central do liberalismo da época.

Assim, o caminho da industrialização preconizado por Furtado e pelos autores cepalinos indicava para o rompimento das duas restrições, no sentido de alterar o quadro modernizador proibitivo experimentado na periferia, em que o item mais escasso não é a mão de obra, mas sim o capital. Esta forma de inserção no mapa internacional reforça nossa condição dependente, colocando-nos diante de um panorama dificilmente reversível, conforme aponta Furtado (1974, p. 87):

Como a pressão no sentido de acompanhar a renovação dos padrões de consumo no centro se mantém, surge uma tendência à concentração da renda com reflexos nas estruturas sociais, as quais tendem a assemelhar-se às dos países tipicamente subdesenvolvidos. Este ponto põe em evidência que o fenômeno que chamamos dependência é mais geral do que o subdesenvolvimento. Toda economia subdesenvolvida é necessariamente dependente, pois o subdesenvolvimento é uma criação da situação de dependência. Mas nem sempre a dependência criou as formações sociais sem as quais é difícil caracterizar um país como subdesenvolvido. Mais ainda: a transição do subdesenvolvimento para o desenvolvimento é dificilmente concebível, no quadro da dependência. Mas o mesmo não se pode dizer do processo inverso, se a necessidade de acompanhar os padrões de consumo dos países cênicos se alia a uma crescente alienação de parte do excedente em mãos de grupos externos controladores do aparelho produtivo. O fenômeno da dependência se manifesta inicialmente sob a forma de imposição externa de padrões de consumo que somente podem ser mantidos mediante a geração de um excedente criado no comércio exterior. É a rápida diversificação desse setor do consumo que transforma a dependência em algo dificilmente reversível.

Esta afirmação nos deixa diante de uma nova dimensão do desafio furtadiano, relacionada à necessidade de incorporar ao nosso modelo produtivo uma opção ao padrão civilizatório propagado pelo centro, voltado principalmente à questão social, visto que “desenvolvimento no Brasil, hoje em dia, é essencialmente resolver o problema social” (FURTADO, 2003, p. 14). A orientação dada pela elite brasileira ao progresso técnico é incompatível com o projeto de desenvolvimento emanado por Furtado (1974, p. 90), revelando nova faceta desta disputa (2008, p. 93):

Toda tentativa visando a retomar o processo de expansão do excedente pressupunha modificações na estrutura da acumulação, em detrimento do padrão de vida de importantes grupos de população, o que teria necessariamente de suscitar fortes resistências. (...) não deixa de ter valor ilustrativo, pois desnuda o fundo de um problema comum a todos os países que enveredaram pelo acesso indireto à civilização industrial.

Furtado indica que as condições de acesso à civilização industrial são limitadas pela maneira como um país periférico e dependente organiza sua forma de inserção, visto que a tentativa de reproduzir seus valores materiais somente faz persistir as relações de dependência, dada as determinantes estruturais deste processo (Idem, p. 146):

A dependência deve ser percebida inicialmente como um conjunto de traços estruturais que emergem da história: a forma de inserção no sistema de divisão internacional do trabalho gerando um atraso relativo no desenvolvimento das forças produtivas, a industrialização ditada pela modernização reforçando as tendências à concentração de renda; a necessidade de importar certas técnicas facilitando o controle das atividades econômicas pelas empresas transnacionais. Somente numa segunda leitura é que a dependência deve ser entendida como uma posição fraca ou subordinada nas confrontações que conduzem à fixação dos preços internacionais e, por último, determinam a aproximação do excedente gerado pela divisão internacional do trabalho. (...) A acumulação, que possibilita a elevação do nível técnico, constitui via de regra uma condição necessária para reduzir a dependência, mas está longe de ser condição suficiente.

Assim, devemos conjugar a dimensão do desenvolvimento propagado pela civilização industrial com as limitações impostas pela forma dependente como o Brasil se inseriu no processo evolutivo do capitalismo contemporâneo. Combinação de fatores aponta para a necessidade de se repensar o modelo de desenvolvimento imaginado para a periferia, como colocado por Furtado (1974, pp. 74-5):

Temos assim a prova definitiva de que o *desenvolvimento econômico* – idéia de que os *povos pobres* podem algum dia desfrutar das formas de vida dos atuais *povos ricos* – é simplesmente irrealizável. Sabemos agora de forma irrefutável que as economias da periferia nunca serão *desenvolvidas*, no sentido de similares às economias que formam o atual centro do sistema capitalista. Mas como negar que essa idéia tem sido de grande utilidade para mobilizar os povos da periferia e levá-los a aceitar enormes sacrifícios, para legitimar a destruição de formas de cultura *arcaicas*, para *explicar* e fazer *compreender* a *necessidade* de destruir o meio físico, para justificar formas de dependência que reforçam o caráter predatório do sistema produtivo? Cabe, portanto, afirmar que a idéia de desenvolvimento econômico é um simples mito. Graças a ela tem sido possível desviar as atenções da tarefa básica de identificação das necessidades fundamentais da coletividade e das possibilidades que abre ao homem o avanço da ciência, para concentrá-las em objetivos abstratos como são os investimentos, as *exportações* e o *crescimento*. (grifos do autor)

Com isso, temos que o processo superação da condição dependente está também condicionado à forma como a acumulação ocorre dentro do ambiente institucional do país e à relação que este mesmo país tem com a apropriação do desenvolvimento tecnológico e os sentidos de seu uso. Furtado identifica uma elevada correlação existente entre o nível de acumulação e o grau de autonomia tecnológica de determinada nação (Idem, p. 147). A luta contra a dependência situa-se no controle ou na maior autonomia quanto aos “recursos reais de poder” existentes atualmente, como identifica Furtado (Idem, p. 150-151 – grifos nossos):

As forças subjacentes às relações econômicas internacionais se transformaram em um tecido de tal maneira complexo que já não é fácil distinguir nelas o que é importante do que é secundário. (...) Contudo, por trás desses “jogos” (...) estão os recursos reais de poder em que se apóia a ação a longo prazo. (...) Dentre os recursos de poder em que assenta a chamada ordem econômica internacional, têm particular relevância: *a) o controle da tecnologia; b) o controle das finanças; c) o controle dos mercados; d) o controle do acesso às fontes de recursos não renováveis; e e) o controle do acesso à mão-de-obra barata*. Esses recursos, reunidos em quantidades ponderáveis e/ou combinados em doses diversas, originam posições de força que ocupam os Estados ou os grandes grupos econômicos na luta pela apropriação do excedente gerado pela economia internacional. Essas posições de força tendem a *ordenar-se*, produzindo uma estrutura. **A luta contra a dependência não é outra coisa senão um esforço de países periféricos para modificar essa estrutura. (...) Dos recursos de poder referidos, o primeiro – o controle da tecnologia – constitui atualmente a trava mestra da estrutura de poder internacional.** Reduzida a suas últimas conseqüências, a luta contra a dependência vem a ser um esforço para anular os efeitos do monopólio desse recurso detido pelos países centrais. **É que a tecnologia possui a virtualidade de, por uma ou outra forma, substituir-se a todos os demais recursos de poder. Não é demais lembrar que a tecnologia constitui na civilização industrial a expressão**

final da criatividade humana. (...) todas as demais formas de criatividade foram progressivamente postas a seu serviço.

Assim, o autor aponta o cerne da realidade histórica a se ter em conta para a elaboração de qualquer reflexão sobre o mundo contemporâneo: pensar na civilização industrial como uma disputa entre os povos em “adquirir ou preservar o domínio desse fabuloso acerto de técnicas que emergiram”, sendo que um grupo desses países ocupa (e controla) há tempos o papel central no processo de acumulação de excedente, o principal vetor do avanço do progresso técnico (Idem, p. 123). Este processo deve ser observado em consonância com a relativa perda de eficácia das formas tradicionais de luta de classes assalariadas e declínio do Estado como centro impulsor e regulador do sistema econômico (Idem, p. 130).

Podemos apontar que a disputa por estes recursos de poder passou a constituir instrumento especial nas relações centro-periferia. A tecnologia é apontada por Furtado como o recurso mais nobre e, portanto, fruto da primeira relação de dependência entre centro e periferia (Idem, p. 160):

Os recursos de poder referidos não devem ser considerados no mesmo plano. Em graus diversos, quase todos eles já vêm sendo utilizados há bastante tempo por muitos países periféricos. Mas só recentemente estão sendo utilizados de forma articulada com o objetivo explícito de modificar a ordenação das relações internacionais em benefício de países de economia dependente. Como a tecnologia é o recurso mais nobre (na prática substitui os demais sem por eles ser substituída) e aquele que é monopolizado pelos países centrais, pode-se afirmar que a *dependência* é primeiramente *tecnológica*. Reunir outros recursos de poder para neutralizar ainda que parcialmente o peso da dependência tecnológica – eis a essência do esforço que realizam os países periféricos para avançar pela via do *desenvolvimento*. (...) A luta contra a dependência começa em geral pela reivindicação do controle das próprias fontes de recursos não renováveis. Em seguida ela assume a forma de ocupação de posições que permitem controlar, ainda que parcialmente, o acesso ao mercado interno. Das vitórias alcançadas nessas duas frentes surge a massa crítica de recursos financeiros, que permite consolidar as posições ganhas e ampliar a frente de ação. A luta na frente tecnológica somente se torna viável quando foi assegurado o controle de importantes segmentos do mercado interno e reunida uma massa crítica de recursos financeiros. (p. 160)

Em seguida, Furtado passa a defender formas de se alcançar autonomia tecnológica como eixo central da reconquista do desenvolvimento (Idem, p. 161):

De uma maneira imediata, trata-se de criar vínculos de autêntica interdependência sem dispor de autonomia tecnológica, de tentar modificar a orientação da tecnologia sem ter o controle desta. Somente de posições mais avançadas e sólidas será possível visar a objetivos mais ambiciosos, como o de instilar uma nova lógica de fins no processo de acumulação, como o de resgatar a criatividade da tutela que sobre ela exerce atualmente a racionalidade instrumental.

Desta forma, pudemos observar que a emergência da civilização industrial condiciona o relacionamento entre centro e periferia a partir do controle de recursos reais de poder, especialmente a tecnologia. A superação do subdesenvolvimento passa necessariamente pela centralidade do papel do Estado em retomar a orientação do progresso técnico, com vistas a planejar o desenvolvimento tecnológico desde uma perspectiva que atenda à questão social. Esta sucessão de decisões e orientações, embora possa parecer *lógica* para alguns, só é possível quando se tem dimensão da centralidade da política como condutora do processo (FURTADO, 1999, p. 53):

Em uma economia de mercado só é possível deter as tendências estruturais ao centralismo econômico mediante ação política, a qual requer uma visão ampla do processo social. Somente a vontade política pode evitar que a difusão da racionalidade econômica venha transformar um tecido social diversificado num amálgama de consumidores passivos. (...) O problema institucional maior que se coloca à sociedade brasileira é exatamente esse de estimular a capacidade criativa em todos os segmentos, capacidade que entre nós tem raízes regionais.

Dentro desta dimensão política e do protagonismo do Estado no alcance de tais finalidades, a criatividade aparece como elemento central nas obras da década de 1990 de Furtado, como passaremos a analisar (Idem, p. 79):

Algo é fundamental: o planejamento não deve destruir as raízes da criatividade. (...) Seja qual for seu nível de desenvolvimento, uma sociedade só se transforma se tiver capacidade para improvisar, inovar, enfrentar seus problemas da maneira mais prática possível, mas numa perspectiva racional.

ii. A CRIATIVIDADE COMO ELEMENTO-CHAVE PARA A SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO

Ter ou não ter acesso à criatividade, eis a questão.

Celso Furtado, *Criatividade e Dependência*, p. 67

Neste item, trabalharemos como pano de fundo a disputa entre modelos de desenvolvimento social e cultural no país: de um lado, temos a indústria transnacional de cultura, instrumento de modernização dependente; de outro, a incipiente autonomia criativa de uma classe média assediada pelos valores que veicula essa indústria, mas conservando uma face voltada para a massa popular, que sofre crescentemente ameaça de descaracterização:

Resta saber quais são os povos que continuarão a contribuir para esse enriquecimento e quais aqueles que serão relegados ao papel passivo de simples consumidores de bens culturais adquiridos nos mercados.

A epígrafe contribui para demonstrar a importância dada por Furtado à criatividade, como possibilidade de se romper as amarras da dependência. Este processo está conectado à necessidade de se desenvolver autonomia decisória (e tecnológica) capaz de não nos fazer perder o “bonde da industrialização” (FURTADO, 2008, p. 111):

Mas o esforço para dotar o país de uma autêntica infra-estrutura industrial – para articular o conjunto das atividades econômicas em torno de centros autônomos de decisão – seria modesto em suas pretensões e chegava tarde para romper as amarras da dependência. (...) Qualquer que sejam as antinomias que se apresentem entre as visões da história que emergem em uma sociedade, o processo de mudança social que chamamos desenvolvimento adquire certa nitidez quando o relacionamos com a idéia de criatividade.

Para Furtado (2008, pp. 111-112), a criatividade⁸³ figura como novo excedente, constituindo, portanto, um desafio à inventividade. Esta se caracteriza em uma dupla dimensão de força geradora de novo excedente e impulso criador de novos valores culturais, processo esse que libera energias humanas e constitui a fonte última do que entendemos por desenvolvimento. No entanto, este capital que ainda resta às economias

⁸³ “a faculdade humana de interferir no determinismo causal, enriquecendo com novos elementos um qualquer processo social. Quando o ato inovador alcança certa ponderação, ou quando convergem vários atos inovadores, surgirá a descontinuidade estrutural. A faculdade inovadora (criatividade) da qual existe plena evidência no plano sociológico, assumiria assim estatuto no plano lógico.” FURTADO, op.cit., pp. 216-7.

subdesenvolvidas deve ser libertado de uma subjugação burguesa, que ascendeu a criatividade à posição de destaque somente enquanto aspecto evolutivo da ciência (Idem, pp. 114-5):

Os impulsos fundamentais do homem, gerados pela necessidade de auto-identificar-se e de situar-se no universo – impulsos que são a matriz da atividade criativa: a reflexão filosófica, a meditação mística, a invenção artística e a pesquisa científica básica –, de uma ou outra forma foram subordinados ao processo de transformação do mundo físico requerido pela acumulação. Atrofiaram-se os vínculos da criatividade com a vida humana concebida como um fim em si mesma, e hipertrofiaram-se suas ligações com os instrumentos que utiliza o homem para transformar o mundo. (...) Na economia capitalista o processo de acumulação marcha sobre dois pés: a inovação, que permite discriminar entre consumidores, e a difusão, que conduz à homogeneização de certas formas de consumo. Ao consumidor cabe um papel essencialmente passivo: a sua *racionalidade* consiste exatamente em responder “corretamente” a cada estímulo a que é submetido. As inovações apontam para um nível mais alto de gastos, que é a marca distintiva do consumidor privilegiado. Mas o padrão inicialmente restritivo terá de ser superado e difundido, a fim de que o mercado cresça em todas as dimensões. As leis desse crescimento condicionam a criatividade.

Com esta crítica à forma como a criatividade foi absorvida pela racionalidade inerente à revolução burguesa, Furtado também reflete sobre a forma como a criatividade humana foi colocada a serviço do processo de acumulação (Idem, p. 117):

De maneira geral, todas as formas que assume a criação humana podem ser postas a serviço do processo de acumulação. Mas são aqueles cujos resultados são por natureza cumulativos – a ciência e a tecnologia – que melhor satisfazem as exigências desse processo, o que lhes vale o lugar privilegiado que ocupam na civilização industrial. *Mutatis mutandis*, sem a subordinação da ciência e da tecnologia ao processo de acumulação, este [o processo de acumulação] jamais teria alcançado a intensidade que o caracteriza. (...) Posta a serviço da acumulação e orientada para produzir resultados cumulativos, a criatividade conheceu uma expansão fabulosa, dando origem a uma civilização em que os homens são expostos, em uma fração de suas vidas, a mais inovações do que conhecera a humanidade em toda a sua história anterior (Idem, p. 117)

O autor insere estas reflexões como resposta à pergunta central deste trabalho, elaborada da seguinte forma: que opções se apresentam aos países que sofreram a deformação do subdesenvolvimento, em face das presentes tendências do sistema capitalista? (Idem, p. 19). Dentro desta dinâmica e da velocidade assumida pela criatividade *subjugada* pela civilização industrial, o autor destaca novamente a importância da atividade política como o

único processo capaz de canalizar as forças criadoras para os fins da vida social (Idem, p. 118).

Uma resposta a este desafio relaciona-se com a formação dos *sistemas econômicos nacionais*, que repercutiu significativamente na evolução do capitalismo industrial, sistema este sempre derivado de uma política deliberadamente concebida para determinados fins. O autor aponta para uma das questões centrais que hoje orbitam a estrutura das políticas industriais brasileiras, quanto à questão do controle da tecnologia e a propriedade dos bens de produção, sempre tendo em vista o papel que hoje ocupam as transnacionais e o controle que exercem sobre o sistema de propriedade intelectual.

Assim, o viés do progresso técnico deve estar condicionado à operacionalização de instrumentos capazes de articular a criatividade para a superação das barreiras da dependência, de forma autônoma. Instrumentos como o licenciamento ou a transferência de tecnologia devem ser analisados desde esta perspectiva, sem subordinação da criatividade à “lógica dos meios”, como proposto por Furtado (2008, p. 207):

O fluxo de inovações que caracteriza essa economia é visto como um continuado esforço para ampliar o horizonte de possibilidades do homem e liberá-lo das peias que o submetem à natureza. Colocar a serviço da satisfação das necessidades humanas a vontade de poder do homem: eis o projeto de ordem social subjacente à economia de mercado que alcançou plena maturidade no século XIX. Ora, uma observação mais atenta desse sistema logo põe em evidência que nele a criatividade está subordinada à lógica dos meios, pois o conceito de necessidade humana não possui significado preciso e definido à conveniência desses meios. Dessa forma, a liberdade assume o caráter de instrumento. Assim, a criação científica tende à subordinar-se às conveniências da inovação técnica, e a criação tecnológica, às conveniências do processo de acumulação.

O processo criativo de uma nação, portanto, deve estar livre não só para enxergar as amarras que o aprisionam nas condições periférica e dependente, mas também para desenvolver instrumentos capazes de fazê-la escapar desta engrenagem. A dificuldade desta libertação escora-se principalmente no domínio que a lógica da acumulação opera sobre os demais instrumentos de ação à disposição do Estado (FURTADO, 2008, p. 211). Este processo de domínio e liberação da criatividade exige do Estado a capacidade de exercer autonomamente o controle sobre as atividades econômicas (Idem, p. 213-4).

Com estas afirmações pretendemos chegar ao ponto central da contribuição furtadiana quanto à forma de utilização da política e da criatividade com sentidos emancipatórios (Idem, p. 215):

Da mesma maneira como sempre se admitiu sem discussão que só a acumulação é capaz de solucionar os problemas por ela criados, também se postula que só da ciência e da técnica poderão vir autênticas soluções para os problemas que elas mesmas vão engendrando. Por trás dessas afirmações aponta a orelha da ideologia do progresso: nossa civilização seria uma subida contínua, ainda que não linear, na direção de um mundo melhor. Se vamos um pouco mais longe, logo percebemos que o problema não está propriamente na ciência e na tecnologia, e sim na visão do mundo que domina uma civilização, contexto que condiciona a criatividade do homem e baliza o desenvolvimento da ciência e da tecnologia (Idem, p. 215).

Sobre a relação entre o papel político e a utilização do processo criativo emancipador, merece destaque este outro trecho da obra furtadiana (1999, p. 53):

Em uma economia de mercado só é possível deter as tendências estruturais ao centralismo econômico mediante ação política, a qual requer uma visão ampla do processo social. Somente a vontade política pode evitar que a difusão da racionalidade econômica venha transformar um tecido social diversificado num amálgama de consumidores passivos. (...) O problema institucional maior que se coloca à sociedade brasileira é exatamente esse de estimular a capacidade criativa em todos os segmentos, capacidade que entre nós tem raízes regionais.

No entanto, devemos ter claro que o processo político, o qual na superação do subdesenvolvimento está diretamente relacionado à utilização de mecanismos de planejamento, não pode destruir as raízes da criatividade, excedente humano fundamental à melhoria dos níveis de desenvolvimento do país. Como proposto por Furtado, a criatividade é um modo de ação, uma capacidade de enfrentar os problemas da forma mais prática possível, capaz de fazer enxergar, no problema, a raiz de sua solução. Não podemos olvidar que este processo criativo não *brota*, mas decorre da história e da estrutura em que se insere o país.

iii. AS RAÍZES ESTRUTURAIS DA INADEQUAÇÃO TECNOLÓGICA E O SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO PERIFÉRICO

Colocados os desafios quanto às formas e objetivos da superação de nossa condição periférica, bem como o papel central ocupado pela criatividade na superação do subdesenvolvimento, devemos analisar na obra de Furtado o que se entende por desenvolvimento, modernização e progresso técnico⁸⁴ para, em seguida, reconstruirmos os argumentos de Albuquerque (2007) e Octaviani (2008) quanto aos Sistemas Nacionais de Inovação desde a perspectiva da periferia.

Em ampla análise da condição periférica em Hobsbawn, Braudel, Wallerstein e Arrighi, a obra de Octaviani contribui para situar, desde a periferia, a forma como o Brasil se insere no mundo, hierarquizado e estruturado historicamente (2008, p. 150):

As causas para tal hierarquia e sua manutenção são distintas para os autores, porém a constatação (i) de sua existência e (ii) da lógica de enfraquecimento dos Estados periféricos e semiperiféricos são pontos consensuais. Além disso, afora Wallerstein (que, ao matizar o poderio e hegemonia norteamericanos, parece ver algum espaço para democratização do centro do sistema), os autores enxergam que a regra é um constante recrudescimento da polarização, aprofundando-se a distância. Essas constatações gerais devem penetrar na racionalidade do direito econômico brasileiro, produzindo instituições que, em suas aplicações concretas e específicas, voltem-se contra a tendência global polarizadora. Em cada particularidade, o direito econômico para a superação do subdesenvolvimento deve confrontar essa totalidade polarizadora, operando para desconstruir suas manifestações particulares e gestando uma nova totalidade, democratizante. Essa é a economia política a ser implementada pela dogmática que regule os recursos genéticos.

A partir desta matriz teórica, somada às contribuições de Fiori e Cardoso de Mello, Octaviani (2008, p. 153) reafirma o consenso existente em abordar nossa condição periférica como marco mínimo para “a elaboração de diagnósticos, de políticas e, portanto, do direito econômico para a superação do subdesenvolvimento.” Condição esta que, também ao nosso entender, somente se acentuou ao longo do período em que a agenda neoliberal ocupou a centralidade da política de Estado no Brasil.

⁸⁴ Conforme colocado por Furtado ao analisar a centralidade do progresso como forma de “camuflar” o desenvolvimento e chamar atenção tão somente para o fator acumulação: “Civilização que fez da acumulação a fonte do próprio prestígio, e a acumulação nos meios de produção conduzia à diversificação do consumo (mediante o intercâmbio externo ou a invenção interna), as mudanças que daí decorriam nos padrões culturais – a concepção de modernidade – passaram a ser consideradas como um indicador de ascensão social, de melhora, de progresso. Tudo o que conduzia ao progresso, (...) ganhava legitimidade.” In *Criatividade e Dependência na civilização industrial*, pp. 99-100.

De acordo com Albuquerque (2007, pp. 183-9), o padrão de desenvolvimento adotado pelo país que nos conduziu à “inadequação tecnológica” relaciona-se à penetração de tecnologias inadequadas aos fatores existentes na economia brasileira, fundamentalmente por conta da transposição do progresso técnico existente no centro para outro contexto histórico, a periferia. Além disso, a inadequação tecnológica decorre também da dificuldade de se universalizar projetos de desenvolvimento, como explicado por Furtado neste trecho (2000, p. 107):

Pretender identificar no desenvolvimento uma realidade em si mesma, de validade universal, tem o mesmo fundamento que atribuir a determinada escala de valores significado idêntico para todas as sociedades. Com efeito, posto que a quase totalidade das sociedades contemporâneas atribui alta prioridade à disponibilidade de certa constelação de bens materiais, cujo acesso se confunde com a forma “moderna” de vida, o desenvolvimento econômico constitui problema universal. Entretanto, como não é possível encontrar uma base que nos permita comparar dois conjuntos de bens materiais sem introduzir elementos subjetivos específicos de uma cultura, o desenvolvimento como aspiração universal somente pode ser definido de forma vaga. (...) A estrutura do sistema econômico se funda nesses elementos institucionais, em recursos naturais, em dados técnicos e em certos padrões de comportamento que se definem em cada sociedade.” (2000, p. 107)

Este processo deve ser observado a partir da forma retardatária como o Brasil se inseriu na civilização industrial, levando a economia a alcançar a “fase superior do subdesenvolvimento”⁸⁵. No entanto, mesmo após chegar a este grau de *sofisticação* da produção periférica, sua economia continua refém do progresso técnico impingido pelo centro, que continua introduzindo novos produtos e bens de consumo. Esta característica torna o processo descrito por Albuquerque como um círculo vicioso de dependência. Seu resultado é o processo de modernização e marginalização (ALBUQUERQUE, 2007, pp. 185-6):

Um processo permanentemente renovado pela dinâmica iniciada por revoluções tecnológicas no centro. De um lado, há o processo de modernização (inicialmente, chapéus e roupas de luxo, depois, carros importados, em seguida, telefones importados, computadores pessoais, e assim por diante).⁸⁶ De outro lado, tem-se a marginalização se renovando (os

⁸⁵ “A fase superior do subdesenvolvimento é alcançada quando se diversifica o núcleo industrial, capacitando-se este para produzir parte dos equipamentos requeridos para que se efetue o desenvolvimento.” FURTADO, op.cit., p. 145.

⁸⁶ E, mais recentemente, a concessão de isenção fiscal pelo Estado brasileiro para a produção de *Ipads* em Jundiaí, demonstrando novamente que a forma de relacionamento entre o centro e a periferia, ou semiperiferia, repõe-se diariamente.

sem-casa, a exclusão digital etc.). Modernização, à medida que as indústrias locais são impulsionadas pela adoção e pela constante atualização dos padrões de consumo difundidos pelos países desenvolvidos; esse esforço contínuo, à medida que as revoluções tecnológicas ocorrem no centro, ao menos permitiriam à economia brasileira preservar um *gap* relativamente estável face aos países desenvolvidos. Marginalização, à medida que o desemprego gerado pelo uso de técnicas capital-intensivas não é absorvido pelas indústrias subdesenvolvidas de bens de capital locais (que, quando desenvolvem, fazem-no atrasada e incompletamente); esse desemprego afeta o excedente estrutural de trabalho.

Assim, o processo de modernização-marginalização apontado por Albuquerque renova permanentemente o dualismo estrutural já apontado por Furtado, como a convivência entre setores tradicionais e modernos na economia. O autor aponta que este quadro denota a complexa e profunda heterogeneidade social que é incorporada a todos os setores de atividade, inclusive as dimensões científicas e humanas.

No caso da nanotecnologia, tendo em vista a dimensão dos investimentos realizados pelo centro para seu desenvolvimento, qual papel sua política de desenvolvimento deve fomentar? O reforço de nosso processo de modernização-marginalização ou a tentativa de estruturar novas vias de desenvolvimento capazes de dar conta de nossa questão social?

É neste sentido que as ambiguidades inerentes ao desenvolvimento devem ser analisada. Estas ambiguidades resultam da forma pela qual determinada sociedade – no nosso caso, o Brasil – utilizam de seu processo cultural e histórico cuja dinâmica apoia-se na inovação técnica, que pode ser posta a serviço de um sistema de dominação social. Estas ambiguidades comportariam ainda mais desdobramentos quando analisado o quadro mais amplo da difusão da civilização industrial, no qual o processo de *modernização* conduz à pasteurização de sistemas de cultura em função da dominação emanada pelo centro (FURTADO, 2008, pp. 83-86).

Conforme indica Albuquerque (2007), durante a evolução do pensamento furtadiano, é possível observar o aumento da centralidade ocupado pela dominação do progresso técnico como condição de superação do subdesenvolvimento.⁸⁷ Como explica Furtado (1973, p. 41):

⁸⁷ Neste sentido, é interessante a observação feita por Furtado em sua obra autobiográfica: “Não se tinham indícios, na época, de que conglomerados transnacionais viessem a ocupar um espaço tão grande na área empresarial, pois a presença do capital estrangeiro ainda se circunscrevia às atividades primário-exportadoras e complementares das importações. Trabalhávamos com a hipótese de que a tecnologia estava incorporada a equipamentos que podiam ser livremente adquiridos nos mercados. Razão pela qual não se considerou necessário

“O desenvolvimento econômico, nas condições adversas atuais, dificilmente se fará sem uma atitude participativa de grandes massas da população. Toda autêntica política de desenvolvimento retira a sua força de um conjunto de juízos de valor que amalgamam os ideais de uma coletividade. E se uma coletividade não dispõe de órgãos políticos capacitados para interpretar suas legítimas aspirações, não está aparelhada para empreender as tarefas do desenvolvimento. Toda medida que se venha a tomar, no sentido de enfraquecer os governos como centros políticos capazes de interpretar as aspirações nacionais e de aglutinar as populações em torno de ideais comuns, resultará na limitação das possibilidades de autêntico desenvolvimento da região.”

A tecnologia, nas dimensões desta disputa, pode servir de instrumento a um ou outro modelo. Lembremos que instrumentos não são protagonistas de quaisquer projetos, mas sim passíveis das determinações emanadas da esfera política. Neste sentido, a tecnologia como *instrumento* da ação política, pode também seguir (e servir) a um projeto de desenvolvimento autônomo, que possa influir na própria orientação do progresso técnico (ALBUQUERQUE, 2007, p. 189)

O recurso de poder articulado pela tecnologia, como explorado por Furtado na obra *Criatividade e Dependência na civilização industrial*, pode e deve ser objeto de disputa, condicionado por outros dois poderosos fatores: o mercado interno e a dimensão financeira.

Atualmente, experimentamos no Brasil o (re)florescimento de nossa política industrial e tecnológica, que visa a manejar duas das principais estruturas de poder Estado, as finanças públicas e a criação de um sistema nacional de inovação, que aqui é analisado em uma de suas vertentes, a política de nanotecnologia.

As finanças do Estado utilizam os bancos e as empresas públicas a fim de incentivar o desenvolvimento da nanotecnologia. Os Ministérios do Estado, principalmente MDIC e MCT, organizam sua atuação em torno da criação de um sistema coordenado de ações a fim de potencializar o desenvolvimento econômico no Brasil. Ora, a pergunta que se faz é: em que sentido tais instrumentos estão sendo manejados? Este ponto será abordado no capítulo seguinte e, pela sua complexidade, deve ser objeto de estudos posteriores.

Albuquerque (2007, p. 187) lembra que, em sua obra *Teoria e Política do Desenvolvimento Econômico*, de 1986, Furtado introduz o tema da “seleção de técnicas em

dar tratamento especial ao problema do acesso à tecnologia.” FURTADO, C. A fantasia organizada In **Obra Autobiográfica**. 1997b, p. 242.

função de objetivos sociais explícitos”. Este ponto é retomado anos mais tarde, quando Furtado (1992, p. 52) analisa as trajetórias de Coréia do Sul e Taiwan, apontando para a possibilidade de superação do subdesenvolvimento, desde que confrontadas duas condições centrais, já indicadas aqui anteriormente: a “homogeneização social” e a “criação de um sistema produtivo eficiente, dotado de relativa autonomia tecnológica”.

Com esta dimensão, e considerando a natureza do progresso técnico,⁸⁸ temos em conta a dimensão do desafio, como bem colocado por Silveira (2001, p. 7):

Processa-se a industrialização e, assim, cumpre-se o objetivo desejado de internalização de forças produtivas (List). Mas, ao fazê-lo, internaliza mecanismos de dependência outros que minam as possibilidades da maior autonomia decisória da região, em particular as dependências de natureza financeira e tecnológica. O recurso ao capital estrangeiro viabiliza a indústria, mas, devido à forma de sua introdução, restringe o desenvolvimento ulterior e aperta os laços da dependência.

O processo de construção de um sistema nacional de inovação deve ter em vista as condições colocadas por Furtado (1974, pp. 111-2), principalmente tendo em vista suas observações anteriores quanto à dificuldade estrutural existente no Brasil “para excluir a massa da população dos benefícios da acumulação e do progresso técnico” e “na capacidade dos grupos dirigentes em suprimir todas as formas de oposição que seu caráter anti-social tende a estimular”.

O sentido da constituição deste sistema nacional relaciona-se com a capacidade da coletividade em utilizar os recursos disponíveis e o horizonte de possibilidades tecnológicas para, com o intermédio de determinados agentes econômicos, elaborar um plano de produção compatível com o projeto de vida concebido pelos seus membros no quadro de distribuição de renda e de outros parâmetros institucionais (FURTADO, 2000, p. 104). Contra este movimento, temos a atuação das empresas transnacionais e sua lógica própria de organizar e intervir no processo produtivo (FURTADO, 1999, pp. 86-88):

⁸⁸ Como indica Carlos Eduardo Fernandez da Silveira: “O progresso técnico não é uma opção, mas um requerimento intrínseco (...) [trata-se de] uma lei férrea que a concorrência determina.” Silveira aponta ainda para a tradução elaborada por Marx sobre o comportamento do capital e sua relação com o progresso técnico, indicando que o capital somente realiza o circuito de autovalorização, móvel e essência de sua existência, mudando suas bases técnicas, gerando progressivamente mais valor por unidade de produção. Esse *perpetuum mobile* é inexorável ao movimento pelo qual o capital realiza sua própria “natureza” SILVEIRA, op. cit., 2001, pp. 4-6.

A racionalidade econômica, que antes se definia no espaço nacional, passou a refletir parâmetros que independem de um quadro político definido. (...) O conceito de produtividade social perdeu nitidez, assim como a idéia de sistema econômico nacional. A visão macroeconômica é substituída pelo enfoque dos mercados. E o alcance das políticas se reduz a muito pouco. A idéia de solidariedade social perde seu fundamento econômico. (...) Era o protecionismo que definia a solidariedade social. Todos os que estavam dentro do sistema protegido eram beneficiados. Ora, essa engrenagem se quebrou. Hoje em dia o protecionismo perdeu a eficácia. Portanto, tem mais força quem tem mais tecnologia. As empresas estão passando na frente, nelas está concentrado o poder. (...) a resposta da tecnologia é poupar empregos, é anular postos de trabalho. (...) o que está acontecendo é um processo de realocização de atividades produtivas, com concentração de renda em escala planetária.

Furtado afirma que a superação da regra dura da hierarquia talvez seja possível, com a internalização, na periferia, do avanço técnico combinado com a obrigatória disseminação de seus efeitos por toda a sociedade (OCTAVIANI, 2008, p. 129). O desenvolvimento tecnológico deve estar vinculado ao sentido político que se quer dele. O sentido do desenvolvimento funcionaliza seus instrumentos. Na política de nanotecnologia, devemos indagar, quais são os instrumentos que garantem a disseminação do progresso técnico pela sociedade?

c. DIFERENÇAS E APROXIMAÇÕES ENTRE FURTADO, SCHUMPETER E OS
NEOSCHUMPETERIANOS

Antes de abordar as similitudes dos neoschumpeterianos e Furtado, como elaborado por Cassionato e outros (2007), dissertaremos sobre as limitações apontadas por Furtado para a aplicação dos conceitos schumpeterianos à periferia, desenvolvidas principalmente em sua obra *Desenvolvimento e Subdesenvolvimento*, de 1961. Primeiro, Furtado (1961, p. 68) reconhece o enorme avanço proporcionado pelo trabalho de Schumpeter quanto ao processo de formação do lucro:

O processo acumulativo tem, destarte, três aspectos distintos: a poupança de recursos, a incorporação desses recursos ao processo produtivo (inversão) e a apropriação total ou parcial do aumento de produtividade resultante da maior acumulação, ou seja, a transformação da inversão em fonte de renda. O que configura a acumulação como um processo de “formação de capital” é a

segunda das fases indicadas. É por esta razão que a teoria do desenvolvimento deve concentrar-se no estudo dos incentivos à inversão, sem contudo descuidar-se dos outros dois aspectos do processo acumulativo. Podia-se esperar, por conseguinte, que, através da teoria do lucro, à qual cabia abordar o problema dos incentivos à inversão, se abrissem algumas perspectivas à análise do processo de desenvolvimento. Entretanto, os economistas neoclássicos, de maneira geral, limitaram-se a “justificar” o lucro. Com a teoria do “risco” voltamos aos juízos de valor implícitos nas ideias de espera e sacrifício. É a esse respeito que Schumpeter representa um enorme progresso dentro da economia neoclássica. Ao formular uma teoria de formação do lucro, ele, se bem que trabalhando com os instrumentos da teoria do equilíbrio geral, provocou verdadeira subversão desta.

A partir desta aproximação, Furtado aponta para cinco “falhas” da teoria schumpeteriana que, a seu ver, limitam sua aplicação *geral* como teoria de desenvolvimento econômico. Primeiro, Furtado aponta para a falsa universalidade do conceito de espírito de empresa, que representaria uma categoria abstrata, independente da temporalidade e de toda ordem institucional que a cerca.

De acordo com Furtado, a dimensão que Schumpeter dá ao empresário,⁸⁹ como fenômeno existente em todas as organizações sociais, poderia não ser passível de aplicação nos países subdesenvolvidos. Esta pretensa universalidade da figura do empresário em Schumpeter aproxima-se da dimensão dada por Smith na “propensão à troca” do homem: um conceito que não resiste à experiência antropológica e à complexidade das relações comerciais e de poder no mundo. Esta simples universalidade da figura do empresário nos conduz a reducionismos quanto à interpretação do subdesenvolvimento, como comparar as assimetrias do centro e da periferia a partir de critérios estáticos, tal como o tempo de abertura de empresas em diferentes países do mundo.

⁸⁹ “Do ponto de vista da análise do desenvolvimento, a debilidade maior da concepção de Schumpeter está em haver isolado o empresário do mundo em que este vive. Por que não partir da observação corrente que nos mostra o empresário como o organizador da produção e que como tal – independentemente do fato de que introduza ou não inovações de quaisquer tipo – tem um lucro em perspectiva? Esse empresário, qualquer que seja seu ponto de partida, tende a transformar-se em proprietário do capital aplicado na produção e, por uma série de razões fáceis de perceber, a beneficiar-se de uma elevada renda. A ideia do empresário pobre ajuda a esclarecer certos conceitos, mas se distancia muito da realidade. O que é interessante observar é que o empresário – ao contrário dos outros personagens que se beneficiam igualmente de elevadas rendas – é um indivíduo ligado ao processo produtivo. Toda a sua vida, pública e privada, está marcada por esse fato. Suas energias e sua inteligência estão orientadas para os problemas da produção. Ao se elevarem suas rendas, o empresário reage inicialmente como um produtor e depois como um consumidor. E, quando alcança certo nível a renda do empresário, os gastos de consumo deste passam a ser um elemento totalmente secundário e independente das flutuações daquele nível. A essa altura, o grande problema do empresário consiste em descobrir onde e como aplicar anualmente as suas novas rendas.” In FURTADO, C. *Desenvolvimento e Subdesenvolvimento*, p. 70.

Furtado aponta também que a estrutura da teoria de Schumpeter a respeito dos ciclos econômicos seria complementar à teoria do equilíbrio geral, visto que sua dimensão do processo evolucionário continua trabalhando na dimensão do equilíbrio, sendo que o processo de destruição criadora apenas seria a condução de um patamar de desenvolvimento a outro, em que a tendência ao equilíbrio voltaria a ocorrer, até ser rompida por outro processo de destruição criadora. Neste sentido, continuaríamos diante de uma economia estacionária entre equilíbrios distintos, separados tão somente por inovações tecnológicas (Idem, p. 71):

Por essa forma Schumpeter não só pretendeu transformar o “dispositivo” do equilíbrio geral numa teoria da realidade econômica, como supôs haver encontrado a chave para a formulação de uma verdadeira teoria do lucro. Esta acompanharia a introdução de inovações, sendo, portanto, inexistente na posição de equilíbrio.

Além destes aspectos, Furtado indica que a contribuição de Schumpeter aproxima-se mais do tratamento do lucro, ao invés de querer explicar o progresso econômico. Como vimos, Schumpeter identifica a inovação como processo pelo qual é possível ao empresário inovador extrair lucros extraordinários do processo produtivo. Talvez, como indica Furtado (Idem, pp. 68-9), seja por esta razão sua teoria seja tão facilmente adaptável tanto em meios empresariais como industriais,⁹⁰ visto que aproxima pela dimensão do lucro atores cuja perspectiva econômica e política tendem a ser distintas:

O conceito de “novas combinações” ou “inovações” não é mais claro. A criação de uma situação de monopólio considera-a ele como uma “nova combinação”. Não se trata, portanto, de um conceito envolvendo necessariamente a ideia de aumento de produtividade, de redução de custos, de inovação tecnológica etc. É algo mais amplo e cujo único elemento constante passa a ser a faculdade de criar uma situação privilegiada – ainda que momentânea – para um empresário, da qual resultaria a formação do lucro. Ora, essa ideia nos levaria extremamente longe, pois existem milhares de fatores que criam situações privilegiadas para um empresário e que nenhuma razão têm com o desenvolvimento, pois quase sempre trazem como contrapartida uma situação oposta para outro empresário. Dada essa imprecisão com que estão definidos os conceitos básicos, chega-se à conclusão de que a única maneira prática de identificar o empresário seria a criação do lucro. Entretanto, o mesmo Schumpeter nos fecha essa porta, pois reconhece que o lucro também pode ser o resultado de uma situação corrente de monopólio. (...) Desta forma, mesmo como teoria do lucro é imprecisa a formulação schumpeteriana.

⁹⁰ Ver, neste sentido, SCHUMPETER, J. A. **The Theory of Economic Development**. 1963. pp. 152-3 e SCHUMPETER, J. **Business Cycles**, 2005, t. I, pp. 73 e 86.

Por conta destas limitações, Furtado acredita que Schumpeter não pode ser usado como pensador para a inovação tecnológica no Brasil, visto que sua obra não conecta a este conceito qualquer sentido de desenvolvimento econômico. Para Furtado (Idem, pp. 72-3), a inovação tem de estar conectada a um sentido e contexto sócio econômico:

A inovação não é necessariamente um fruto do "espírito de empresa", como o concebe Schumpeter, é muitas vezes o resultado do esforço das empresas para encontrar aplicações para os recursos que as mesmas acumulam automaticamente. Não se exclui a ideia de que o empresário desempenhe um papel distinto. O lucro – quaisquer que sejam as qualificações que se lhe façam – é um elemento residual. Via de regras, portanto, o caminho mais curto que tem o empresário para aumentar esses lucros acha-se na redução dos custos. A introdução de novas técnicas ou combinações encontra aí um grande estímulo. (...) As inovações schumpeterianas são, indubitavelmente, um elemento dinâmico no processo de desenvolvimento. Entretanto, a espinha dorsal deste não está na inovação e sim na acumulação de capital. Schumpeter reconhece que as inovações exigem acumulação de novo capital (*Business Cycles*, p. 93), mas raciocina como se a introdução de uma nova combinação provocasse um salto e transformasse automaticamente o sistema produtivo. Ora, o desenvolvimento resulta tanto da introdução da nova combinação como de sua propagação, e esta última cavalga sobre a acumulação de capital. Acumular capital significa, as mais das vezes, difundir em um setor ou estender a novos setores uma técnica superior já disponível. De maneira geral, as novas técnicas pressupõem a acumulação.

Assim, Furtado (Idem, pp. 75-6) conclui que a teoria de Schumpeter é importante para distinguir o processo de desenvolvimento econômico “dinâmico” daquele estático defendido pela teoria neoclássica, mas que apresenta limitações explicativas ao processo de formação do capital, contextualizado em suas dimensões sociais e políticas:

(...) Todos sabemos, porém, e já o sabia Ricardo, que a introdução de uma nova máquina numa economia não é um puro ato de inovação, pois exige a convergência de determinadas condições que a justifiquem economicamente. (...) Para que o tear automático seja mais econômico é necessário que os salários tenham alcançado determinado nível, o que pressupõe para o conjunto da economia certo avanço no grau de acumulação de capital. Podem-se, é verdade, conceber inovações que, sem exigir maior dose de capital por homem empregado, provoquem uma elevação da produtividade. É o caso típico de modificações introduzidas no desenho de uma máquina que possibilitam maior rendimento de trabalho por unidade de energia consumida. Esses aperfeiçoamentos, entretanto, não surgem *ex nihilo*. Pressupõem inversões em pessoal especializado, laboratórios de pesquisas equipados com material de elevado custo etc. Têm um custo social que nem sempre se traduz com exatidão em seu preço de mercado, pois o avanço da ciência e da tecnologia é financiado pelo conjunto da coletividade em

universidades ou outras instituições públicas. Uma teoria do desenvolvimento deve ter por base uma explicação do processo de acumulação do capital. Isolando o avanço da técnica do processo acumulativo, Schumpeter criou dificuldades à percepção de conjunto do problema. A teoria das inovações é de enorme importância, mas conduz a equívoco pretender formulá-la independentemente da teoria da acumulação de capital. Ora, o processo de acumulação de capital não pode ser explicado mediante formulação puramente abstrata, pois está intimamente ligado ao sistema de organização da produção, às formas de distribuição e utilização da renda, enfim, à estrutura econômica.

Podemos concluir que, para Furtado, a inovação tecnológica constitui-se de um elo do processo de desenvolvimento, mas não sua explicação ou fundamento. Além disso, a disputa pelo progresso técnico na esfera produtiva schumpeteriana deixa escapar a lógica da periferia do sistema capitalista, de escassez de capitais e pouca dinamicidade do mercado interno.⁹¹

No nosso entendimento, ambos os campos teóricos reafirmam a importância do desenvolvimento econômico como força motriz: do processo evolucionário, para Schumpeter; da “endogeneização” dos centros decisórios para a superação das condições do subdesenvolvimento, para Furtado. Em sua análise sobre os ciclos econômicos, Schumpeter coloca a inovação como aspecto central da vida econômica (e seu progresso), importância esta que também é central nos escritos mais recentes de Furtado.

Apontadas as críticas de Furtado a Schumpeter, cabe-nos indicar algumas “convergências e complementaridades” entre neoschumpeterianos e o pensamento de Furtado, como estruturado por Cassiolato e outros (2007, p. 210):

As contribuições originais de Schumpeter têm sido aprimoradas e melhor qualificadas, nos últimos trinta anos, por um conjunto de autores que pretendem explicar a dinâmica capitalista atual por meio da endogeneização do progresso técnico em suas análises. Nesta visão, os avanços (produtivos, tecnológicos, organizacionais, institucionais etc.) resultantes de processos inovativos são fatores básicos na formação dos padrões de transformação da economia, bem como do seu desenvolvimento de longo prazo.

⁹¹ “Vantagens de concentração de poder econômico derivam menos das economias de escala obtidas diretamente nos processos produtivos, e mais da possibilidade de poder explorar simultaneamente em vários mercados uma vantagem inicial, o que somente é viável com base num grande poder financeiro. Como a concorrência moderna se faz à base de produtos novos, ou apresentados de forma nova, a atividade econômica está orientada para a inovação e o ciclo vital de cada inovação tende a reduzir-se no tempo. Dessa forma, as empresas procuram explorar a fundo e o mais rapidamente possível cada inovação, o que só é viável se elas possuem um elevado grau de diversificação, tanto funcional como geográfico.” FURTADO, C. **Raízes do Subdesenvolvimento**. 2003. pp. 66-7.

Os autores apontam que a convergência entre a corrente neoschumpeteriana e o pensamento estruturalista de Celso Furtado parte da identificação de que, para ambas as visões, “os processos de acumulação capitalista e de desenvolvimento econômico são caracterizados por profundas mudanças estruturais na economia.” A aproximação também ocorre quando se analisa a dimensão dada ao desenvolvimento, entendido como processo específico e único, não linear e não sequencial. Além disso, “tanto a teoria quanto as recomendações de política são altamente dependentes de cada contexto particular” demonstrando que, em ambas as visões, a economia é fortemente enraizada na sociedade (Idem, p. 207-8).

Partindo da relação entre mudança estrutural e desenvolvimento econômico, os autores constroem estas aproximações em torno de seis pontos: (i) a negação ao equilíbrio clássico; (ii) o papel do progresso técnico (inovação) como motor da dinâmica capitalista; (iii) as assimetrias internacionais de desenvolvimento tecnológico; (iv) a divisão internacional do trabalho; (v) a visão sistêmica e a relevância dos agentes e fatores não econômicos; e (vi) a ênfase à política para orientar e promover o desenvolvimento. Conforme colocado por Octaviani (2008, p. 172):

Assim, nesta perspectiva que tenta particularizar as postulações gerais de Furtado, a endogeneização da tecnologia (internalização, parcial, mas importante, dos centros decisórios) deve ser articulada à homogeneização social (...). É essa postulação que abre espaço para a sistematização sobre as relações bidirecionais entre o sistema de bem-estar e o sistema de inovação tecnológica, atualizações da formulação furtadiana sobre a distribuição de renda e poder nos países centrais como uma das causas de sua industrialização bem-sucedida (uma vez que, demandando, os trabalhadores, agora já consumidores, obrigavam os ofertantes a inovar para alcançar o lucro extraordinário schumpeteriano, abrindo um ciclo virtuoso para tais países, que, no momento seguinte “instilavam” os novos padrões de consumo em áreas periféricas, nas quais os “enclaves”, as elites aculturadas, deliciavam-se com as novidades, estabelecendo o complexo nexo da dependência acima referido).

d. O DIREITO ECONÔMICO COMO INSTRUMENTO DE SUPERAÇÃO DO SUBDESENVOLVIMENTO

Colocados os contornos da teoria schumpeteriana e furtadiana acerca das dimensões que a disputa sobre a tecnologia insere na lógica de desenvolvimento dos Estados, passaremos agora à análise do direito econômico como método e ramo do direito, como exposto por Bercovici (2011, p. 12):

O direito econômico é tanto um ramo como um método do direito. É o direito que instrumentaliza a política econômica do Estado, assim como um método que permite compreender o direito como parcela da realidade social, como mediação específica e necessária das relações econômicas.

Em artigo, Octaviani (2009, pp. 3-5) indica que o direito econômico é também método capaz de compreender a economia política da forma jurídica, que a investiga em quatro dimensões: sua história, sua dogmática, a eficácia social e a imaginação institucional, esclarecendo simultaneamente:

(i) origem social e teórica dos textos normativos, (ii) sua sistematização para decidibilidade por parte da jurisprudência ou doutrina, (iii) seu capacidade de penetração em outros campos ou sistemas sociais, e (iv) quais as possibilidades abertas de lutas sociais e as formas institucionais que elas podem tomar, são elementos capazes de forçar os limites do positivismo legalista e da análise econômica do direito, obrigando-os a revelarem os interesses que ocultam, ao não terem capacidade de dar conta de diversos aspectos da realidade jurídica.

A investigação da dimensão histórica esteve aqui presente na medida em que analisamos a origem, no mundo e no Brasil, das estratégias nacionais de nanotecnologia, a fim de perceber quais foram os contornos políticos e científicos que orientaram a organização desta nova etapa do progresso técnico. Quanto à sua dimensão dogmática, analisamos o papel do direito ao perceber a nanotecnologia, tanto do ponto de vista regulatório (os danos à saúde do trabalhador, a dimensão dos nanomateriais etc.) como do planejamento da ação estatal, identificando os instrumentos utilizados sobre o domínio econômico a fim de organizar o desenvolvimento da nanotecnologia. A dimensão de eficácia social relaciona-se ao fato de que dedicamos um capítulo à análise dos contornos que o desenvolvimento nanotecnológico tem ou pode ter, quando condicionado por nossa condição periférica e dependente, sobre a forma como a tecnologia pode ser utilizada para a superação do subdesenvolvimento. Por fim, a imaginação institucional será abordada mais à frente, quando trataremos dos limites e as possibilidades do desenvolvimento da nanotecnologia na política industrial e tecnológica

brasileiras, apontando principalmente para a pluralidade de sentidos que seu progresso pode ter no Brasil e no mundo.

Quanto à dimensão histórica, também esteve presente a reconstrução de uma parte do pensamento furtadiano, aqui utilizado como ferramental de análise histórica e política capaz de identificar não só a origem de nossa condição periférica, como também para apontar nova orientação possível para o progresso técnico, sempre em disputa pelas forças sociais que se organizam em torno do Estado e de nossa política industrial (FURTADO, 1999, p. 89):

“Países como o Brasil, que tinham um governo bastante eficaz e eram conhecidos por seu Estado que tradicionalmente definia os interesses próprios, hoje em dia não podem fazer política. **O que fazer?** Proteger-se contra a transnacionalização? Ser contra os novos investimentos? O desafio que a geração de vocês terá de enfrentar é muito grande, porque as soluções só surgem numa sociedade quando existem forças empenhadas nisso. Daí a importância de ter-se uma classe industrial como a que tivemos no passado, que se interesse pela inovação e que **leve o Estado a ter uma política industrial.**” (destaques nossos)

Além destas dimensões, o direito econômico nos serve para analisar estruturalmente a forma como o Estado opera seus instrumentos e atua cada vez mais – seja na periferia como no centro – sobre o domínio econômico. Neste sentido, temos neste método a capacidade de analisar a centralidade do papel do Estado no progresso técnico e na superação do subdesenvolvimento, como indicado por Comparato (1978, p. 464):

(...) o que caracteriza a política econômica do Estado contemporâneo, tanto a Leste quanto a Oeste, não só nas sociedades industrializadas como nos países subdesenvolvidos, é o objetivo de expansão. (...) Nestas condições, a iniciativa, ou melhor, a responsabilidade do Estado na vida econômica deixa de ser a exceção para transformar-se em princípio.

O tema também merece tratamento destacado pelo modo irresponsável que se tem observado na literatura jurídica nacional de transplantar modelos teóricos e institucionais de países desenvolvidos a fim de enfrentar uma realidade ímpar. Em países periféricos, a aposta no progresso tecnológico advindo da inovação, como exposta pelos neoschumpeterianos, pode não trazer consigo a superação dos desafios colocados por Furtado. Para além de um transplante institucional ou teórico, pela simples análise e reprodução de “casos de sucesso”, como comumente aplicado pelo movimento *Law and Economics* na

segunda metade do século XX, devemos ter em mente precipuamente a condição que separa desenvolvidos de subdesenvolvidos.⁹²

O movimento norte-americano tinha como escopo as críticas apontadas pela escola cepalina: instituições modernizadoras poderiam ser transplantadas de um local desenvolvido e rico a outro pobre e não desenvolvido, para assim superar os problemas do terceiro mundo.⁹³

Ainda que com especificidades, o desafio que se coloca no campo da nanotecnologia também encontra parâmetros tanto em um quanto em outro espectro teórico. De um lado, como veremos à frente, a política de nanotecnologia busca observar e reproduzir os melhores arranjos institucionais internacionais com vistas a superar os “gargalos” nacionais no campo tecnológico; de outro, observamos tentativas de compreensão das características de nosso subdesenvolvimento e suas limitações para o desenho das políticas públicas, objetivando então superar os desafios de desenvolvimento com democracia e distribuição de renda, nos termos de nossa Constituição Federal.

Esses aspectos somam-se ao papel necessariamente desempenhado pelo direito econômico e sua capacidade de imaginação institucional ao traduzir normativamente os instrumentos da política econômica do Estado para enfrentar as vicissitudes da economia brasileira. (COMPARATO, 1978).

Podemos dizer que esta tradição do direito econômico pretende, como método jurídico, operar com a mesma criatividade exigida por Furtado para a superação do subdesenvolvimento: uma ciência capaz de enxergar a dimensão do desafio de seu tempo, propondo soluções criativas e comprometidas com a afirmação de nossa soberania e com a plena consecução de nossa ordem constitucional.

⁹² Como indicado por Ricardo Bielschowsky: “Não se tratava de comparar o subdesenvolvimento periférico com a história pretérita das economias centrais. Para os autores cepalinos, o desenvolvimento nas condições da periferia latino-americana não seria uma ‘etapa’ de um processo universal de desenvolvimento (...) mas um processo inédito, cujos desdobramentos históricos seriam singulares à especificidade de suas experiências, cabendo esperar-se conseqüências e resultados distintos aos que ocorreram no desenvolvimento cêntrico”, BIELSCHOWSKY, R. **Cinquenta Anos de pensamento na CEPAL**, 2000, p. 22.

⁹³ Ver, sob este aspecto, TRUBEK, D.; SANTOS, A. (orgs.). **The new law and economic development – a critical appraisal**. EUA: Cambridge University Press, 2006. Neste mesmo livro: KENNEDY, D. Three globalizations of law and legal thought: 1850-2000, p. 71. Ainda: TRUBEK, D. O novo direito e desenvolvimento: entrevista com David Trubek, In **Revista Direito GV**, n. 6, jul.-dez. 2007, pp. 305-29.

Assim, com base nesta metodologia, pretendemos com o próximo capítulo narrar a organização da política nacional de nanotecnologia e, ao final, apontar possíveis limites e possibilidade de seu desenvolvimento, com vistas à superar o desafio furtadiano.

IV. A POLÍTICA NACIONAL DE NANOTECNOLOGIA E AS FORMAS DE ATUAÇÃO DO ESTADO BRASILEIRO NO SEU DESENVOLVIMENTO

O foco deste capítulo é descrever a Política Nacional de Nanotecnologia, integrando-a à análise anteriormente feita acerca das formas de atuação do Estado em relação ao processo econômico e interpretando sua construção como um processo de planejamento. Para tanto, inicialmente narraremos o contexto histórico da nanotecnologia no Brasil que possibilitou a origem da política em torno de seu desenvolvimento, para depois discorrer sobre os elementos constitutivos da iniciativa brasileira.⁹⁴

Utilizando as reflexões de Furtado (1999, p. 18): que margem de autonomia nos resta para interferir no desenho de nosso porvir como nação? Vimos que o espaço de atuação para prosseguir na construção do Brasil reduziu-se sensivelmente, ao mesmo tempo em que cresce a importância da variável política. Observamos o paradoxo da (crescente) diminuição da margem de autonomia das autoridades nacionais e o aumento da política interventiva do Estado no desenvolvimento tecnológico, recolocando os termos do desafio proposto por Furtado:

O dado mais importante a assinalar, no que concerne aos países periféricos em mais avançado processo de industrialização, é a considerável dificuldade de coordenação de suas economias no plano interno, em razão da forma como se estão articulando com a economia internacional no quadro da grande empresa. (...) Essa debilidade do Estado, como instrumento de direção e coordenação das atividades econômicas, em função de algo que se possa definir como o interesse da coletividade local, passa a ser um fator significativo no processo evolutivo. Impotente em coisas fundamentais, o Estado tem, contudo, grandes responsabilidades na construção e operação de serviços básicos, na garantia da ordem jurídica, na imposição de disciplina às

⁹⁴ Não poderíamos deixar de fazer referência ao paralelo que Carlos Eduardo Fernandez Silveira faz entre o progresso técnico e o poeta do conto *Um homem célebre*, de Machado de Assis: o poeta que vive as condições postas à criação num local periférico e que gravita em torno de um centro que lhe propõem modos, propósitos e rigores algo deslocados de seu ambiente cotidiano. (...) A legitimidade vem da(s) metrópole(s) com que a ex-colônia mantém seus vínculos referenciais. Mas uma outra fonte de legitimação busca afirmar-se, insuficiente, no entanto, para mudar radicalmente os horizontes dos desejos construídos, estabelecidos *ab initio* em seu íntimo, uma vez que ‘o primeiro lugar da aldeia não contentava a este César, que continuava a preferir-lhe, não o segundo, mas o centésimo em Roma’. O personagem machadiano transmite com dramática intensidade o ‘sentimento da contradição entre a realidade nacional e o prestígio ideológico dos países que nos servem de modelo’, a que alude R. Schwarz em artigo provocativamente intitulado de ‘Nacional por subtração’ (Schwarz, 1987).” In **Desenvolvimento tecnológico no Brasil: autonomia e dependência num país periférico industrializado**, 2001, p. 25.

massas trabalhadoras. O crescimento do aparelho estatal é inevitável, e a necessidade de aperfeiçoamento de seus quadros superiores passa a ser uma exigência das grandes empresas que investem no país. Assim, a crescente inserção das economias periféricas no campo de ação internacional das grandes empresas está contribuindo para a modernização dos Estados locais, os quais tenderam a ganhar considerável autonomia como organizações burocráticas. A orientação das atividades econômicas, impondo a concentração de renda e acarretando a coexistência de formas suntuárias de consumo com a miséria das grandes massas, é a origem de tensões sociais que repercutem necessariamente no plano político. O Estado, incapaz para modificar a referida orientação, se exaure na luta contra os seus defeitos. (1974, pp. 59-61)

Tais apontamentos funcionarão como pontos de observação aos sentidos que tentaremos atribuir à política de nanotecnologia. Sua descrição e análise crítica serão feitas tendo por base os eixos dogmáticos proporcionados pelo Direito Econômico, especificamente em duas dimensões: (i) as formas de intervenção utilizadas pelo Estado brasileiro *no e sobre* o desenvolvimento da nanotecnologia e (ii) a análise das características de seu planejamento, utilizando a concepção política elaborada por Lafer (2002)⁹⁵.

A atualidade do debate pode ser verificada também pela profusão de medidas, iniciativas e instrumentos lançados principalmente pelo Governo Federal para a promoção da nanotecnologia. Em pouco menos de uma década desde o marco inicial da política nacional, veremos que sua estrutura e instrumentos modificaram-se profunda e substancialmente.⁹⁶

Ao analisar sua história, será possível observar as principais zonas de tensão e indefinição quanto aos rumos da nanotecnologia no Brasil, identificado por nós como um país periférico, mas abundante, com lampejos de vanguarda tecnológica e altamente desigual. Neste ponto, identificaremos as formas de atuação do Estado no desenvolvimento deste setor para, posteriormente, identificar os limites e as possibilidades de sua contribuição para a efetivação dos princípios esculpidos nos artigos 3º, 218 e 219 de nossa Constituição Federal.

⁹⁵ Conforme explicado por Bercovici (2005, p. 71) Lafer organiza o processo de planejamento em três fases distintas: “a decisão de planejar (decisão política); a implementação do plano (também um fenômeno essencialmente político, relacionado à Administração Pública) e o plano em si (única fase que pode ser analisada sob enfoque técnico, com exame econômico do documento escrito – concluindo ainda que – (...) o plano não configura mera peça técnica, mas é um documento comprometido com objetivos políticos e ideológicos.”

⁹⁶ Como citado por Eros R. Grau em seu “Planejamento Econômico e Regra Jurídica”, vale lembrar lição de Washington Peluso Albino de Souza, que, em 1970, afirmava que “se a parte econômica, ou qualquer outra manifestação técnica de um plano, exige conhecimento especializado e conteúdo científico seguro, não acontece de modo diferente com a elaboração legal que, de seu lado, jamais dispensaria conhecimentos de ciência do Direito, de técnica jurídica e de técnica de legislação para que os objetivos pretendidos encontrem expressão corrente nos diplomas legais que deverão institucionalizá-los. O que, habitualmente, se presencia, neste particular é a improvisação levando a textos legais dúbios, inseguros, mal preparados e que acabam por tumultuar a própria efetivação dos planos.” **Direito Econômico e Economia Política**, 1970, vol. 2, p. 290.

A reconstrução da história recente da nanotecnologia no Brasil será feita com o suporte de materiais publicados pelo governo, principalmente organizados pela ABDI, bem como as informações colhidas durante nossa participação no Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, coordenado pelo MDIC.

A política de nanotecnologia no Brasil é uma agenda de convergência entre as políticas industriais e os planos de ação em ciência, tecnologia e inovação, retomadas a partir da recomposição dos instrumentos constantes do Plano Plurianual durante o Governo Lula, que remodelou a agenda para incorporar em sua estratégia de planejamento a retomada da política industrial.

Desde 2004, com o lançamento da PITCE, sua agenda está vinculada às políticas industriais (PITCE I e II, PDP e PBM) e de C,T&I (PACTI e ENCTI). Desde a identificação gênese do movimento pela promoção da nanotecnologia, narraremos formas e pesos dados durante quase uma década de existência junto à agenda do Governo Federal. O que pretendemos é verificar se o desafio furtadiano, presente no texto constitucional, foi de alguma forma incorporado à política.

Com isso, esperamos ser possível observar as principais zonas de conflito e os sentidos dados ao desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, observado desde a periferia do sistema capitalista. Não se pretende aqui elaborar estudo exaustivo de todas as formas de regulação do Estado brasileiro acerca da nanotecnologia. O objetivo deste capítulo é compreender o sentido geral da orientação do desenvolvimento pautado pela atuação do Estado como interventor *no* e *sobre* domínio econômico, buscando verificar (i) se o desafio furtadiano, presente no texto constitucional, foi de alguma forma incorporado à política, bem como (ii) extrair daí possibilidades para sua superação.

Para cumprir com este objetivo, analisaremos (i) os comandos constitucionais, (ii) as formas de atuação do Estado na promoção da nanotecnologia, (iii) a genealogia da história da nano na política industrial e de CT&I do Governo Federal, seus instrumentos e atores para, ao final (iv) indicar limites e possibilidades para o desenvolvimento da nanotecnologia e (v) apontar possíveis caminhos para seu desenvolvimento.

a. OS COMANDOS CONSTITUCIONAIS

Para a análise do quadro constitucional e sua relação com o desenvolvimento da nanotecnologia, interessa-nos realizar leitura histórica e sistêmica da forma pela qual a temática do desenvolvimento e da atuação estatal figuram, hoje, como estruturas centrais da organização da política de nanotecnologia. Em sua dimensão histórica, cabe-nos utilizar os trabalhos de Bercovici (2003, 2005). Sobre sua dimensão sistêmica, utilizaremos os trabalhos de Grau (1990) e Octaviani (2008).

Por primeiro, para analisar a dimensão histórica da política de nanotecnologia, devemos entender o processo de incorporação dos conflitos sociais e econômicos no texto constitucional de 1988, que possui em seu texto “as bases de um projeto nacional de desenvolvimento” (BERCOVICI, 2005, p. 9). Nossa Carta Magna tem as características de ser uma Constituição Econômica e Dirigente, como aponta Bercovici, na medida em que pretende alterar a estrutura econômica existente, positivando “tarefas e políticas a serem realizadas no domínio econômico e social para atingir certos objetivos” (BERCOVICI, 2005, p. 33). Neste sentido (2005, p. 13):

Para entendermos a Constituição Econômica, segundo Natalino Irti, não devemos romper com a unidade da Constituição e decompô-la em uma pluralidade de núcleos isolados e autônomos, como propuseram os ordoliberais. Devemos, sim, concentrar-nos em aplicar a Constituição como uma unidade nos vários campos e áreas específicos, inclusive a economia. As decisões econômicas devem estar nela enquadradas. A Constituição Econômica, para Irti, é a Constituição política estatal aplicada às relações econômicas. Nesta mesma linha, podemos adotar algumas das premissas expostas por Washington Peluso Albino de Souza, principalmente a de entender, assim como Irti e vários outros, a Constituição Econômica como parte integrante, não autônoma ou estanque, da Constituição total. Na sua visão, as Constituições Econômicas caracterizar-se-iam pela presença do econômico no texto constitucional, integrado na ideologia constitucional. E seria a partir dessa presença do econômico no texto constitucional e da ideologia constitucional adotada que se elaboraria a política econômica do Estado.

De acordo com o autor, a Constituição Econômica⁹⁷ surge “quando a estrutura econômica se revela problemática, quando cai a crença na harmonia preestabelecida do mercado. O que se quer é uma nova ordem econômica; é alterar a ordem econômica existente, rejeitando o mito da auto-regulação do mercado.” Esta Constituição Econômica também é Dirigente, conforme conceituado originalmente por Canotilho, visto que a ordem econômica

⁹⁷ Para maior entendimento sobre a Constituição Econômica, ver BERCOVICI, G. **Constituição Econômica e Desenvolvimento – uma leitura a partir da Constituição de 1988**, São Paulo: Malheiros, 2005.

constante de nosso texto constitucional contempla um novo programa, uma nova direção, “ligada à defesa da mudança da realidade pelo direito” dando “força e substrato jurídico para a mudança social”, constituindo verdadeiro “programa de ação para a alteração da sociedade.” (BERCOVICI, 2005, p. 35).

A partir do substrato teórico proporcionado pela CEPAL, Bercovici (2005, p. 25) destaca ser *condição* para o desenvolvimento no Brasil – tecnológico, científico e econômico – a capacidade do Estado se planejar para atuar *no* e *sobre* o domínio econômico a fim de solucionar os problemas sociais do país. O Estado, então, passa a ser o principal promotor do desenvolvimento (2005, p. 51).

Para tanto, é necessário observar (i) os objetivos que orientam o Estado brasileiro, consubstanciados no artigo 3º. da Carta Magna; (ii) os direitos e garantias fundamentais, estabelecidos no Título II, Capítulos I (Dos Direitos e Deveres Individuais e Coletivos) e II (Dos Direitos Sociais); (iii) a Ordem Econômica e Financeira, estabelecida no Título VII; (iv) a política de Ciência e Tecnologia, inscrita no Capítulo IV do Título VIII; e (v) a proteção ao Meio Ambiente, conforme Capítulo VI do mesmo Título VIII.

Essa leitura sistemática nos proporcionará maior capacidade de interpretar a forma e o conteúdo de nossa política de nanotecnologia, permitindo análise crítica de seus objetivos e a existência de coerência (ou não) com o ordenamento brasileiro.

Com isso em vista, devemos destacar que entre os objetivos fundamentais da República estabelecidos no artigo 3º situam-se a garantia ao desenvolvimento nacional, bem como a erradicação da pobreza e da marginalização a fim de reduzir as desigualdades sociais e regionais. Como aponta Bercovici (2005, p. 87), além de a Constituição Federal representar as bases de um projeto nacional de desenvolvimento, ela fornece parâmetros hermenêuticos para interpretar as formas de atuação do Estado.

De acordo com classificação proposta por Grau (1995, pp. 159-160), o artigo 170⁹⁸ organiza a ordem econômica sujeitando-a aos princípios jurídicos explícitos em seus

⁹⁸ Art. 170. A ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, tem por fim assegurar a todos existência digna, conforme os ditames da justiça social, observados os seguintes princípios: I - soberania nacional; II - propriedade privada; III - função social da propriedade; IV - livre concorrência; V - defesa do consumidor; VI - defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação; VII - redução das desigualdades regionais e sociais; VIII - busca do pleno emprego; IX - tratamento favorecido para as empresas de pequeno porte constituídas sob as leis brasileiras e que tenham sua sede e administração no País. Parágrafo único. É assegurado a todos o livre exercício de qualquer atividade econômica, independentemente de autorização de órgãos públicos, salvo nos casos previstos em lei.

incisos. Neste sentido, a ordem econômica está subordinada à defesa do consumidor e do meio ambiente e à valorização do trabalho humano, indicando forte conexão com a agenda da nanotecnologia ao coordenar, desde o início, os *sentidos e limites* ao seu desenvolvimento.

Pela leitura sistemática do texto constitucional aqui proposta, os artigos 218 e 219 devem ser analisados da forma como organizada por Octaviani (2008), visto que “obrigam a endogeneização da tecnologia e a homogeneização social, compondo o quadro de internalização dos centros decisórios que deve orientar toda regulação”, como vemos:

Art. 218. O Estado promoverá e incentivará o desenvolvimento científico, a pesquisa e a capacitação tecnológicas.

§ 1º - A pesquisa científica básica receberá tratamento prioritário do Estado, tendo em vista o bem público e o progresso das ciências.

§ 2º - A pesquisa tecnológica voltar-se-á preponderantemente para a solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional.

§ 3º - O Estado apoiará a formação de recursos humanos nas áreas de ciência, pesquisa e tecnologia, e concederá aos que delas se ocupem meios e condições especiais de trabalho.

§ 4º - A lei apoiará e estimulará as empresas que invistam em pesquisa, criação de tecnologia adequada ao País, formação e aperfeiçoamento de seus recursos humanos e que pratiquem sistemas de remuneração que assegurem ao empregado, desvinculada do salário, participação nos ganhos econômicos resultantes da produtividade de seu trabalho.

§ 5º - É facultado aos Estados e ao Distrito Federal vincular parcela de sua receita orçamentária a entidades públicas de fomento ao ensino e à pesquisa científica e tecnológica.

Art. 219. O mercado interno integra o patrimônio nacional e será incentivado de modo a viabilizar o desenvolvimento cultural e sócio-econômico, o bem-estar da população e a autonomia tecnológica do País, nos termos de lei federal.

Sobre a dicção do artigo 218, vale rememorar lição de Grau (1990, pp. 264-265):

Diz o § 1º que a pesquisa científica terá em vista, além do progresso das ciências, o bem público. Aqui se coloca indagação tormentosa, que enuncio nos seguintes termos: a serviço de que interesses está (ou deveria estar) a Universidade? O que inspira a consagração, no texto constitucional, da regra de que ora cogito é a verificação de que, hoje, o fator desenvolvimento nacional já não é mais tão-somente a acumulação de capital, mas, também, a acumulação de saber e tecnologia. Esta, em verdade, a razão do declínio da importância relativa das patentes de invenção, ao qual corresponde a

elevação da relevância dos contratos de *know-how*: a necessidade de reservar conhecimentos técnicos acumulados impõe a manutenção em segredo – em “caixas pretas” – dos novos inventos. Por isso mesmo se impõe a revisão da noção mesma de “transferência de tecnologia”. Essa *transferência* em regra não se manifesta, no mercado internacional, senão como mero *aluguel de tecnologia*. É que a tecnologia é um elemento antropológico, razão pela qual só pode haver *absorção* dela quando houver capacidade nacional de saber científico. A tarefa de viabilizar o rompimento do processo de dependência tecnológica no qual estão embrenhadas as sociedades subdesenvolvidas é missão do Estado, ainda que a evolução tecnológica haja de ser empreendida pela empresa – não mais pelo indivíduo.

Na análise da política de nanotecnologia, merece especial atenção o sentido e o propósito de seu desenvolvimento. Primeiro, pela importância que o controle da tecnologia representa para a organização da economia mundial – seja em termos de volume de recursos movimentados ou na questão estratégica que determinados eixos de desenvolvimento representam. Além disso, deve-se ter em conta que desenvolver tecnologia na periferia possui limitações e objetivos diferentes daqueles experimentados por países do centro, que já gozam de estrutura social e econômica em patamar superior.

Da forma como estão organizados, os comandos constitucionais são imperativos no sentido de orientar o desenvolvimento tecnológico com vistas a superar as desigualdades e erradicar a pobreza (artigo 3º.), bem como para a “solução dos problemas brasileiros e para o desenvolvimento do sistema produtivo nacional e regional”. Sobre o artigo 219, adotamos a posição de Octaviani (2008, pp. 188-189):

A letra do artigo determina que “o mercado interno integra o patrimônio nacional”, subordinando-o, portanto, à vontade política, não sendo o “mercado” livre, mas sim funcionalizado. Como afirmei em outra oportunidade, ao estudar a subordinação do direito financeiro às pautas constitucionais, “integrar o patrimônio de alguém é submeter-se às posições jurídicas determinadas pelo titular do patrimônio. O titular do patrimônio é ‘a Nação’ e o objeto são as relações econômicas, de produção, de circulação, de poupança e de consumo. Não é teoria econômica adotada pela Constituição qualquer teoria que diga que o mercado é ou deva ser livre; tal pode ser um discurso sobre a Constituição, jamais o discurso da Constituição. O ‘mercado interno’ deve obedecer à Nação e viabilizar as duas tarefas de superação do subdesenvolvimento: a eliminação das assimetrias entre as classes e setores sociais, internamente (‘viabilizar o bem-estar da população’, ‘viabilizar o desenvolvimento sócio-econômico da população’, ‘viabilizar o desenvolvimento cultural da população’), e entre os países, externamente (‘viabilizar a autonomia tecnológica do país’). A concretização do artigo 219 da Constituição Federal é a superação do subdesenvolvimento brasileiro. Incentivar o mercado interno é, portanto, distribuir renda e realizar políticas de bem-estar, liberando os efeitos de

aumento de demanda que Furtado afirma terem ocorrido na virtuosa industrialização central, como mencionado anteriormente. Esse processo estabelece a internalização de centros decisórios, e, nessa chave, Eros Grau pôde afirmar que “a integração do mercado interno ao patrimônio nacional se dá na medida em que a Constituição o toma como expressão da soberania econômica nacional.”

A reflexão de Octaviani remete-nos à proteção do mercado interno como parte constitutiva de nosso patrimônio, internalizando os centros decisórios e promovendo o desenvolvimento tecnológico autônomo. Esta forma de organização do mercado busca, assim, alcançar os objetivos da República já citados, que podem ser definidos como a superação de nossa condição de subdesenvolvimento.

Desta forma, da leitura sistemática do texto constitucional, principalmente seus artigos 218 e 219, concordamos que as formas de atuação do Estado na economia devem, portanto, materializar os sentidos identificados na Carta Magna. No entanto, pela potencialidade que este programa constitucional traz àqueles interessados na promoção do desenvolvimento emancipador, nos termos propostos por Furtado, a Constituição Econômica e Dirigente brasileira passou a sofrer sistemáticas tentativas de enfraquecimento e desfiguração.

Os meios e os mecanismos adotados para estes fins foram muitos: desde a tentativa de criminalização do déficit público, passando pela desconstrução conceitual da “norma programática” como primeiramente havia sido proposto por Crisafulli (apud BERCOVICI, 2005, p. 39), além das operações cirúrgicas praticadas no capítulo da Ordem Econômica pelas Emendas Constitucionais nº. 6 e 9. Sobre a distorção quanto à interpretação da norma programática, Bercovici (2005, p. 40) escreve:

Norma programática passou a ser sinônimo de norma que não tem qualquer valor concreto, contrariando as intenções de seus divulgadores. Toda norma incômoda passou a ser classificada como ‘programática’, bloqueando, na prática, a efetividade da Constituição e, especialmente, da Constituição Econômica e dos direitos sociais.

Este movimento de constrição à efetivação do projeto de desenvolvimento provocou o que Bercovici e Massonetto (2006, p. 19) denominaram a agonia da Constituição Econômica, operada pela blindagem da Constituição Financeira:

Por outras palavras: a constituição dirigente das políticas públicas e dos direitos sociais é entendida como prejudicial aos interesses do país, causadora última das crises econômicas, do déficit público e da ‘ingovernabilidade’; a constituição dirigente invertida, isto é, a constituição dirigente das políticas neoliberais de ajuste fiscal é vista como algo positivo para a credibilidade e a confiança do país junto ao sistema financeiro internacional. Esta, a constituição dirigente invertida, é a verdadeira constituição dirigente, que vincula toda a política do Estado brasileiro à tutela estatal da renda financeira do capital, à garantia da acumulação de riqueza privada.

De acordo com os autores (2006, p. 18), tais mecanismos limitaram substancialmente a efetivação – e mesmo o planejamento – do projeto emancipatório contido no texto constitucional, processo este que se *aperfeiçoou* com a aprovação da Lei de Responsabilidade Fiscal:

A Lei de Responsabilidade Fiscal e a insana proposta de emenda constitucional instituindo o déficit nominal zero são meios de excluir o orçamento da deliberação pública, garantindo metas de política monetária muitas vezes impostas de fora e em favor de interesses econômicos privados, que desejam uma garantia sem risco para seus investimentos ou para sua especulação financeira. A implementação da ordem econômica e da ordem social da Constituição de 1988 ficaram restritas, assim, às sobras orçamentárias e financeiras do Estado. A constituição financeira de 1988 foi, deste modo, ‘blindada’. A Lei de Responsabilidade Fiscal apenas complementa este processo, ao vedar a busca do pleno emprego e a implementação de outra política financeira. Neste processo é importante ressaltar a edição da Lei nº. 10.028, de 19 de outubro de 2000, que, dentre várias medidas draconianas, tipifica como crime a promoção do déficit público.

O cenário traçado cria um gigante com pés de barro: o projeto nacional de desenvolvimento, originado na Era Vargas e que a muito custo ganhou força e forma constitucionais, foi desmantelado ao longo do período neoliberal que marcou as décadas de 1990 e 2000 no Brasil; um Estado a se construir com pouquíssimas ferramentas. A saída apontada por Bercovici é o adensamento do processo democrático e publicista: “a necessidade de pensar a possibilidade do desenvolvimento e da inclusão social no Brasil, mesmo sob as condições mais desfavoráveis do estado de exceção econômico, é ainda mais fundamental”.

Octaviani (2008, pp. 25-26), ao analisar estes aspectos da obra de Bercovici e Furtado, conclui que:

Perante esse quadro, também ele duríssimo, pois as estruturas materiais, simbólicas e institucionais de longo prazo operadas pelas elites parecem de uma força indestrutível, o autor move-se para o campo das apostas, para a construção de um novo momento do poder constituinte. Sendo o estado de exceção o antídoto ao poder constituinte, a única possibilidade parece ser reativar o poder constituinte, em antídoto ao estado de exceção: “A alternativa ao estado de exceção econômico permanente e às ameaças de dissolução da soberania popular, do Estado e do poder constituinte do povo é o resgate mais intenso da democracia.”. O quadro de bloqueio à democracia nos leva à obrigação de reativá-la, ainda que por caminhos até agora insuspeitos ou não alcançados: “A necessidade de pensar a possibilidade do desenvolvimento e da inclusão social no Brasil, mesmo sob as condições mais desfavoráveis do estado de exceção econômico, é ainda mais fundamental.” Essas me parecem afirmações no terreno das apostas, ecoando a “Nota Justificativa” de Celso Furtado – um dos diletos na reflexão do autor – a um livro em que denuncia a interrupção da construção brasileira: “Resistir à visão ideológica dominante seria um gesto quixotesco, que serviria apenas para suscitar o riso da platéia, quando não o desprezo de seu silêncio. Mas como desconhecer que há situações históricas tão imprevistas que requerem a pureza de alma de um Dom Quixote para enfrentá-las com alguma lucidez? E como a História ainda não terminou, ninguém pode estar certo de quem será o último a rir ou a chorar.” O autor lê o mundo a partir do estado de exceção permanente e não gosta do que vê, mas diz que a ação política poderá fazer diferença. Em sua reflexão, o estado de exceção, ainda, não escreveu o futuro.

Para defender e implementar uma política de desenvolvimento autônomo – política e tecnologicamente – cabe-nos, portanto, operar não só com os comandos constitucionais originários do poder constituinte, mas resgatar na ação política o sentido de nosso desenvolvimento, utilizando os instrumentos que ainda nos restam e tantos outros quantos nossa criatividade permita.

b. AS FORMAS DE ATUAÇÃO DO ESTADO

O planejamento foi a grande invenção do capitalismo moderno

Celso Furtado, 1999, p. 77

Uma forma de ativação dos comandos constitucionais é a atuação do Estado. Como apontado por Grau (1990, p. 91), toda atuação estatal é expressão de um ato intervenção. A intervenção, por sua vez, implica precisamente na *atuação na área de outrem*. Quanto ao domínio econômico, significa que a intervenção implica na atuação estatal no campo da atividade econômica em sentido estrito.

A intervenção *no* ou *sobre* o domínio econômico está intimamente ligada à atividade de planejamento, conceituado este como:

a forma de ação estatal, caracterizada pela previsão de comportamentos econômicos e sociais futuros, pela formulação explícita de objetivos e pela definição de meios de ação coordenadamente dispostos, mediante a qual se procura ordenar, sob o ângulo macroeconômico, o processo econômico, para melhor funcionamento da ordem social, em condições de mercado (GRAU 1978, p. 65).

Como aponta Bercovici (2005, p. 70) o planejamento “embora tenha um conteúdo técnico, é um processo político, especialmente nas sociedades que buscam a transformação das estruturas econômicas e sociais”, demonstrando claramente a “conexão entre a estrutura política e a estrutura econômica, que são interligadas.”

Adotaremos a classificação de Grau acerca das três formas de intervenção estatal no domínio econômico: (a) intervenção por absorção ou participação; (b) intervenção por direção; e (c) intervenção por indução (1990, pp. 147-150).

O autor afirma que o primeiro caso trata-se de intervenção do Estado *no* domínio econômico, no campo da *atividade econômica em sentido estrito*, atuando então como agente econômico. Esta forma de intervenção no domínio econômico pode se dar de duas formas: por *absorção*, quando “o Estado assume integralmente o controle dos meios de produção e/ou troca em determinado setor da *atividade econômica em sentido estrito*; atua em *regime de monopólio*”, ou por *participação*, que ocorre quando o Estado “assume o controle de parcela dos meios de produção e/ou troca em determinado setor da *atividade econômica em sentido estrito*; atua em *regime de competição* com empresas privadas que permanecem a exercer suas atividades no mesmo setor.”

Nos dois outros casos, o Estado atua *sobre* o domínio econômico, desenvolvendo ações como regulador de *atividades econômicas em sentido estrito*. O Estado atua por *direção* quando “exerce pressão sobre a economia, estabelecendo mecanismos e normas de comportamento compulsório para os sujeitos da *atividade econômica em sentido estrito*”. Já a atuação por indução ocorre quando “o Estado manipula os instrumentos de intervenção em consonância e na conformidade das leis que regem o funcionamento dos mercados.”

Grau aponta ainda para a distinção entre as *normas de intervenção* para os casos de direção ou indução sobre o domínio econômico. No primeiro caso, diz o autor que “estamos diante de comandos imperativos, dotados de cogência, impositivos de certos comportamentos a serem necessariamente cumpridos pelos agentes que atuam no campo da *atividade econômica em sentido estrito*”.

Um exemplo de norma de intervenção por direção é a Cláusula de Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (Cláusula 24 ou Cláusula de P&D), introduzida pela ANP desde 1998 nos contratos de concessão para exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e/ou gás natural. Esta cláusula, regulada atualmente pelas Resoluções ANP 33/2005 e 47/2012, estabelece que:

Caso a Participação Especial (PE) seja devida para um campo em qualquer trimestre do ano calendário, o concessionário está obrigado a realizar despesas qualificadas com pesquisa e desenvolvimento em valor equivalente a 1% (um por cento) da receita bruta da produção para tal campo.

Além disso, determina que:

até 50% (cinquenta por cento) das Despesas Qualificadas com Pesquisa e Desenvolvimento poderão ser realizadas através de atividades desenvolvidas em instalações do próprio Concessionário ou suas Afiliadas, localizadas no Brasil, ou contratadas junto a empresas nacionais (...). O restante deverá ser destinado à contratação dessas atividades junto a universidades ou institutos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nacionais que forem previamente credenciados para este fim pela ANP.

Como resultado deste comando imperativo, no período de 1999 a 2012, a Tabela 10 indica os investimentos em P&D realizados pelas concessionárias, referente a obrigações de investimentos na fase de produção.

Tabela 10 – Recursos financeiros da cláusula de investimentos em P&D; Valores anuais das obrigações por concessionário (em R\$). Fonte: ANP, atualizado em 6.7.2012.

ANO	CONCESSIONÁRIOS		TOTAL
	PETROBRÁS	OUTROS	
1998	1.884.529,15		1.884.529,15
1999	29.002.556,00		29.002.556,00
2000	94.197.338,86		94.197.338,86

2001	127.274.445,22		127.274.445,22
2002	263.536.939,20		263.536.939,20
2003	323.299.905,80		323.299.905,80
2004	392.585.952,84	11.117.686,02	403.703.638,86
2005	506.529.318,17	2.279.136,04	508.808.454,21
2006	613.841.421,04	2.547.915,10	616.389.336,14
2007	610.244.145,63	6.259.120,69	616.503.266,32
2008	853.726.088,88	7.132.143,93	860.858.232,81
2009	633.024.263,89	5.858.019,94	638.882.283,83
2010	735.337.135,72	11.579.884,64	746.917.020,36
2011	990.479.446,41	41.413.326,29	1.031.892.772,70
TOTAL	6.174.963.486,81	88.187.232,65	6.263.150.719,46
%	98.59%	1.41%	1.00

Observamos que, com a introdução desta norma de intervenção, foi possível aplicar mais de R\$ 6 bilhões, em 14 anos, em P&D para o setor. Até 26 de dezembro de 2012, a ANP tinha cadastradas 56 Instituições de Pesquisa, requisito para a utilização dos recursos. Dentre estas instituições, vale destacar o credenciamento de dois laboratórios dedicados à nanotecnologia: Credenciamento ANP 56-B/2009, do Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia, do CETENE, vinculado ao INT; e o Credenciamento ANP 42-B/2009, do Laboratório de Nanocompósitos da UNESP, Campus Ilha Solteira.

Quanto às *normas de intervenção por indução*, Grau define:

(...) defrontamo-nos com preceitos que, embora prescritivos (deônticos), não são dotados da mesma carga de cogência que afeta as normas de intervenção por direção. Trata-se de *normas dispositivas*. Não, contudo, no sentido de suprir a vontade de seus destinatários, porém, na dicção de Modesto Carvalhosa, no de “levá-lo a uma opção econômica de interesse coletivo e social que transcende os limites do querer individual”. Nelas, a sanção, tradicionalmente manifestada como *comando*, é substituída pelo expediente do *convite* – ou, como averba Washington Peluso Albino de Souza – de *incitações*, dos *estímulos*, dos incentivos, de toda ordem, oferecidos, pela lei, a quem participe de determinada atividade de interesse geral e patrocinada ou não pelo Estado”. Ao destinatário da norma resta aberta a alternativa de não se deixar por ela seduzir, deixando de aderir à prescrição nela veiculada. Se adesão a ela manifestar, no entanto, resultará juridicamente vinculado por prescrições que correspondem aos benefícios usufruídos em decorrência dessa adesão. Penetramos, aí, o universo do direito premial.

Tais normas foram largamente utilizadas no Brasil para a promoção da inovação tecnológica e, especificamente, da nanotecnologia. Como exemplo de intervenção

do Estado no domínio econômico por participação, com elementos que indicam também a intervenção sobre o domínio econômico por indução, podemos citar a ação-piloto da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii),⁹⁹ criada pelo MCTI, em parceria com a CNI e com o apoio da FINEP.

Por meio da Portaria MCTI nº 704, de 8 de setembro de 2011, foi designado grupo de trabalho “com vistas à constituição da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial – EMBRAPII”. Além das instituições citadas, a Portaria nomeou como membros representantes do IPT, SENAI e INT.

O grupo optou por estabelecer projeto-piloto com objetivo de validar a estrutura para a futura empresa pública, que está fortemente baseada nos modelos da Embrapa e da Fundação Fraunhofer,¹⁰⁰ escolhendo celebrar contratos de gestão com o IPT (nas áreas de biotecnologia, nanotecnologia, microtecnologia e metrologia de ultraprecisão), com o SENAI/CIMATEC (nas áreas de automação e manufatura) e com o INT (nas áreas de energia e saúde).

A iniciativa tem por objetivo “fomentar projetos de cooperação entre empresas nacionais e instituições de pesquisa e desenvolvimento para a geração de produtos e processos inovadores”, com duração prevista de 18 meses (até junho de 2013), sendo possível estender a execução dos projetos em até 36 meses (até janeiro de 2015).

Da leitura das entrevistas de alguns dos membros do Comitê, pode-se extrair que a criação da Embrapii visa a intervir no processo de inovação participando mais ativamente da relação entre os centros de pesquisa e as empresas.¹⁰¹ Em entrevista, o Ministro Marco Antonio Raupp, do MCTI, deu a seguinte declaração:¹⁰²

⁹⁹ Disponível em <<http://www.ipt.br/embrapii>> Acesso em 20.12.2012.

¹⁰⁰ Conforme amplamente divulgado pela imprensa e pelo próprio governo. Disponível em <<http://www.valor.com.br/brasil/1003408/embrapa-da-industria-comeca-com-r-30-milhoes>> Acesso em 20.12.2012; Disponível em <<http://www.mcti.gov.br/index.php/content/view/343955.html>> Acesso em 20.12.2012.

¹⁰¹ Em entrevista do presidente do IPT, João Fernandes Gomes de Oliveira ao jornalista Luis Nassif, destacamos o seguinte trecho: “Pergunta: O governo federal está dedicado a apoiar a indústria brasileira, que passa por processo de desindustrialização crescente. São diversas medidas que tem sido lançadas, dentro do programa Brasil Maior. Ainda assim, nos últimos meses, mesmo com medidas relacionadas a IPI, juros e crédito, a indústria não registrou crescimento. Com essas iniciativas da Embrapii, em alta tecnologia, não estamos falando de um mundo ainda um pouco distante da realidade da indústria brasileira? Resposta: A gente acredita que esse tipo de iniciativa é um pouco imune [aos problemas da indústria]. Se estivéssemos montando um grande centro de eletrônica, iríamos arrebentar, sim. Mas dentro da nossa estratégia, consideramos investimentos em P&D e inovação em áreas que tem perspectiva de sucesso no Brasil. Não é a indústria brasileira que está se arrebentando, mas sim aqueles setores que, ao competir com o preço chinês, eles se arrebentam, porque você não

em primeiro lugar, é importante destacar que a inovação *não depende somente do governo*, mas de um *protagonismo das empresas*. Precisamos ter uma cultura empresarial inovadora, algo que está ocorrendo no Brasil. *O governo deve funcionar como um facilitador*. Para isso, *vamos estruturar a Embrapii*, que vai *aproximar* os centros de pesquisa e os institutos tecnológicos das empresas. Fizemos uma experiência, com a *gestão compartilhada* com a CNI, e a participação de três institutos. Agora negociamos a *adesão* de mais institutos, como o Coppe (RJ), o Cesar (PE) e ITA (SP), uma *gestão própria*, que vai caracterizar a *estruturação de fato da nova empresa*, e, claro, mais recursos. **A Embrapii vai fechar esse circuito de inovação no Brasil, servindo de ponte entre pesquisadores e empresários.** (destaques nossos)

Como vemos, é possível extrair que, da mesma forma como ocorre nos países do centro, no Brasil, a tentativa de utilizar instrumentos de política econômica com a finalidade de intervir *no* e *sobre* o domínio econômico para a promoção do desenvolvimento tecnológico é papel do Estado. Cabe-nos agora debruçar mais detidamente sobre os sentidos destas intervenções.

A retomada do processo interventivo do Estado no domínio econômico se fez, durante a década de 2000, com base em uma atuação *positiva* do Estado no âmbito das políticas industriais, como contraponto à década de 1990, caracterizada pelo Consenso de Washington e pela máxima do então Ministro da Fazenda, de que a melhor política industrial era não ter política industrial. Conforme exposto por Cano e Silva (2010):

A crise da dívida dos anos 1980 e a adoção da política de estabilização e da estratégia de desenvolvimento de corte neoliberal nos anos 90 (apoiada em abertura comercial, privatização de empresas estatais e desregulamentação dos mercados) interromperam esse processo. Imbuídos dos pressupostos do Consenso de Washington, seus defensores argumentavam que as “forças de mercado” promoveriam a modernização produtiva, a melhoria da competitividade e o aporte generoso de capital, tecnologia e conhecimento

consegue estabelecer uma margem com a nossa carga tributária e todos os problemas que temos do Custo Brasil diante de um preço menor que o seu. *Mas esse nosso setor é altamente tecnológico e inovador, ninguém está usando*. Pergunta: Mas para investir em nanotecnologia o Brasil ainda depende de muita tecnologia externa? Resposta: *Nano é uma área que está começando*. Então, construção civil com nano, indústria do petróleo com nano, pode-se *potencializar esses setores*, que já são fortes aqui. Então, nanotecnologia, especialmente eletrônica, dá para pegar desde o concreto, na construção civil, até proteção de duto de petróleo, até indústria química fina. E indústria química, no Brasil, não vai mal; indústria do petróleo não vai mal; construção civil vai bem. Em paralelo eu *crio uma competência* para a indústria eletroeletrônica, é como se fosse uma área que cruza tudo isso. É como uma automação, que é um negócio que se aplica em tudo, não é especificamente um setor. Disponível em <<http://www.advivo.com.br/materia-artigo/embrapii-da-os-primeiros-passos-com-o-ipt>> Acesso em 20.12.2012.

¹⁰² Entrevista concedida ao jornal Valor Econômico, do dia 20.8.2012.

oriundo do exterior. Enfim, o país integrar-se-ia às novas regras do jogo da economia globalizada. Nestes anos mal se podia falar em Política Industrial, que passou a ser vista como anacrônica e prova de insensatez e atraso.

Os autores destacam que, com o contexto da crise brasileira no final da década de 1990, houve crescente pressão do empresariado nacional para o aumento da intervenção do Estado para incentivar o crescimento econômico com *competitividade*, a palavra que caracterizava a ordem do dia. Tal pressão criou espaço para a criação dos Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, criando arcabouço de intervenção sobre o domínio econômico por indução:

O acirramento da crise econômica brasileira em 1999, no segundo mandato de FHC, voltou a abrir espaço para mais uma ação isolada, consubstanciada na experiência do “Fórum de Competitividade”, implementado pelo Ministério da Indústria e do Comércio, contra a orientação do Ministério da Fazenda, que seguia vetando qualquer iniciativa de Política Industrial e assim se manteve até o final do governo FHC. Mais uma vez, tratava-se de um *esforço de coordenação* entre atores em uma tentativa de fortalecer cadeias produtivas. Também neste contexto, foram criados a partir de 1999 os Fundos Setoriais de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, com base em contribuições do setor privado. (destaques nossos)

Cano e Silva (2010, p. 5) apontam que a alta vulnerabilidade externa da economia brasileira, acrescido de intensa discussão acerca da forma de inserção econômica internacional do país, conduziram os debates para o resgate de uma política industrial efetiva. Além disso, a necessidade de articulação e coordenação de uma nova política de desenvolvimento nacional era reforçada pelo elevado passivo externo e a crescente dívida interna.

No início do Governo Lula, este cenário conduziu à efetivação da suspensão ao veto à uma política industrial efetiva, porém garantindo uma política macroeconômica extremamente ortodoxa, com juros altos, garantia de superávit fiscal primário, regimes de meta de inflação e câmbio flutuante. Fica claro que a *intenção* desenvolvimentista não combinava com os *instrumentos efetivos* de política econômica e fiscal, contribuindo para o acirramento das contradições deste modelo, como exposto por Cano e Silva (2010, pp. 6-7):

Se de um lado deu continuidade à política macroeconômica anterior, de outro lado o governo Lula logo acabou com o veto à Política Industrial e iniciou a formulação da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE), elaborada ao longo de vários meses, 9 contando com a

contribuição de notórios especialistas em política industrial, tecnológica e de comércio exterior. Esta combinação contraditória criou um grave paradoxo, na medida em que, estando fortemente limitado em mover os instrumentos clássicos do câmbio, dos juros e do gasto público, não teria como soltar as amarras para a política industrial.

Bem recebida por muitos, a implementação da PITCE teve, no entanto, que enfrentar muitas dificuldades, entre elas a herança herdada dos anos 1990, quando foram extintas ou esvaziadas muitas das instâncias de coordenação e de planejamento que desempenharam papel importante ao longo do processo de industrialização: conselhos interministeriais, órgãos de planejamento etc., além das instâncias que existiam no interior das empresas públicas de infraestrutura que foram privatizadas. Na lista dos sobreviventes: as esvaziadas agências de desenvolvimento regional, um BNDES desfigurado, o BB e a CEF com atuações acanhadas, o Sebrae com atuação isolada, alguns outros arranjos institucionais, além de um conjunto desarticulado de instrumentos, criados em geral para minimizar distorções geradas pela política econômica.

Ou seja, vemos claramente neste contexto que a blindagem da Constituição Financeira causava a agonia da Constituição Econômica (BERCOVICI e MASSONETO, 2006). Faltavam-nos elementos de efetivação da agenda desenvolvimentista, ainda que as intenções políticas tivessem sido alteradas, os instrumentos de intervenção no domínio econômico, científico e tecnológico sofriam com uma estrutura corroída pela agenda neoliberal da década anterior. O desafio passou, então, pela tentativa de reconstrução destes instrumentos.

c. GENEALOGIA DE NOSSA BREVE HISTÓRIA

A leitura da Política Nacional de Nanotecnologia se faz inserida neste contexto: a *decisão de planejar* advinda da recuperação do ativismo e protagonismo estatais na retomada da agenda industrial (em forte parceria com o empresariado nacional); a *implementação do plano* calcado em um modelo tripartite, formado pelas finanças do Estado (BNDES, FINEP e FAPs), pelas instituições de ensino superior (principalmente as universidades públicas) e a indústria nacional; que culminam *no(s) plano(s) em si*.¹⁰³ Aqui,

¹⁰³ Por conta da revogação do artigo 171 da Constituição Federal pela Emenda Constitucional nº 6/95, a construção do conceito de empresa nacional e empresa brasileira de capital nacional passou a ser objeto de

sua análise levará em conta o movimento das Políticas Industriais pela promoção da inovação tecnológica, articuladas aos Planos de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação.

Pensamos em organizar a exposição da PNN a partir de uma dimensão cronológica, vinculada apenas à sua inserção nas Políticas Industriais do Governo Federal (PITCE I e II, PDP e PBM). No entanto, tal exposição poderia nos fazer perder determinados momentos de maior adensamento do processo, determinantes à existência da política e à extração de seus sentidos. Desta forma, propusemos uma organização que possibilitasse debruçar sobre dois dos mecanismos de articulação e fomento da iniciativa brasileira: (i) as políticas industriais do Governo Federal, sua intersecção com as políticas de ciência, tecnologia e inovação, acrescido dos documentos organizados pelo MCTI e ABDI em torno da nanotecnologia e (ii) o papel do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, organizado pelo MDIC, como articulador do desenvolvimento da nanotecnologia entre setor privado, trabalhadores, academia e governo.

Inicialmente, a partir da dogmática proposta pelo Direito Econômico, analisaremos os dados oficiais disponibilizados pelo MCTI¹⁰⁴, MDIC e Presidência da República acerca dos principais instrumentos da política de nanotecnologia brasileira a partir de 2001. O recorte foi realizado para possibilitar a análise dos investimentos públicos efetivados de forma coordenada pelo Estado, em torno de uma iniciativa nacional articulada, que nos permita extrair os sentidos e os desafios que a política objetivou superar.

Neste ponto, vale apontar para duas outras iniciativas que, ao nosso ver, já antecipavam a necessidade de se abordar o desenvolvimento da nanotecnologia de forma integrada no Brasil e justificam a decisão posterior pela construção da PNN. Estas iniciativas foram elaboradas pelo CNPq e CAPES, entre 2001 e 2003, visando à criação de redes de pesquisa dedicadas à nanotecnologia no país.

Ainda que existam investimentos anteriores a 2001, concordamos com Martins et al (2007, p. 11) quando indicam que tais investimentos não respeitaram a uma lógica

disputa de recursos financeiros do Estado e interpretação por seus órgão de controle. Vide GRAU, Eros Roberto, “A Ordem Econômica na Constituição de 1988”, pp. 269-277.

¹⁰⁴ Por meio da Medida Provisória 541, convertida na Lei 12.545, de 14 de dezembro de 2011, foi acrescentado o termo “Inovação” ao antigo Ministério da Ciência e Tecnologia, fazendo-o passar a se chamar Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Quando fizermos referência a documentos históricos, optamos por utilizar a denominação antiga do MCTI, ou seja, MCT.

coordenada nacionalmente, mas sim observaram a lógica já existente em nosso sistema quanto à concessão de bolsas ou aquisição de equipamentos,¹⁰⁵ com baixo grau de sistematicidade.

O primeiro passo para o desenvolvimento da nanotecnologia se deu quando o CNPq apoiou, em 2001, a formação de quatro redes cooperativas de pesquisa e quatro institutos virtuais do Milênio, com investimento de R\$ 30 milhões em quatro anos (MCTI, 2012, p. 15; MARTINS et al, 2007, p. 11), por meio do Edital CNPq/Nano n. 1/2001, cujo objetivo era¹⁰⁶:

Fomentar a constituição e consolidação de Redes Cooperativas Integradas de Pesquisa Básica e Aplicada em Nanociências e Nanotecnologias, organizadas como centros virtuais de caráter multidisciplinar e abrangência nacional, doravante denominadas Redes, através do apoio e projetos de pesquisa científica e/ou desenvolvimento tecnológico, em temas selecionados nas linhas de pesquisa em nanociências e nanotecnologias para 2001-2002.

A intenção do Edital na formação das Redes era (i) dar início a um processo de criação e consolidação de competências nacionais; (ii) identificar grupos ou instituições de pesquisa que desenvolviam ou pudessem vir a desenvolver projetos relacionados com a área de nanociências e nanotecnologias; (iii) estimular a articulação desses grupos e instituições com empresas potencialmente interessadas e atuantes no setor, além de buscar promover seu intercâmbio com centros de reconhecida competência no País e no exterior.

O Edital em questão foi objeto de detido estudo por Martins et al. (2007), que indicaram haver, desde então, uma clara concepção do processo de desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil:

A concepção hegemônica encontrada em todas as ações relativas ao desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia no Brasil a partir do *Edital CNPq Nano n 01/2001* é a de que quem é capaz de contribuir para a identificação, qualificação e solução dos problemas relevantes a esse desenvolvimento são aqueles que estão na academia fazendo nanociência e nanotecnologia, aqueles que estão fazendo políticas públicas em nanociência

¹⁰⁵ Trata-se, especificamente, de investimentos realizados pelo CNPq para a aquisição de equipamentos para técnicas de crescimento epitaxial de semicondutores realizada em 1987, bem como teses em nanociências e nanotecnologia pelo país.

¹⁰⁶ Em nossa pesquisa, não foi possível localizar o original do edital na base de dados do CNPq. As informações aqui expostas foram retiradas de dados posteriores disponibilizados pelo MCT e o trabalho de Paulo Roberto Martins et al “*Revolução Invisível – Desenvolvimento Recente da Nanotecnologia no Brasil*”, São Paulo: Xamã, 2007.

e nanotecnologia no âmbito do Estado brasileiro e o setor empresarial (aquele que sempre se busca), seja em termos de associações representativas de segmentos do setor ou especificamente representantes das empresas. Embora os recursos públicos aplicados no desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia sejam oriundos dos impostos pagos pela sociedade, os atores e agentes sociais tais como entidades de defesa do interesse difuso da sociedade (meio ambiente, saúde, consumidor), entidades representativas dos trabalhadores (como centrais sindicais, sindicatos e seus órgãos de assessoria), entidades de defesa dos direitos humanos, entidades relativas ao direito à saúde, entidades de defesa da participação popular, entidades religiosas etc. O desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia no Brasil, portanto, nasceu e permanece até o presente sob a égide de que não deve haver controle social sobre ele. Quem deve decidir são os ‘especialistas no assunto’, o Estado – mais especificamente o MCT – e segmentos empresariais que conseguem acesso a conselhos e/ou decisões ministeriais.

O Edital focava no recebimento de propostas para o desenvolvimento de pesquisas envolvendo materiais nanoestruturados, nanobiotecnologia/nanoquímica e nanodispositivos. Além disso, previa a necessidade e capacidade da articulação das Redes da seguinte forma:

Essas redes deverão 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 nanociências e nanotecnologias no Brasil. Para tanto, esta chamada disponibiliza de modo integrado o conjunto de instrumentos operados pelo CNPq. Deverão ter prioridade de atendimento as propostas que apresentem soluções inovadoras do ponto de vista do arranjo institucional proposto para, entre outros objetivos, iniciar um processo de consolidação dos grupos já atuantes no tema, estimulando-os a exercer um papel de relevância na formação e capacitação de recursos humanos especializados em todos os níveis e no apoio a grupos emergentes ou em formação.

Por sua vez, a CAPES lançou, em setembro de 2002, um “Programa Nacional de Nanotecnologia”,¹⁰⁷ estruturado a partir de proposta encaminhada pelo LNLS para a formação de mestres e doutores em nanotecnologia. De acordo com a CAPES, a proposta sugeria a participação da Agência “num programa de porte nacional na área da Nanotecnologia e Nanociência a ser financiado por um conjunto amplo de órgãos, ministérios e agências”, cabendo à CAPES o financiamento, em caráter piloto, de um pequeno número de bolsas de doutorado pleno em Nanociência e Nanotecnologia.

¹⁰⁷ Informações disponíveis em <<http://www.capes.gov.br/bolsas/programas-especiais/nanotecnologia>> Acesso em 20.12.2012.

No mesmo mês, a Diretoria de Programas da CAPES concedeu seis bolsas de doutorado pleno para o LNLS, financiadas por meio de convênio firmado entre a Agência e a ABTLuS (mantenedora do LNLS), com vigência entre janeiro de 2003 e abril de 2007, no âmbito do PROCAD/Programa Nacional de Nanotecnologia da CAPES, considerado como um Programa Especial, executado pela Coordenadoria de Programa Especiais.

Esta iniciativa, que antecede a criação de uma política de caráter transversal pelo MCTI, tinha como ideia inicial:

desencadear um programa de abrangência nacional, conduzido através de uma sistemática diferenciada dos programas regulares da CAPES, onde as bolsas possam ser utilizadas por alunos de qualquer curso de pós-graduação (cuja proposta de tese possua, obrigatoriamente, um caráter multidisciplinar) credenciado pela CAPES, não sendo necessário o envolvimento de pesquisadores do LNLS em nenhum estágio do Programa. Isso significa dizer que pedidos de bolsa poderão vir de qualquer programa de pós-graduação recomendados pela CAPES, vinculado a instituição de pesquisa e/ou ensino superior brasileira, devendo ser encaminhados por dois pesquisadores co-orientadores de áreas do conhecimento distintas. A seleção e o acompanhamento das bolsas ficará sob responsabilidade do LNLS.

A CAPES disponibilizou informações apenas do primeiro ano de execução do Convênio com a ABTLuS, cujas seis bolsas totalizaram investimentos da ordem de R\$ 77.248,08.

Estas iniciativas, como dito, antecederam a criação de uma estratégia coordenada de desenvolvimento científico e tecnológico para a nano, que se deu inicialmente com os estudos preparatórios para um plano de ação em ciência, tecnologia e inovação, vinculado ao PPA de 2004-2007, como destacado pelo Presidente Lula em discurso de lançamento da PNN, em 19 de agosto de 2005:¹⁰⁸

¹⁰⁸ No mesmo ano, o Deputado Federal Edson Duarte (PV-BA) apresentou o Projeto de Lei 5076/05, que propunha a criação de uma política nacional para o setor de nanotecnologia, com a regulamentação do uso e da pesquisa na área, além da necessidade de autorização prévia, pelo poder público, das pesquisas na escala nano por meio da criação de uma Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança (CTNano), ligada à Presidência da República, com representantes da academia e de diversos Ministérios. O projeto previa que a União participaria da receita obtida com a comercialização de produtos e processos advindos de pesquisa por ela financiada. Para o financiamento das atividades, seria criado o Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia – FDNano, que receberia 10% dos recursos do FNDCT. A proposta previa, ainda, a rotulagem de todos os produtos advindos de manipulação nanotecnológica. O Projeto tramitava em caráter conclusivo e foi analisado pela Comissão de Ciência e Tecnologia, Comunicação e Informática (Relatora Deputada Luiza Erundina – PSB/SP), pela Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio (Relator Deputado Federal Léo Alcântara – PSDB/CE) e pela Comissão de Finanças e Tributação (Relator Deputado Duarte Nogueira). Todos votaram pela rejeição do PL, que acabou arquivado pela Mesa Diretora da Câmara dos Deputados em sessão do dia 28.11.2008. De acordo com a Agência Câmara de Notícias (2.6.2008), ao apresentar parecer contra a aprovação,

Em 2004, o Ministério da Ciência e Tecnologia elaborou um plano de ações que orienta os programas e projetos federais. Além disso, estabelece as normas para sua articulação institucional com outras áreas públicas e privadas. Esse plano tem quatro eixos básicos: primeiro, política industrial e tecnológica; segundo, expansão e consolidação do sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação; terceiro, objetivos estratégicos nacionais, englobando os programas espacial e nuclear, a Amazônia, o Cerrado e o Semi-Árido nordestino; e, por último, ciência e tecnologia para inclusão social. A implementação da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, iniciada em 2004 e intensificada neste ano, a partir da criação da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, é um dos principais pontos do plano. Essa política está fortemente ancorada na execução financeira do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e as principais fontes de financiamento da pesquisa no Brasil, os fundos setoriais, vêm recebendo aportes crescentes.

Tais iniciativas, ainda que isoladas, constituem o pano de fundo que dimensionou a relação entre desenvolvimento econômico e promoção da ciência, tecnologia e inovação na nanotecnologia. A seguir, na Tabela 11, organizamos os principais instrumentos articulados pelo Estado na promoção da nanotecnologia ao longo da década de 2000 e início da década de 2010.

Tabela 11 – Cronologia dos principais eventos relacionados à Política Nacional de Nanotecnologia

a Deputada Erundina destacou que a lei brasileira já tem importantes avanços na área, como, por exemplo, a Lei de Biossegurança (11.105/05), que estruturou o CTNBio. Para a relatora, a proteção da saúde e do meio ambiente e eventuais sanções já são contempladas em leis como a de Crimes Ambientais (9.605/98), a que define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (9782/99) e a própria Lei de Biossegurança. Erundina observou ainda que o Poder Executivo, com base no Código de Defesa do Consumidor (Lei 8078/91), já estabeleceu critérios para a rotulagem de alimentos transgênicos, por meio do Decreto 4680/03. "Por analogia, o mesmo princípio deve ser aplicado aos produtos oriundos de intervenções nanotecnológicas", disse. A deputada avaliou que a análise governamental prévia de pesquisas nanotecnológicas privadas poderia atrasar o desenvolvimento e a inovação. Segundo ela, a autorização prévia para todas as pesquisas pressupõe que o Poder Público tenha condições de fiscalizar todas as atividades de pesquisa nas empresas privadas, o que seria pouco provável. A deputada lembrou que especialistas apontam que os países que mais investirem e dominarem a nanotecnologia terão acesso a melhores produtos e serviços, e possuirão as maiores oportunidades de desenvolvimento econômico e comercial, lembrando que "em 2007, o Brasil destinou apenas R\$ 1 milhão de reais para a atividade nanotecnológica. Para 2008, a previsão é de R\$ 20 milhões". Na Comissão de Desenvolvimento Econômico, Indústria e Comércio, o Relator, deputado Léo Alcântara (PSDB-CE), indicou que seria cedo para impor regras a essa atividade científica: "no atual estágio da nanotecnologia, ainda não é possível sequer definir o seu campo de abrangência", ressaltou. "Uma regulamentação prematura poderia inibir investimentos e criar obstáculos para o desenvolvimento desse tipo de tecnologia." De acordo com a mesma agência de notícias, o autor do projeto, afirmou que seria importante regulamentar a nanotecnologia para evitar danos ao meio ambiente e à saúde. Ele cita como exemplo os chamados *nanobots*, projetados para eliminar células doentes do corpo humano, mas que podem provocar efeitos colaterais de alto risco e ainda desconhecidos. "Existe uma grande apreensão quanto a isso no meio acadêmico", disse Edson Duarte. Para o deputado, "apesar dos inúmeros benefícios que essa tecnologia pode trazer, é preciso controlar a sua experimentação e estabelecer diretrizes para que ela não se transforme em risco para o ser humano".

2001	Edital CNPq Nano 01/2001 cria as 4 Redes e apoia 4 Institutos do Milênio em nanotecnologia
2003	Instituído Grupo de Trabalho para o Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia
2003	Criada a Coordenação-Geral de Políticas e Programas de Nanotecnologia, atualmente CGNT (Decreto 4.724)
2004	Início do Programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, no âmbito do PPA 2004-2007
2004	Constituído GT para estudo sobre a implantação do Laboratório Nacional de Micro e Nanotecnologia (Portaria MCT 346)
2004	Criada a Ação Transversal de Nanotecnologia nos Fundos Setoriais
2004	Lançamento da PITCE, que considera a nanotecnologia como "área portadora de futuro"
2004	Criada a ABDI, Lei 11.080/2004
2004	Instituída a Rede BrasilNano (Portaria MCT 614)
2005	Designados membros para composição do Conselho Diretor da Rede BrasilNano (Portaria MCT 192)
2005	Assinado o Protocolo de Intenções entre Brasil e Argentina que criou o CBAN
2005	Novo modelo de gestão dos Fundos Setoriais cria a Ação Transversal em Nanotecnologia
2005	Lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia
2005	Criada coordenação de Nanotecnologia no CETENE (Portaria MCT 491)
2006	Início das atividades do CBAN
2006	Edital MCT/CNPq nº 42/2006 - Programa Nacional de Nanotecnologia - Jovens Pesquisadores.
2008	Edital MCT/CNPq/FNDCT/CAPES/FAPEMIG/FAPERJ/FAPESP 15/2008 - Institutos Nacionais de Tecnologia. Seleção de oito institutos de nanotecnologia no Norte, Nordeste e Centro-Oeste.
2009	Criação, no âmbito da PDP, do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia
2009	Apoio à interação entre grupos e redes de pesquisa e a Petrobras nas questões relacionadas com P&D em Nanotecnologia.
2010	Fórum de Inovação de Nanotecnologia nas Empresas Estatais.
2010	Edital MCT/CNPq nº 74/2010 - Seleção pública de propostas para apoio à formação de redes cooperativas de pesquisa e desenvolvimento em Nanociência e Nanotecnologia.
2010	Inauguração do Centro de Caracterização em Nanotecnologia (Cenano) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCT); propostas para a incubação de empresas de nanotecnologia; seleção de gestor de fundo de investimento em empresa emergente (capital de risco) em fase de seleção.
2011	Realização de 3 Chamadas Públicas de Projetos de PD&I em Nanotecnologia
2011	MDIC e ABDI, por recomendação do FCN, organizam o 1o. Workshop Nanotecnologias: da ciência ao mundo dos negócios
2011	Criado o Comitê Consultivo em Nanotecnologia – CCNano (Portaria MCT 260)
2012	Criado o Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia (Portaria MCT 117)
2012	Criado o Comitê Interministerial de Nanotecnologia – CIN (Portaria Interministerial 510)
2012	Instituído o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia – SisNANO (Portaria MCT 245)
2012	Lançamento do PBM e da ENCTI 2012-2015, com ações estruturantes na área de Nanotecnologia

Como se vê, a caracterização da Política Nacional de Nanotecnologia – ora denominada “Programa”, ora “Iniciativa”, ora “Estratégia” – representa a somatória dos instrumentos mobilizados pelo Estado desde 2001. Sua organização se deu majoritariamente por meio da atuação do MCTI e MDIC, ancorados nas políticas industriais e de C,T&I elaboradas pelo Governo Federal e instrumentalizadas, nestes Ministérios, por meio de Editais e Portarias Ministeriais ou Interministeriais. A denominação, para nós, não é determinante, mas indica a falta de coordenação e clareza de propósitos políticos para o desenvolvimento da nanotecnologia.¹⁰⁹

Como destaca Rezende (2010, p. 305), a década de 2000 representa a rearticulação recente da promoção e investimento sistemático em ciência e tecnologia no país, que enfrentou quadro drástico no final da década de 1990, inclusive com a desativação, em 1999, do PADCT, que vigorava desde 1983. No entanto, o autor aponta que este período foi marcado como transitório entre as contingências econômicas provocadas pela política fiscal do governo FHC e a criação das bases para o processo de reconstrução da política de ciência e tecnologia, principalmente por conta da criação dos Fundos Setoriais.

A seguir, e independente de sua denominação, analisaremos a Política Nacional de Nanotecnologia a partir de três focos distintos da atuação do Estado: (i) a retomada (e a convergência) das políticas industriais e de ciência, tecnologia e inovação, (ii) o papel do MCTI e da ABDI na promoção da nanotecnologia e (iii) a interlocução entre iniciativa privada e governo conduzida no Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, coordenado pelo MDIC.

i. AS POLÍTICAS INDUSTRIAIS E DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO GOVERNO FEDERAL

¹⁰⁹ Temos o dever de apontar a falta de padronização (e mesmo de sistematização) da experiência brasileira de desenvolvimento da nanotecnologia. Durante pouco mais de uma década, a política de promoção da nano já figurou com diversas roupagens: Programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, em 2004; Programa Nacional de Nanotecnologia, em 2005, e, mais recentemente, Iniciativa Nacional em Nanotecnologia. Tal fato denota a falta de clareza e planejamento desta política que, de tempos em tempos, parece precisar ser “repaginada”, mesmo que continue utilizando dos mesmos instrumentos e sendo promovida pelos mesmos atores e Ministérios. Se hoje um pesquisador, investidor, trabalhador ou um cidadão comum quiser analisar o histórico da nanotecnologia brasileira, terá de adentrar em verdadeiro labirinto kafkiano, composto de uma quantidade desnecessária de Portarias, Planos, Projetos e Programas, que só dificultam a propagação de conhecimento desta área tão estratégica ao nosso desenvolvimento econômico e tecnológico.

A organização deste subitem se fará em função das políticas industriais e de ciência e tecnologia adotadas pelo país após a retomada da agenda desenvolvimentista pelo governo federal. O que servirá de elo entre as políticas será justamente a forma como a nanotecnologia foi tratada no planejamento industrial brasileiro ao longo dos últimos dez anos, iniciando-se – depois da constituição das Redes de Pesquisa em Nanotecnologia¹¹⁰ – com os debates preparatórios para o PPA 2004-2007, que culminaram no “Programa Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia” (ou “Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia”).

Em seguida, analisaremos a PITCE I – que criou o “Programa Nacional de Nanotecnologia” (PNN) – a PDP, que organiza o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, a cargo do MDIC, para, por fim, analisar o *locus* da nanotecnologia no PBM.

1. O PPA 2004-2007 E PROGRAMA DESENVOLVIMENTO DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA

Em 2003, por meio da Portaria MCT nº 252, de 16 de maio, foi constituído Grupo de Trabalho com membros de universidades (UFMG, UFRJ, UFPE, UFRGS e Unicamp), representantes do BNDES, Embraer, CNPq, Instituto Genius de Tecnologia (Manaus) e da empresa de semicondutores Aegis. O Grupo tinha por dever “apresentar o documento do Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia até o dia 15 de junho de 2003”. Ou seja, teria um mês de trabalho para elaborar o planejamento da nanotecnologia no Brasil para um período de quatro anos.

Em seu relatório, o Grupo diagnosticou existir no Brasil uma produção científica significativa em temas como “manipulação de nano-objetos, nanoeletrônica, nanomagnetismo, nanoquímica e nanobiotecnologia, incluindo os nanofármacos, a nanocatálise e as estruturas nanopolímeras”. Aliado ao fato de que havia “uma produção tecnológica representada por patentes e projetos sendo executados por empresas, isoladamente ou em cooperação com universidades ou institutos de pesquisa”, era então evidente que existia “lastro significativo de competências e infraestruturas, que está sendo mobilizado pelas

¹¹⁰ De acordo com a CGNT (2006, p. 2), esta iniciativa permitiu o mapeamento das competências nacionais. Entre 2002 e 2005 as redes envolveram 300 pesquisadores, 77 instituições de ensino e pesquisa, 13 empresas, publicaram mais de 1000 artigos científicos e depositaram mais de 90 patentes.

atividades de nanotecnologia”, representando então “um razoável nível de desenvolvimento no país e de inserção internacional, o que é um dos principais lastros requeridos por um programa de nanotecnologia” (MCT, 2004, p. 2).

O estudo identificou potencialidades e gargalos quanto a (i) formação de recursos humanos, (ii) infraestrutura e facilidades experimentais, (iii) tecnologia do silício, fundamental à nanoeletrônica, (iv) o acesso a insumos estratégicos e (v) mineração de dados estratégicos para a orientação das políticas públicas. Em seguida, o documento indica nove áreas-chave para estruturarem o Programa: nanofabricação, nanometrologia, materiais nanoestruturados, nanotecnologia funcional, energia, nanotecnologia molecular, nanoagregados, funcionalização de materiais e software.

Em seguida, o relatório destacava a importância de haver programas plurianuais e de ação sistêmica do governo, ressaltando que todas as áreas verticais do PACTI (agronegócio, petróleo, petroquímica, química de base e biotecnologia, entre outros) possuem resultados claros (MCT, 2004, p. 17), valendo destacar o seguinte trecho:

Percebeu-se enfim o vínculo entre desenvolvimento, educação e investimentos em C&T, porém ainda não foram tomadas medidas concretas para acompanhar o desenvolvimento tecnológico em áreas estratégicas, como a de fármacos ou de microeletrônica. No entanto, numa iminente quebra de paradigmas imposta pela nanociência e nanotecnologia (N&N), estamos diante de uma oportunidade única de ingressarmos na nova era em fase com países desenvolvidos, contando com uma sociedade científica organizada e estruturada através de um modelo que valorize a complementaridade de competências.

A necessidade de se criar um Programa amplo de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia que maximize o aproveitamento dos recursos existentes, crie e fortaleça laboratórios afins, capacite e treine recursos humanos, integre as competências na área e alavanque a competitividade de diversos segmentos da indústria, é absoluta. A existência deste Programa viabilizará o aproveitamento das oportunidades abertas pela nanotecnologia, a priorização de atividades, a otimização no uso dos recursos disponíveis e a inovação nas áreas escolhidas, seja por razões estratégicas ou competitivas. Portanto, o Programa é um instrumento de competitividade econômica, um fator de aumento da participação do Brasil no produto econômico mundial e de soberania.

Assim, o Grupo identificou como objetivo do Programa “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.” (MCT, 2004, p. 8), com impacto transversal na economia brasileira.

Foram traçados os seguintes objetivos específicos (MCT, 2004, p. 9): (i) geração de novos conhecimentos; (ii) desenvolvimento tecnológico e inovação, capacitando o país para a competição em nível internacional; (iii) formação de recursos humanos em alta tecnologia, capacitando gestores, pesquisadores, engenheiros e trabalhadores ao aproveitamento das oportunidades abertas; (iv) formação e manutenção de uma rede nacional de laboratórios e facilidades de pesquisa, associados em torno de objetivos de PD&I; (v) execução de projetos de PD&I, enfatizando os que favoreçam a interação e sinergia entre os laboratórios de pesquisa e o setor produtivo; (vi) agregação de valor e tecnologia a produtos industriais, do agronegócio e serviços, criando empregos qualificados, em números significativos, com uma produção industrial que incorpore conceitos, conhecimentos, descobertas e desenvolvimento da nano (vii) criação de empresas inovadoras, bem como modernização e aumento da competitividade das empresas para, com isso, aumentar a participação brasileira na economia global; (viii) atualização curricular de cursos nas áreas afins à nanotecnologia; e (ix) 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.

Quanto à integração entre a academia e o setor produtivo, merece destaque uma nota de rodapé do documento:

O Brasil precisa construir um SISTEMA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, com base na visão estratégica da indústria e, se os líderes da indústria se dispuserem, deve ser liderado pela indústria. Os pesquisadores, seja qual for a sua área de atuação - indústria, universidades, centros de pesquisa – precisam reconhecer que a situação atual é de quase total esgotamento da capacidade de investir. Portanto, mesmo investimentos a fundo perdido em investigação científica básica devem ser feitos à luz de uma estratégia de desenvolvimento tecnológico que corresponda às vocações e projetos de ação da indústria. A missão dos pesquisadores é compreender isto e apoiar, ao invés de resistir corporativamente, para superar impasses históricos de nosso país. Em resumo, podemos E DEVEMOS fazer melhor do que a Coréia.

É importante aprender com as experiências do passado: atingimos um excepcional nível de atividade e produção científica em física teórica e simulação e modelagem numérica de sistemas físicos e biofísicos. Tal nível foi atingido mediante investimentos a fundo perdido em investigação básica. No entanto, qual a *estratégia* do país para capitalizar todo este conhecimento e competência e colocá-lo à serviço do desenvolvimento tecnológico do

país? Quantos dos muitos físicos teóricos e simuladores-modeladores numéricos excepcionais que possuímos estão em contato com as empresas industriais do país construindo parcerias? Note-se aqui que os pouquíssimos que o fizeram tiveram muito sucesso.

Esta referência é indicativa do *sentido* de desenvolvimento da nanotecnologia, conforme apontado por Martins *et al* (2007) e transcrito anteriormente, visto que a relação estratégica que seus autores pretenderam traçar indica para um desenvolvimento estruturado em torno da atividade privada, que capitalizaria o conhecimento concentrado nas universidades.

O Programa sugerido previa ações de curto prazo – com uma lista mais extensa, focada no estabelecimento de uma estrutura de gestão e melhoria da infraestrutura – outras de médio prazo – dedicado à avaliação do Programa, atração de indústrias, investidores de risco e criação de uma associação ou sociedade brasileira de N&N – e de longo prazo, identificada como a conquista de “uma posição destacada no cenário mundial de nanotecnologia”.

O Grupo sugeriu que a implantação do Programa fosse realizado pelo PPA, por fornecer estimativa para a continuidade da iniciativa, com gestão do MCT, por meio de uma coordenação e apoio de uma câmara técnica. Vale destacar que foi proposta que esta câmara tivesse representação paritária entre “(i) comunidade científica e tecnológica, (ii) órgãos da administração federal e (iii) empresas, que serão *partes ativas* na definição de políticas *estratégicas* e procedimentos de *avaliação* para o desenvolvimento da nanotecnologia no país.” (MCT, 2004, p. 12, grifo nosso). O foco da estrutura seria executar as seguintes ações: projeto de implantação de laboratórios e redes de nanotecnologia; atividade de apoio às redes e laboratórios de nanotecnologia; atividade de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia; atividade de gestão do programa; e a implantação de um programa especial de formação de recursos humanos.¹¹¹ A Tabela 12 indica as metas propostas para o Programa e a Tabela 13 indica seu orçamento.

Tabela 12 – Metas do Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia; Fonte MCT (2004, p. 12)

Meta	Valor de referência	ANO
------	---------------------	-----

¹¹¹ No âmbito do PPA, as atividades são contínuas no tempo, enquanto o projeto necessita ter início e fim determinados.

	(08/2003)	2004	2005	2006	2007
Formação de recursos humanos	600	690	790	950	1140
Ampliação do depósito de patentes envolvendo nanotecnologia	17	22	28	35	43
Evolução das exportações de materiais, produtos e processos baseados em nanotecnologia	1	4	8	13	21
Taxa de participação das patentes envolvendo nanotecnologia em relação ao total de patentes	600	3%	4%	6%	8%
Taxa de crescimento do número de produtos científicos e tecnológicos, em nanotecnologia	1200	20%	44%	73%	107%
Taxa de crescimento do número de empresas que incorporaram produtos ou processos nanotecnológicos	10	50%	100%	150%	200

Tabela 13 – Orçamento do Programa Nacional Quadrienal de Nanotecnologia, em milhares de R\$; Fonte MCT (2004, p. 15)

Item	2004	2005	2006	2007	Total
Implantação de Laboratórios e redes de nanotecnologia	71.130	71.130	71.130	71.130	284.520
Apoio às redes e laboratórios de nanotecnologia	3.720	5.990	9.012	11.278	30.000
Gestão do Programa	350	350	350	350	1.400
Pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia	21.500	21.500	21.500	21.500	86.000
Total	96.700	98.970	101.992	104.258	401.920

Na conclusão do Programa proposto, o Grupo estimava que o esforço proposto para o quadriênio poderia levar o país à (i) criação, expansão e consolidação de pequenas e médias empresas de alta tecnologia, desenvolvendo, produzindo e comercializando produtos nanotecnológicos; (ii) inserção de produtos e processos nanotecnológicos em vários setores industriais; (iii) consolidação de um programa de formação de RH com sua absorção e inserção nos setores acadêmicos e industrial do país; (iv) elaboração de *roadmap* e planejamento de laboratórios avançados; (v) geração de riqueza e de emprego qualificados e bem remunerados; (vi) maior competitividade industrial em nível internacional; (vii) redução da dependência externa do país e do déficit da balança comercial nos produtos de alta tecnologia.

O documento foi colocado em consulta pública, via internet, durante o mês de novembro de 2003. Com base nas recomendações do Grupo, o MCT lançou em 2004, no âmbito do PPA (Lei 10.933, de 11 de agosto de 2004), o “Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia” (Programa 1110), que possuía quatro ações: (i) implantação de laboratórios e redes de nanotecnologia; (ii) apoio a redes e laboratórios de nanotecnologia; (iii) fomento a projetos institucionais de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia; e (iv) gestão do Programa.¹¹²

Durante o mesmo período, o CGEE coordenou, a pedido do NAE, o “Estudos Estratégicos – Nanotecnologia”, cujo foco era (NAE, 2004, p. 7):

- [analisar] estratégias adotadas em diferentes programas institucionais existentes no mundo para a promoção da inovação tecnológica baseada em nanotecnologias e análise dos investimentos realizados pelo setor privado, contendo:
- Dados e análise de programas nacionais e internacionais. Neste caso, as informações foram obtidas de documentos oficiais, sites de Internet ou noticiário da imprensa ou de boletins especializados.
- Dados coletados sobre as atividades de P&D de empresas, à luz das patentes depositadas e de notícias sobre iniciativas e investimentos realizados pelo setor privado. Esta estratégia foi adotada face à óbvia dificuldade de se conseguir dados confiáveis dos investimentos realizados por empresas ou pessoas físicas, por duas razões. Em primeiro lugar, porque empresas não revelam suas estratégias, a não ser para provocarem reações do mercado e isso se aplica, obviamente, às estratégias de inovação. Em segundo lugar, porque há uma óbvia contaminação do noticiário com informações de partes interessadas.

O documento (i) analisou os programas de nanotecnologia de 21 países,¹¹³ (ii) realizou atividade prospectiva do “desenvolvimento científico da Nanociência e Nanotecnologia nos últimos 10 anos”, (iii) executou atividade prospectiva em nanotecnologia a fim de “mapear as competências no país em nanociência e nanotecnologia nos últimos 10 anos” e (iii) uma consulta prospectiva a fim de “identificar tópicos tecnológicos, visando à priorização dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação” no futuro. As conclusões do estudo seguem aqui (NAE, 2004, p. 8):

¹¹² BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **O Programa do PPA 2004-2007**. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27136.html>>. Acesso em 18.03.2013.

¹¹³ Estados Unidos, Japão, Alemanha, Espanha, França, Reino Unido, Holanda, Suécia, Suíça, China, Hong Kong, Coreia, Austrália, Cingapura, Taiwan, Índia, Malásia, Tailândia, Israel, Irlanda e África do Sul.

1. **Todos os países** inovadores têm programas em nanotecnologia, que é uma das principais áreas do fomento à P,D&I, ao lado da biotecnologia, tecnologias da informação e meio ambiente.
2. Os volumes de recursos dedicados à nanotecnologia são **crescentes** e estão na **mesma ordem de grandeza** dos dedicados às outras grandes áreas de fomento, mas são frequentemente menores que os das outras três áreas.
3. Os programas são desenhados de maneira a engajarem **o maior número possível de participantes**, seja de empresas, seja de instituições acadêmicas ou de pesquisa.
4. Cada programa nacional tem **características próprias muito nítidas**, refletindo as peculiaridades da economia e do sistema de fomento de cada país, seja em aspectos tradicionais seja em tendências recentes.
5. Os programas estão fortemente **vinculados às estratégias nacionais de competitividade e desenvolvimento econômico**, refletindo claramente o efeito de alguns fatores: o perfil da atividade econômica do país, seus recursos humanos e a história recente de desenvolvimento tecnológico.
6. Os programas têm alvos de curto, médio e longo prazo que estão nitidamente associados às **perspectivas de aproveitamento econômico dos resultados**, em cada país.
7. Muitos programas têm elementos de **atração de pesquisadores de outros países**, seja por meio da oferta de emprego, seja com a disponibilidade de condições excepcionais de pesquisa, evidenciando que o principal insumo da nanotecnologia é o pessoal de P&D.

De acordo com o MCT, os estudos elaborados pelo CGEE e pelo Grupo de Trabalho do MCT serviram como base para a tomada de decisões do governo na implementação do Programa no âmbito do PPA 2004-2007. Seus resultados foram objeto de Relatório de Gestão elaborado pela CGNT/SETEC do MCT, durante os exercícios fiscais de 2005 e 2007, a fim de auferir o alcance das metas traçadas no Programa.

Vale ressaltar que, por conta de aporte de recursos via Fundos Setoriais, algumas das metas traçadas foram superadas.¹¹⁴ No entanto, parece-nos de difícil mensuração os resultados destas ações, tendo em vista que, pouco menos de um ano depois, o governo reestruturou os Programas do MCT, visando ao fortalecimento da PITCE. As quatro ações do Programa 1110 foram incorporadas ao Programa 1388 – Ciência, Tecnologia e Inovação para a PITCE.

¹¹⁴ Para 2005, por exemplo, foi previsto o apoio a quatro projetos cooperativos entre universidade e empresas. Entretanto, com o aporte adicional dos Fundos Setoriais (Ação transversal de Nanotecnologia) foi possível apoiar nove propostas. Também foi possível superar o apoio previsto a cinco projetos de pesquisa em nanotecnologia, alcançando 19 projetos de pesquisa realizada por jovens doutores (até cinco anos de doutorado) na área.

2. A PITCE E A CONVERGÊNCIA DAS POLÍTICAS INDUSTRIAL E DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

É no momento de retomada da política industrial no Governo Federal que observamos o aumento paulatino da convergência entre as políticas de ciência, tecnologia e (mais recentemente) inovação com a agenda industrial brasileira.

Assim, a iniciativa da PNN inseriu-se como um dos eixos da PITCE, lançada oficialmente em evento na CNI em 31 de março de 2004, reunindo o Presidente da República, vários Ministros de Estado, presidentes e diretores de instituições públicas diversas, como BNDES, Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Ipea, Apex, Finep, “numa das maiores reuniões de autoridades do Executivo para o lançamento de programas de governo” (SALERNO, DAHER, 2006, p. 3).

Esta retomada se viu presente também na estratégia do lançamento da PITCE,¹¹⁵ conforme indicam Salerno e Daher, cujo sentido buscava

Incentivar a mudança do patamar competitivo da indústria brasileira rumo à diferenciação e inovação de produtos, estratégia competitiva que tende a gerar mais renda. As políticas industriais dos anos 60/70 tiveram foco na construção de capacidade física (fábricas) sem preocupação com padrão competitivo internacional, e os anos 90 ouviram o discurso da competitividade internacional apartado de política industrial. Temos, pois, uma novidade como política de Estado, uma boa novidade.

De acordo com os documentos oficiais, a PITCE reunia 57 medidas distribuídas em 11 programas de política, propondo a articulação de três planos distintos: (i) linhas de ação horizontais: inovação e desenvolvimento tecnológico; inserção externa; modernização industrial; ambiente institucional/aumento da capacidade produtiva; (ii) opções estratégicas: semicondutores, software, bens de capital e fármacos; e (iii) atividades portadoras de futuro: biotecnologia, nanotecnologia, biomassa/energias renováveis. Tais eixos circulavam em torno de dois macroprogramas mobilizadores: “indústria forte”, visando a

¹¹⁵ A análise da PITCE e das demais políticas industriais do Brasil durante os Governos Lula e Dilma foi elaborada de forma detida no Relatório de Pesquisa **O ordenamento da inovação tecnológica em ação O Ordenamento da Inovação Tecnológica em Ação: Lei 10.973/04, Lei 11.196/05 e Lei 11.487/07 – Pesquisa Empírica sobre seus Efeitos**, *in mimeo*, em coautoria.

fortalecer e expandir a base industrial brasileira; e “Inova Brasil”, visando a aumentar a capacidade inovadora das empresas.

Cano e Silva (2010, p. 7) indicam que se tratava de um plano de ação que explicitava serem objetivos políticos o aumento da eficiência da estrutura produtiva e da capacidade de inovação das empresas brasileiras, bem como a expansão das exportações. Por meio deste tripé, a política industrial possibilitaria maior inserção do país no comércio internacional, estimulando os setores em que o Brasil teria maior capacidade ou necessidade de desenvolver vantagens competitivas, além de abrir caminhos para inserção nos setores mais dinâmicos dos fluxos de trocas internacionais. Os autores destacam a falta de articulação entre a política explicitada e os instrumentos que ela poderia articular para sua efetivação:

Tratava-se de uma política governamental construída a partir de uma visão da complexidade da estrutura produtiva do país e apoiada na percepção de que os diversos setores e cadeias produtivas desempenham papéis diferenciados na dinâmica do desenvolvimento, em termos de geração e difusão de inovações, competitividade e dinamismo internacional e atendimento das necessidades básicas da população, e que se refletem na sua posição no desenho da política. Pode-se dizer que a PITCE representa, assim, um esforço de conceber uma política industrial e tecnológica contemporânea, em uma perspectiva de longo prazo, com ênfase na dimensão da inovação e da agregação de tecnologia aos produtos brasileiros.

O problema é que as estratégias de desenvolvimento industrial não se fazem apenas com políticas industriais explícitas. Por melhor que seja seu desenho, deve contar com políticas macroeconômicas compatíveis. Do contrário, a política industrial implícita nestas últimas anula ou distorce as primeiras.

A nanotecnologia inseriu-se, como dito, no Programa 1388 do PPA 2004-2007 (“Ciência, Tecnologia e Inovação para a PITCE”). Este Programa constou do Anexo 3 do PPA, cujo “megaobjetivo” era promover “crescimento com geração de trabalho, emprego e renda, ambientalmente sustentável e redutor das desigualdades sociais”. O desafio traçado para este megaobjetivo foi “coordenar e promover o investimento produtivo e a elevação da produtividade, com ênfase na redução da vulnerabilidade externa”. O órgão responsável pela execução era o MCT, que visava a:

Desenvolver e difundir soluções e inovações tecnológicas voltadas à melhoria da competitividade dos produtos e processos das empresas nacionais, à criação e consolidação de nichos de mercado baseados em novas tecnologias e à ampliação da inserção da economia brasileira no mercado internacional.

O público-alvo era:

Setores industriais e de serviços (empresas estabelecidas e nascentes de nanotecnologia e biotecnologia, de química, de materiais, de eletrônica, de energias renováveis, de software, de fármacos, de semicondutores e microeletrônica, prestadoras de serviços tecnológicos, de consultoria tecnológica, atuantes em pesquisa e desenvolvimento de produtos e processos em áreas de fronteira tecnológica), laboratórios nacionais e comunidade científica e tecnológica.

Conforme consta do documento, a ação prevista no PPA tinha âmbito nacional, com recursos de R\$ 209.600,00 para o ano de 2006 e R\$ 210.000,00 para o ano de 2007, que deveriam ser utilizados em operações de “subvenção econômica a projetos de desenvolvimento tecnológico, nos termos da Lei 10.973/2004.

A sugestão pela criação de um Programa Nacional de Nanotecnologia originou-se posteriormente, por recomendação do Grupo de Trabalho com a atribuição de elaborar um estudo sobre a implantação e localização do Laboratório Nacional de Micro e Nanotecnologia (GT-LNMN), criado pela Portaria MCT 346, de 16 de julho de 2004. O GT-LNMN recomendou ao MCT e ao CNDI a implantação de um Programa Nacional de Nanotecnologia, sob o patrocínio do Presidente da República, afirmando que:

dado o caráter abrangente da Nanotecnologia, com impactos em todos os setores da economia industrial moderna e sobre relevantes políticas públicas e sociais, o GT-LNMN sugere que este Programa tenha caráter inter ou supra-ministerial. (...)

O GT enfatiza a urgência da implementação, com envolvimento significativo do setor privado, de um Programa Nacional de Nanotecnologia inovador para o qual ele considera que o País se encontra não apenas preparado e maduro, mas, até, em grande retardo em relação a países seus competidores na arena do comércio global.

Assim, pouco mais de um ano após o lançamento do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, em 19 de agosto de 2005, durante visita ao LNLS, o Presidente Luiz Inácio Lula da Silva e o Ministro Sergio Rezende deram início ao PNN. Em seu discurso, o Presidente Lula destacou a importância do conhecimento técnico-científico em áreas de fronteira como instrumento de poder nas relações internacionais:

O Programa Nacional de Nanotecnologia que hoje lançamos faz parte desse grande esforço de implementação da nossa Política Industrial, Tecnológica e de Comercio Exterior, e nele estarão sendo investidos 70 milhões de reais em 2005 e 2006.

Esse Programa envolve instituições dos Ministérios da Ciência e Tecnologia, da Educação, Agricultura e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, universidades públicas e particulares, dezenas de empresas e mais de 300 doutores, 500 estudantes de pós-graduação e 200 de graduação.

A nanotecnologia, como todos aqui sabem, e o nosso Sérgio Rezende já explicou, é uma área de fronteira do conhecimento e são muitas as suas aplicações e possibilidades de inovação.

Os países desenvolvidos investem muito dinheiro na nanotecnologia. Países como a Coréia do Sul e Taiwan, que têm sido tão bem-sucedidos na utilização de tecnologias para a geração de empregos e riquezas, também estão investindo centenas de milhões de dólares nessa área.

Por todas essas razões, a nanotecnologia é extremamente importante para o Brasil. E este é o grande desafio que temos diante de nós.

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 detém 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 construir.

Assim, o PNN nada mais é do que a reunião das iniciativas do Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007 aos recursos provenientes da Ação Transversal em Nanotecnologia prevista pelos Fundos Setoriais. O quadro indicado na Figura 7 ilustra o aumento de investimentos em nano durante o período acima analisado.

Figura 7 – Investimentos do MCT em nanotecnologia a partir de 2004; Fonte MCT (2007)

**INVESTIMENTOS DO MCT EM NANOTECNOLOGIA A PARTIR DE
2004 (R\$ milhões)**

Neste período, a PNN apoiou 129 projetos, criou 10 redes de pesquisa dedicadas à nanotecnologia, apoiou a constituição de 3 laboratórios estratégicos (CBPF, CETENE e EMBRAPA), criou 2 Laboratórios Nacionais (LNLS e INMETRO), além de ter lançado o Centro Brasil-Argentina de Nanotecnologia.

3. A PDP E A ORGANIZAÇÃO DO FÓRUM DE COMPETITIVIDADE DE NANOTECNOLOGIA

Em maio de 2008, o Governo Federal lançou nova versão da política industrial, a Política de Desenvolvimento Produtivo, conforme interpretado por Cano e Silva (2010, p. 11):

Em 12/05/2008, um novo programa de promoção à indústria brasileira é lançado pelo governo federal, com maiores pretensões no sentido de sua abrangência, profundidade, articulações, controles e metas, ampliando o número de setores e os instrumentos de incentivo em relação à PITCE. Entre os avanços, há a preocupação em definir objetivos e estabelecer metas, fortalecer a coordenação entre diferentes instituições do governo e o diálogo

com o setor privado, dentro de uma visão sistêmica voltada à construção da competitividade de longo prazo dos mais diversos setores da economia brasileira.

Batizada de Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP e apoiando-se em diversos tipos de medidas (tributária/fiscal, financiamento, poder de compra por parte do governo, aprimoramento jurídico, regulação e apoio técnico), a nova política tem como objetivo a sustentação de um longo ciclo de desenvolvimento produtivo, apoiado no investimento, na inovação, na competitividade das empresas e na ampliação das exportações. Entre outros instrumentos, o novo programa propõe a desoneração de diversos setores produtivos correspondente a uma renúncia fiscal de R\$ 21,4 bilhões entre 2008 e 2011.

A nova política industrial passou a perseguir escopo mais amplo e transversal, englobando 24 setores da economia e organizando suas demandas em três grandes grupos. O primeiro tratava-se de “programas para consolidar e expandir a liderança” de setores em que o Brasil já era forte: aeronáutico; petróleo, gás e petroquímica; bioetanol; mineração; celulose e papel; siderurgia; e carnes. O segundo consolidava “programas para fortalecer a competitividade”, com 11 áreas: complexo automotivo; bens de capital; indústria naval e cabotagem; têxtil e confecções; couro, calçados e artefatos; madeira e móveis; agroindústrias; construção civil; complexo de serviços; higiene, perfumaria e cosméticos; e plásticos. No terceiro grupo, encontravam-se os “programas mobilizadores em áreas estratégicas”, abarcando seis programas: complexo industrial da saúde; tecnologias de informação e comunicação; energia nuclear; nanotecnologia; biotecnologia; e complexo industrial de defesa.¹¹⁶

A nanotecnologia passou a integrar o terceiro eixo, dos programas mobilizadores em áreas estratégicas, cuja gestão continuava a cargo do MCT. Estes programas visavam ao aumento de competitividade por meio da superação dos desafios científico-tecnológicos, bem como objetivavam obter recursos para todas as etapas do ciclo de inovação e possuir metas compartilhadas com o setor científico-tecnológico e o setor privado.

As principais fontes de informações sobre nanotecnologia como eixo da PDP são as apresentações realizadas pela Casa Civil e MCT durante as rodadas de apresentação da política industrial. Dada a convergência das agendas da política industrial e de ciência, tecnologia e inovação, sua leitura deve ser feita em consonância com o PACTI 2007-2010.

¹¹⁶ Havia ainda o grupo denominado “destaques estratégicos”, contendo 6 programas: promoção das exportações; regionalização; micro e pequenas empresas; produção sustentável; integração com a África; integração produtiva da América Latina e Caribe.

A estratégia adotada pela PDP era de focalizar investimentos a fim de desenvolver nichos de mercado com potencial de competitividade em materiais, eletrônicos, médico e farmacêutico, equipamentos e ferramentas e tecidos nanoestruturados; e ampliar o acesso da indústria aos desenvolvimentos da nanotecnologia.

Havia diagnóstico de que o mercado mundial da nanotecnologia encontrava-se em expansão, enquanto, no Brasil, poucas empresas desenvolviam, difundiam e utilizavam a nano. O MDIC, coordenador da PDP, identificava haver infraestrutura científica básica para a nanotecnologia com muito potencial de uso, decorrente dos investimentos realizados pelo PNN.

Inserida como Programa 7.2, o Programa de CT&I para nanotecnologia era composto por um conjunto de ações planejadas no PACTI e no PPA 2007-2010, além daquelas demandadas pela PDP, no âmbito do Programa Mobilizador na Área Estratégica de Nanotecnologia. O foco das ações para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia brasileira concentrava-se no apoio às seguintes ações (MCT, 2011, pp. 84-86): (i) projetos de pesquisa básica; (ii) projetos de PD&I e institucionais entre ICT e empresas; (iii) formação de redes de pesquisa em nanotecnologia; (iv) infraestrutura de laboratórios (nacionais e regionais multiusuários); (v) cooperação internacional; (vi) formação e capacitação de recursos humanos; (vii) apoio a empresas incubadas; e (viii) subvenção econômica nas empresas.

As metas traçadas para este Programa eram investir R\$ 70 milhões em PD&I e alcançar 100% dos investimentos privados previstos no PACTI. Como desafios a serem superados, a PDP indicava a expansão da formação de recursos humanos para a área, bem como incentivar empresas de base tecnológica, atrair investimentos em P&D e *adequar o marco legal*. A Figura 8 e a Figura 9 indicam os instrumentos e as medidas previstas na PDP com relação à nanotecnologia.

Figura 8 – Instrumentos de política identificados pela PDP para o desenvolvimento da nanotecnologia; Fonte: MDIC (2008)

Podemos observar que a agenda da nanotecnologia na esfera federal possui a mesma transversalidade observada nas trajetórias analisadas dos EUA e Japão, envolvendo cinco Ministérios (MCT, MS, MDIC, MRE, Casa Civil), duas empresas públicas (FINEP e BNDES) e diversas autarquias vinculadas aos Ministérios citados. Os três eixos indicados na Figura 8 possuem essa transversalidade, com responsabilidades indicadas.

O protagonismo da nanotecnologia dividiu-se entre o MCT, responsável pelo Programa Nacional de Nanotecnologia e a ABDI, vinculada ao MDIC, responsável pela Estratégia Nacional de Nanotecnologia, indicando convergência das pautas industriais com a agenda de pesquisa, desenvolvimento e inovação do país.

Figura 9 – Medidas previstas na PDP para a promoção da nanotecnologia; Fonte: MDIC (2008)

Ações	Medidas	Resp.
Identificação de oportunidades	Criação de Grupo de trabalho, com especialistas e setor privado, para seleção de produto ou família de produtos finais passíveis de fabricação no Brasil. DURAÇÃO: 4 meses	MDIC MCT ABDI MS MA
Apoio financeiro e capitalização	Financiamento e capitalização para formação, diversificação ou ampliação da capacidade instalada de empresas, SPEs, consórcios e/ou joint-ventures, com ênfase nos produtos selecionados no GT	MDIC/MCT MC/FINEP BNDES/ABDI
	- Estruturação e capitalização de Fundos de Investimento em Participações (FIPs) Estruturação de Fundos de Investimento em Direitos Creditórios FIDCs: capitalização da rede de fornecedores de componentes e favorecer a articulação entre oferta e demanda de componentes, partes e peças	BNDES Mercado de Capitais

O eixo da nanotecnologia na política industrial previu, na PDP, duas ações prioritárias: identificar oportunidades e realizar apoio financeiro e capitalização do setor. Neste item, vale destacar a criação de grupo de trabalho apto a selecionar “produto ou família de produtos passíveis de fabricação no Brasil”, cuja responsabilidade foi compartilhada entre o MDIC, o MCT, a ABDI, o MS e o MAPA.¹¹⁷

Cabe destacar a tentativa de indução por parte do Estado ao fortalecimento dos investimentos privados, a cargo do BNDES e do Mercado de Capitais, no item “apoio financeiro e capitalização”. Neste item, foi indicada ainda a necessidade de se estruturar FIPs e FIDCs para a complementação do suporte financeiro do Estado, com vistas a completar o ciclo de investimentos necessários a todo o eixo de desenvolvimento de empresas, desde o capital semente até as ofertas públicas iniciais (ou IPOs, na sigla em inglês).

Figura 10 – Diretrizes para a construção de medidas de incentivo à nanotecnologia; Fonte: MDIC (2008)

¹¹⁷ Ainda que o quadro aponte para a sigla “MA”, trata-se do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, ao qual a Embrapa é fortemente vinculado.

Diretrizes para construção de medidas		Resp.
Divulgação, atração de P&D e promoção comercial	Desenvolver programas para divulgação e sensibilização para o potencial em agregação de valor pela indústria e para técnicos e gestores públicos	ABDI MDIC MCT INPI
	Divulgar produtos, patentes e soluções tecnológicas das ICTs e empresas brasileiras no exterior	APEX MRE INPI
	Articular e promover as competências brasileiras, bem como apoiar a instalação de centros de P&D no Brasil (empresas nacionais e estrangeiras).	ABDI Casa Civil
Marco legal e normativo	Criar Grupo de Trabalho para investigar questões de risco e impactos no trabalho e ambiental para nanotecnologia e suas implicações legais.	ABDI CNI
	Criar Grupo de Trabalho para investigar as implicações da nanotecnologia sobre normas de propriedade intelectual, metrologia, normalização e certificação.	INMETRO ABNT/INPI ANVISA

Quanto às diretrizes para a construção de medidas em nanotecnologia, a Figura 10 indica dois itens centrais: divulgação, atração de P&D e promoção comercial; e instruções para a criação de “marco legal e normativo”.

Em esforço conjunto entre o MCTI e a ABDI para a divulgação da área, foram realizados, em 2008, oito eventos pelo Brasil com essa finalidade. As preocupações em torno do ordenamento jurídico dividem-se entre a questão do risco e dos impactos no trabalho e no meio ambiente, bem como às questões conexas à propriedade intelectual, metrologia, normalização e certificação da nanotecnologia e dos nanomateriais.

Interessante observar que, ainda que o governo federal possua a Fundacentro como órgão vinculado ao MTE, em cuja estrutura existe grupo de pesquisa dedicado à questão dos riscos da nanotecnologia e seu impacto na saúde do trabalhador¹¹⁸, o órgão e o MTE não foram envolvidos nesta discussão. No entanto, teve espaço a CNI, que não possui tradição e sequer mobilizou equipe técnica para estudar a questão desde então.

¹¹⁸ A Fundacentro editou, em 2008, a Série Nanotecnologia em Quadrinho, como cartilha de orientação aos trabalhadores em formato de história em quadrinhos, para serem distribuídos em escolas e fábricas por todo o país. Cf. PINTO, Alexandre Custódio. *Nanotecnologia – o transporte para um novo universo*, 2008.

Durante o período de vigência da PDP, foi criado o Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, “como ferramenta estratégica para apoiar a discussão e o encaminhamento de iniciativas e programas do segmento nanotecnológico”, cujo objetivo é

Aumentar a competitividade do país no mercado mundial por meio da articulação entre as necessidades do setor privado – formado por representantes do meio empresarial e dos trabalhadores – o setor governamental e a academia. O Fórum busca o consenso em torno de oportunidades e desafios, definindo metas e ações voltadas para uma nova política industrial de desenvolvimento da produção.¹¹⁹

Este Fórum de Competitividade tem caráter consultivo, sendo que seus trabalhos com base na análise dos diagnósticos referem-se a identificar “gargalos, oportunidades e desafios” a fim de delinear ações e metas a serem detalhadas e desenvolvidas no âmbito dos seus Grupos de Trabalho.

O FCN organizou-se em quatro GTs: mercado, marco regulatório, relações internacionais e recursos humanos, cuja finalidade é “reunir e tornar consensuais os diagnósticos e também propor, implementar e acompanhar as ações e as metas estabelecidas.” A responsabilidade do FCN é restrita à “articulação, desenvolvimento de estudos, elaboração de propostas e encaminhamento de iniciativas dos temas específicos que compõe a agenda de trabalho do Comitê Executivo de Nanotecnologia da PDP.”

Por fim, em sua criação, objetivava-se que o FCN pudesse fornecer espaço qualificado de interação entre os setores envolvidos de modo a que “as resoluções e determinações emanadas materializem-se em Políticas Públicas consistentes e aptas a viabilizar a consolidação de um setor de tamanha relevância no cenário econômico e tecnológico do país.”

A agenda de trabalho do Fórum, bem como sua constituição, serão analisados em item específico à frente.

4. O PLANO BRASIL MAIOR, A ESTRATÉGIA NACIONAL DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO 2012-2015 E OS PAPÉIS DO MDIC E MCTI NA NANOTECNOLOGIA

¹¹⁹ Cf. descrição disponível no site do MDIC, Secretaria de Inovação: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469>> Acesso em 30 dez. 2012.

Em 2011, já no Governo Dilma, foi editado o PBM, como uma nova etapa da política industrial na esfera federal. O plano foi organizado nas dimensões estruturante (diretrizes setoriais)¹²⁰ e sistêmica (temas transversais)¹²¹. Sua organização setorial foi feita de forma diferente daquelas anteriormente propostas pelas políticas industriais que a antecederam, indicando estruturação em torno de cadeias produtivas nas quais cada eixo econômico se organiza. São eles: sistemas de mecânica, eletroeletrônica e saúde; sistemas intensivos em escala; sistemas intensivos em trabalho; sistemas do agronegócio; e comércio, logística e serviços pessoais.

Com uma proposta mais gerencial e buscando *competitividade*, o Plano estabelece um conjunto inicial de medidas que serão executadas ao longo do quadriênio 2011-2014, a partir do diálogo com o setor produtivo. Destacamos, dentre estes pontos, o “aumento de recursos para inovação”, o aperfeiçoamento de seu “marco regulatório”, a “criação de regimes especiais para agregação de valor e de tecnologia nas cadeias produtivas” e, por fim, a “regulamentação da lei de compras governamentais para estimular a produção e a inovação no país”. Pela leitura conjunta das medidas e setores selecionados, vemos que o PBM possui forte influência da agenda schumpeteriana, na medida em que aposta na inovação e no desenvolvimento da economia do conhecimento como eixo-chave.

A nanotecnologia não é citada diretamente no documento, mas entendemos que, dada sua transversalidade, ela se beneficia da política na medida em que se insere na agenda da inovação tecnológica do governo federal, organizada na ENCTI. Observamos que, neste momento, ocorre uma nova combinação entre as políticas industrial e de ciência, tecnologia e inovação: os instrumentos passaram, pelo menos expositivamente, a se organizar em torno de Ministérios melhor definidos e com instrumentos e metas mais claras, todas elas voltadas à inovação tecnológica e intensificação do processo de agregação de valor na economia brasileira.

¹²⁰ Fortalecimento de Cadeias Produtivas, Novas Competências Tecnológicas e de Negócios, Cadeias de Suprimentos em Energias, Diversificação das Exportações e internacionalização, Competências na Economia do Conhecimento Natural.

¹²¹ Comércio Exterior, Investimento, Inovação, Formação e Qualificação Profissional, Produção Sustentável, Competitividade de Pequenos Negócios, Ações Especiais em Desenvolvimento Regional e Bem-Estar do Consumidor.

Ainda, percebemos que o PBM identifica-se à lógica de *gestão do desenvolvimento*, utilizando instrumentos de acompanhamento e articulação, do que propriamente à *indução do desenvolvimento*, em torno de eixos definidos politicamente, como observamos neste trecho do seu documento-síntese (2011, p. 9):

O Plano Brasil Maior é uma nova etapa da trajetória de desenvolvimento do país, que aperfeiçoará os avanços obtidos com a Política industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior – PITCE (2003-2007) – e com a Política de Desenvolvimento Produtivo – PDP (2008-2010). Esse legado inclui: *diálogo* entre o poder público, o empresariado e a sociedade; *coordenação* e *articulação* institucional governamental; e estruturas de *formulação*, *acompanhamento* e *avaliação* de políticas de estímulo à produção. (grifos nossos)

As metas do PBM que mais se relacionam ao tema aqui tratado têm a ver com (i) o aumento do dispêndio empresarial em P&D em % do PIB (meta compartilhada com a ENCTI) de 0,59% (índice de 2010) para 0,9% em 2014, (ii) a ampliação do valor agregado da indústria nacional e (iii) a elevação da porcentagem da indústria intensiva em conhecimento.

O documento destaca que os itens de ciência e tecnologia relacionados à política industrial devem ser promovidos especificamente na ENCTI, a cargo do MCTI, que passaremos a estudar.

A ENCTI foi lançada em 2011 tendo como diretriz estratégica para as próximas duas décadas fazer o Brasil “preparar-se para a sociedade do conhecimento” (MCTI, 2001, p. 9). O então Ministro Aloizio Mercadante concluiu o discurso de lançamento com a seguinte referência:

Celso Furtado disse uma vez que “o futuro deve ser uma fronteira aberta à invenção do homem”. Em certa medida, foi isso que tentamos fazer nesses 12 meses, imbuídos de uma visão do *desenvolvimento científico e tecnológico como política de Estado*, uma política que não se rege por interesses político-partidários ou corporativos, mas sim se constrói a partir uma *visão estratégica do futuro*, que também é política, compartilhada pelos atores públicos e privados envolvidos nesse processo. (destaques nossos)

A ENCTI dá continuidade e aprofunda o PACTI 2007-2010 (PACTI), além de se apoiar na tradição de planejamento iniciada nos anos 1970, com os Planos Básicos de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCTs), seguidas pela criação do MCT, em 1985, bem como das contribuições das Conferências Nacionais de Ciência e Tecnologia

(CNCT) e do advento dos Fundos Setoriais, criados no final dos anos 1990, dando importante contribuição para fortalecer o padrão de financiamento da ciência e tecnologia no Brasil, com volumes maiores e mais consistentes de investimento (MCTI, 2011, p. 23).

Também influenciaram em sua estruturação as recomendações do Livro Azul, que reuniu as sugestões dos diversos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, durante a IV CNCTI, realizada em 2010 e que reuniu mais de dois mil representantes da academia, governo, trabalhadores e empresas. A ENCTI insere-se de forma transversal na agenda do governo federal e possui forte interlocução com a sociedade civil, como pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Articulação da política de C,T&I com as principais políticas de Estado e a integração dos atores

O documento realiza um mapeamento das atuais tendências nas políticas nacionais de C,T&I no mundo e, entre outros fatores, aponta para o “direcionamento do fomento para áreas e tecnologias estratégicas, com destaque para: biotecnologia, nanotecnologia, saúde, energia limpa, tecnologia da informação e comunicação, novos materiais e indústrias avançadas” e o “fortalecimento de políticas voltadas à indução do

aumento da demanda por inovação, tais como encomendas governamentais e regulamentos favoráveis à inovação” (MCTI, 2011, p. 30).

A ENCTI identifica cinco desafios principais para a superação do estágio de desenvolvimento do país: (i) redução da defasagem científica e tecnológica que ainda separa o Brasil dos países do centro; (ii) expansão e consolidação da liderança brasileira na economia do conhecimento da natureza; (iii) ampliação das bases para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono; (iv) consolidação do novo padrão de inserção internacional do Brasil; e, por fim, (v) superação da pobreza e redução das desigualdades sociais e regionais.

Observamos que tais objetivos estão coerentes com a estrutura já estabelecida na Constituição Federal, principalmente os já citados artigos 3º, 218 e 219, em especial quanto aos itens (i) e (v). Para alcançar estes novos patamares, a Figura 12 indica os eixos de sustentação da ENCTI.

Figura 12 - Mapa Estratégico da ENCTI 2012-2015

A análise conjunta dos documentos-síntese do PBM e da ENCTI indica que a convergência das agendas de desenvolvimento situa-se em torno da inovação tecnológica (MCTI, 2011, p. 43), organizadas pelo MDIC (com apoio do BNDES e da ABDI) e pelo MCTI (com suporte da FINEP).

A nanotecnologia insere-se na ENCTI como um dos eixos de “fronteira da inovação”, juntamente à biotecnologia (ENCTI, 2011, p. 71). Há o reconhecimento da pouca expressividade da produção e comercialização da nanotecnologia no Brasil:

Apesar dos grandes avanços nas pesquisas científicas brasileiras, a produção e/ou comercialização de produtos com nanotecnologia nacional ainda são pouco expressivas quando comparadas com Países mais desenvolvidos. Como desafios para o avanço da nanotecnologia no Brasil estão os investimentos em P,D&I em nichos potencialmente competitivos e naqueles considerados estratégicos, sem descuidar os marcos regulatórios, ora em processo de elaboração em nível mundial.

O documento destaca três ações estruturantes para a nanotecnologia: (i) dar continuidade ao investimento na formação de recursos humanos e melhoria da infraestrutura de instituições de pesquisa; (ii) estabelecer parcerias internacionais em áreas estratégicas de interesse nacional, na forma do Centro Brasil-China em Nanotecnologia, que desenvolverá P,D&I em nanomateriais e nanodispositivos; e (iii) criar políticas agressivas para aumentar substancialmente o número de empresas com P&D em Nanotecnologia.

A ENCTI identificou que o objetivo deste eixo da nanotecnologia é “promover a geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando o aumento da competitividade da indústria brasileira.” Para tanto, foram identificadas sete áreas estratégias associadas ao seu desenvolvimento.¹²²

Observamos que o documento não faz referência à existência do Programa Nacional de Nanotecnologia (a cargo do MCTI) ou mesmo à Estratégia Nacional de Nanotecnologia (sob responsabilidade da ABDI), como estabelecido pela PDP. Além disso, não são apontadas metas ou objetivos estratégicos, visto que o documento volta-se muito mais ao *apoio* de iniciativas do que à indução do desenvolvimento.

¹²² São elas: (i) consolidação da infraestrutura de laboratórios nacionais de nanotecnologia; (ii) apoio a redes temáticas e INCTs de nanotecnologia; (iii) apoio a projetos institucionais de P&D em nanotecnologia; (iv) criação de programa de formação e capacitação de recursos humanos para o desenvolvimento da nanotecnologia; (v) apoio ao desenvolvimento industrial de produtos/processos nanotecnológicos; (vi) apoio à disseminação da nanotecnologia na sociedade; e (vii) apoio à cooperação internacional em nanotecnologia.

Para cumprir com esta agenda, foram criados quatro instrumentos no âmbito federal: o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN),¹²³ a Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias (CGNT), O Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNano)¹²⁴ e o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanociências e Nanotecnologia (SisNano).

O CIN foi instituído pela Portaria Interministerial 510, de 9 de julho de 2012, com as seguintes atribuições:

- I – propor mecanismos de integração da gestão e da coordenação das atividades relacionadas às nanotecnologias, desenvolvidas pelos Ministérios representados no Comitê e pelos demais órgãos e entes do governo federal;
- II – propor a criação de mecanismos de planejamento, implementação, acompanhamento e avaliação das atividades relacionadas às nanotecnologias, desenvolvidas pelos Ministérios representados no Comitê e pelos demais órgãos e entes do governo federal;
- III – formular recomendações de planos, programas, metas, ações e projetos integrados para a consolidação e a evolução das nanotecnologias no País, indicando potenciais fontes de financiamento; e
- IV – indicar os recursos financeiros necessários, destinados a apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P,D&I), em nível nacional ou internacional, quando envolver cooperação bilateral ou multilateral em nanotecnologias.

Como se vê, a agenda do órgão está vinculada à promoção e ampliação do debate da nanotecnologia intra e intergoverno, cumprindo com o que antes estava concentrado exclusivamente no MCTI e promovendo a articulação dos instrumentos à disposição do Governo Federal em sua interlocução com a sociedade civil e iniciativa privada. Devemos, novamente, destacar a ausência do MTE em sua composição, um mecanismo tão importante como este, impedindo assim, que se possa contar com a perspectiva do trabalhador quanto à nanotecnologia.

¹²³ O CIN é composto por um representante e respectivo suplente de cada um dos seguintes Ministérios: Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que o coordenará; Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA); Defesa (MD); Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC); Educação (MEC); Meio Ambiente (MMA); Minas e Energia (MME); e Saúde (MS).

¹²⁴ Criado pela Portaria MCT 260, de 3 de maio de 2011, com o objetivo de “assessorar o Ministério da Ciência e Tecnologia sobre os macro-objetivos a serem alcançados, indicar as diretrizes a serem adotadas no apoio a projetos e avaliar a alocação de recursos.” A CGNT é responsável pela Secretaria Executiva do CCMNano.

No âmbito interno ao MCTI, foi reestruturada a CGNT¹²⁵, vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Como coordenadora das iniciativas de nanotecnologia, a CGNT dá publicidade às suas atividades por meio de Relatórios de Gestão, visto que seu papel é

formular políticas e definir estratégias e procedimentos para a implementação do Programa de Nanotecnologia, que tem como objetivo apoiar projetos e atividades sobre infraestrutura para pesquisa, geração de conhecimentos, produtos e processos micro e nanotecnológicos.

A Tabela 14 demonstra a evolução dos recursos disponíveis à CGNT entre 2004 e 2011, indicando investimentos decrescentes. Além da baixa nos recursos orçamentários, houve diminuição nos projetos de nanotecnologia fomentados pela Finep, nos Editais Subvenção Econômica, conforme indica a Tabela 15.

Tabela 14 - Recursos do orçamento ordinário empenhados pela Coordenação-Geral de Micro e Nanotecnologias entre 2004-2011; Fonte: MCTI, 2012.

¹²⁵ Criada pelo Decreto 4.724, de 9 de junho de 2003, revogado pelo Decreto 5.314, de 17 de dezembro de 2004, este por sua vez revogado pelo Decreto 5.886, de 6 de setembro de 2006 (atualmente em vigor). Tais Decretos regulam “a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Ministério da Ciência e Tecnologia.”

Tabela 15 – Projetos em nanotecnologia por ano no Edital Subvenção Econômica; Fonte: CGNT, 2012.

O SisNano¹²⁶ foi criado a fim de permitir maior interação entre pesquisadores e, com isso, fomentar a melhor utilização dos equipamentos dos laboratórios públicos nacionais. Podemos inferir que sua constituição deve-se à continuidade do Edital CNPq/Nano n. 1/2001, tido como a primeira iniciativa coordenada de nano no Brasil, e do Edital MCT/CNPq 29/2005, que instituiu a Rede BrasilNano.

Sua estrutura é formada por “Laboratórios Estratégicos”¹²⁷ e “Laboratórios Associados”¹²⁸. É tarefa do SisNano a “definição e execução de projetos estruturantes com o envolvimento de todos os institutos do MCTI”, visto que seus objetivos são

¹²⁶ Instituído pela Portaria nº 245 de 5 de abril de 2012 e regulamentado pela Instrução Normativa nº 2 de 15 de junho de 2012. O SisNANO está sob responsabilidade da CGNT e da Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (SETEC) – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

¹²⁷ Conforme estabelecido pelo art. 3º, § 1º, incisos I e II da Portaria MCT 245, de 5 de abril de 2012, Laboratórios Estratégicos “(I) são laboratórios do MCTI que integram vários conjuntos de sistemas e equipamentos para atuação em nanociência e nanotecnologia e têm a característica de serem ‘Facilidades Abertas’ instaladas em Unidades de Pesquisa do MCTI e nos quais a utilização dos equipamentos é disponibilizada a usuários externos, numa fatia nunca inferior a 50% (cinquenta por cento) do tempo de máquinas; e (II) - são totalmente financiados pelo MCTI e terão forte missão educacional no âmbito da Nanociência e da Nanotecnologia, formando usuários, treinando pessoal qualificado e garantindo o acesso aos equipamentos e sistemas pelas comunidades científica, tecnológica e de inovação na nanoescala.

- I - estruturar a governabilidade para as nanotecnologias;
- II - desenvolver um programa de mobilização de empresas instaladas no Brasil e de apoio às suas atividades, para atuarem no desenvolvimento de processos, produtos e instrumentação, envolvendo ciência e tecnologia na nanoescala;
- III - promover no País o avanço científico e tecnológico e a inovação ligados às propriedades da matéria na nanoescala;
- IV - otimizar a infraestrutura, o desenvolvimento de pesquisa básica e aplicada e as atividades ligadas à inovação na nanoescala, servindo como suporte ao avanço acelerado do País na área estratégica de nanotecnologias, dotando o País de infraestrutura no mínimo equivalente aos países mais adiantados na área e de formas de operação adequadas à participação de todos os atores relevantes nesse processo;
- V - consolidar e ampliar a pesquisa em nanotecnologias, expandindo a capacitação científica e técnica necessária para explorar os benefícios resultantes dos desenvolvimentos associados e suas implicações tecnológicas em: nanofabricação, desenvolvimento e aplicação de nanopartículas, instrumentação em nanociência e nanotecnologia, processos em nanoeletrônica, nanotoxicologia, energias renováveis e limpas, nanobiotecnologia, nanocompósitos, nanofármacos, nanosensores, nanoatuadores e materiais nanoestruturados;
- VI - universalizar o acesso da comunidade científica, tecnológica e de inovação do País à infraestrutura avançada para produção e caracterização de nanoestruturas e produtos finais, utilizando propriedades da nanoescala e materiais baseados nessas propriedades;
- VII - capacitar o País a desenvolver programas de cooperação internacional em condições de igualdade com os parceiros atualmente mais desenvolvidos na área, sempre tendo em vista os grandes objetivos nacionais;
- VIII - desenvolver programas de cooperação internacional junto aos países do Mercosul, objetivando à formação de recursos humanos, à promoção de reuniões conjuntas e à troca de experiências na área de nanotecnologias; e
- IX - promover a formação, capacitação e fixação de recursos humanos, a educação em nanotecnologias e sua divulgação.

Os objetivos do SisNano são articulados entre si e indicam para uma tentativa de investimentos em infraestrutura a fim de dotar o país de capacidade de gerar pesquisa e interação entre universidades e empresas para a promoção da nanotecnologia. Pela sua dimensão, vemos que esta rede de laboratórios terá protagonismo no desenvolvimento futuro da nanotecnologia no país.

¹²⁸ Conforme estabelecido pelo art. 3º, § 2º, da Portaria MCT 245, de 5 de abril de 2012, Laboratórios Associados “são laboratórios que integram vários conjuntos de sistemas e equipamentos em Nanociência e Nanotecnologia ou laboratórios altamente especializados, localizados nas Universidades e Institutos de Pesquisa e/ou Desenvolvimento e nas quais uma fração mínima de 15% (quinze por cento) do tempo dos equipamentos durante o horário de atividades é disponibilizada a usuários externos à instituição.

Merece destaque a proposta atualmente em discussão, no âmbito do MCTI, para a criação de uma Secretaria Especial de Nanotecnologia, cuja estrutura pode ser melhor compreendida pela Figura 13.

Figura 13 – Estrutura proposta para a Secretaria Especial de Nanotecnologias

ii. A ABDI NA PROMOÇÃO DA NANOTECNOLOGIA

A ABDI, vinculada ao MDIC, foi criada pela Lei 11.080, de 30 de dezembro de 2004, como “Serviço Autônomo”, cuja missão é “executar a política industrial do Brasil, em consonância com as políticas de ciência, tecnologia, inovação e de comércio exterior.” A agência define sua atuação como um “elo entre o setor público e privado, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País por meio de ações que ampliem a competitividade da indústria.”

Desde a PITCE até o PBM, a ABDI oferece “apoio técnico sistemático às instâncias de articulação e gerenciamento das políticas industriais, com a oferta de estudos

conjunturais, estratégicos e tecnológicos para diferentes setores da indústria”, agindo no “ambiente institucional, regulatório e de inovação no Brasil.”

Quanto à nanotecnologia, a agência organizou seminários, oficinas, reuniões, patrocínio de estudos e apoio à construção, execução e monitoramento do Programa de Nanotecnologia da PDP (ABDI, 2010b, p. 19). Tais ações vinculam-se à missão da agência no âmbito da coordenação da “Estratégia Nacional de Nanotecnologia”, criada pela PDP em 2008.

Vale destacar o papel da Agência como repositório de informações e dados sobre a nanotecnologia no Brasil e no mundo, pois, desde 2006, dentro da Série “Cadernos da Indústria ABDI”, foi organizada uma série de estudos sobre a nanotecnologia que serviram e servem de baliza para a atuação dos setores público e privado. Dentre eles, vale destacar o estudo “Panorama de Patentes em Nanotecnologia”, lançado no início de 2012 e, “Nanotecnologia: subsídios para a problemática dos riscos e regulação”, do final de 2011.

A Agência pode ser vista como articuladora da inteligência disponível em torno da nanotecnologia, na medida em que não dispõe de instrumentos que *direcionem* ou *induzam* o desenvolvimento econômico em determinado sentido, tarefa esta que cabe ao MCTI, como coordenador da política de nanotecnologia no âmbito das políticas industriais, em convergência com a agenda científica e tecnológica do país.

iii. O FÓRUM DE COMPETITIVIDADE DE NANOTECNOLOGIA DO MDIC

Os Fóruns de Competitividade compõem o “Brasil Classe Mundial”, programa que integrou os PPAs 2000-2003 e 2004-2007, sob a coordenação do MDIC e com o gerenciamento da Secretaria do Desenvolvimento da Produção (SDP).

De acordo com este Ministério

O Programa é constituído por ações que visam atuar sobre a capacidade competitiva do setor produtivo brasileiro através da interação entre empresários, trabalhadores, Governo e Congresso Nacional em um processo de debates em busca da solução dos problemas de cada cadeia produtiva e do estabelecimento de ações e metas, configurando uma política para o desenvolvimento do setor produtivo.

Os fóruns de competitividade constituem espaços de diálogo entre o setor produtivo (sob a forma de representações de empresários e trabalhadores), Governo e o Congresso Nacional, para, em primeiro lugar, promover a discussão e busca de consenso em relação aos gargalos, oportunidades e desafios de cada uma das cadeias produtivas que se entrelaçam na economia brasileira. Após a consensualização em torno de um diagnóstico, os debates são dirigidos para a definição de um conjunto de ações e metas desafiadoras para a solução dos problemas e aproveitamento das oportunidades, tendo em vista os objetivos do programa.

O Documento Básico elaborado pelo MDIC, em 2000, para a conceituação e caracterização dos fóruns de competitividade indica a necessidade de se conceituar cadeia produtiva¹²⁹ como elemento articulador das atividades dos fóruns. Como instrumento de inteligência para melhorar o nível competitivo da indústria nacional, o MDIC identificou nos fóruns o *locus* adequado para aprofundar de forma compartilhada as decisões das políticas industrial e econômica com o setor produtivo.

De acordo com o documento (2000, p. 2), o uso do conceito de cadeia produtiva permite: (i) visualizar a cadeia de modo integral; (ii) identificar debilidades e potencialidades nos elos; (iii) motivar articulação solidária dos elos; (iv) identificar gargalos, elos faltantes e estrangulamentos; (v) identificar os elos dinâmicos, em adição à compreensão dos mercados, que trazem movimento às transações na cadeia produtiva; (vi) maximizar a eficácia político-administrativa do Fórum por meio do consenso em torno dos agentes envolvidos; (vii) identificar fatores e condicionantes da competitividade em cada segmento; e (viii) identificar razões centrais para as limitações às exportações ou a alta exposição às importações.

O MDIC entende que os fóruns de competitividade inovaram na gestão da política industrial por conta de cinco fatores (2000, p. 3): (i) usa o conceito de cadeia produtiva, ao invés do conceito de setor; (ii) busca a convergência para um só diagnóstico e o estabelecimento, de forma participativa e consensual, de metas e ações desafiadoras e exequíveis, vinculadas aos objetivos do Fórum e aos fatores e condicionantes da competitividade da dimensão empresarial (microeconômica), firmados em compromissos entre o Governo e o setor produtivo por meio de Contratos de Competitividade; (iii) dá visibilidade ao conjunto das ações governamentais relativas a uma cadeia produtiva, com impacto no curto, médio e longo prazos, viabilizando a negociação das contrapartidas do setor

¹²⁹ Definido pelo MDIC como “o conjunto de atividades que se articulam progressivamente desde os insumos básicos até o produto final, incluindo distribuição e comercialização, constituindo-se em elos de uma corrente.”

produtivo; (iv) estabelece a hierarquia e a priorização das ações, aumentando a eficiência e eficácia da ação política; e (v) dá perspectiva temporal ao atendimento das demandas do setor produtivo, aumentando a previsibilidade do retorno dos investimentos.

Neste contexto, foram criados 20 Fóruns de Competitividade¹³⁰ cujo funcionamento era dividido em quatro momentos distintos: etapa preparatória, etapa de diagnóstico e análise, etapa de decisão e operação permanente.

Vemos que esta forma de planejamento é tributária de um aumento da participação do setor produtivo nas discussões da política industrial, funcionando como elo entre o Estado – detentor do poder político, de grande parte do poder econômico e de instrumentos de intervenção na ordem econômica – e a iniciativa privada – organizada pelos trabalhadores, empresários e pesquisadores. Ainda que os Fóruns de Competitividade tenham caráter consultivo e não deliberativo, vemos neste instrumento a ampliação do processo participativo da sociedade.

A experiência foi posteriormente estendida a outras cadeias produtivas e, em 23 de novembro de 2009, foi criado o Fórum de Competitividade de Nanotecnologia, cuja intenção expressa pelo mesmo MDIC¹³¹ era possuir um espaço

construído com base em um diálogo profícuo e estimulante, onde todos os atores interessados poderão dar sua contribuição de modo a que as resoluções e determinações emanadas materializem-se em Políticas Públicas consistentes e aptas a viabilizar a consolidação de um setor de tamanha relevância no cenário econômico e tecnológico do país

Como órgão consultivo subordinado ao Comitê de Competitividade de Nanotecnologia,¹³² as atividades do FCN se dividiram em quatro Grupos de Trabalho (GTs): mercado, marco regulatório, recursos humanos e cooperação internacional, que definiam seus Programas de Trabalho anualmente e organizavam de forma autônoma a periodicidade e local

¹³⁰ Construção Civil; Têxtil e Confecções; Plástico; Complexo Eletrônico; Madeira e Móveis; Couro e Calçados; Transporte Aéreo; Turismo; Automotiva; Indústria Aeroespacial; Siderurgia; Farmacêutica; Café; Bens de Capital; Naval e Marinha Mercante; Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos; Gás e Petróleo; Frangos e Suínos; Lâcteos; Audiovisual.

¹³¹ BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Fórum de Competitividade de Nanotecnologia**. Disponível em <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469>>. Acesso em 30 dez. 2012.

¹³² De acordo com o PBM, “os comitês têm como atribuição a formulação e a implementação de uma agenda de trabalho setorial para o desdobramento dos objetivos e da orientação estratégica do Brasil Maior nas respectivas cadeias de valor.”

de suas reuniões. Ao longo de seus três anos de existência, também foram realizadas plenárias com todos os GTs a fim de convergir conceitos ou recomendações do FCN ao MDIC.¹³³

Podemos destacar a atuação dos GTs de mercado e marco regulatório, que elaboraram dois documentos síntese das questões colocadas em discussão, traçando panorama do mercado de nanotecnologia no Brasil e no mundo e, identificando formas de regulação da nanotecnologia no país, respectivamente.

Elaborado, de forma voluntária, por mais de uma dezena de especialistas dedicados ao tema, o Relatório de Atividades do GT Mercado sobre o cenário da nanotecnologia no Brasil constitui hoje o documento mais atualizado do seu estado de desenvolvimento no país, indicando agenda clara de trabalho para o poder público.

Por sua vez, o relatório “Contribuições do GT Marco Regulatório” para a regulação da nanotecnologia no Brasil elaborou algoritmo para a classificação de produtos como nanomaterial que foi utilizado como referência em discussões da Comunidade Europeia.

O Fórum proporcionou espaço de congruência, em âmbito nacional, de importantes atores dedicados ao desenvolvimento da nanociência e nanotecnologia no país, como representantes de empresas públicas (Embrapa, BNDES e FINEP), de sociedades de economia mista (Petrobrás), dos laboratórios articulados nos INCTs, do INMETRO, bem como investidores e empresas de base tecnológica dedicadas à cadeia da nano.

Vale apontar para duas importantes ausências. No início das atividades do FCN, não foram convidadas as entidades ligadas aos trabalhadores, em especial a Fundacentro e o DIEESE, que solicitaram participação por meio de ofício enviado à Secretaria de Inovação do MDIC no início de 2010. Por outro lado, a ANVISA, mesmo que convidada reiteradas vezes pelos representantes do MCT, MDIC e dos laboratórios, mandou

¹³³ Como instrumento de mapeamento das tendências observadas mundialmente para organização de nossa política, podemos entender que o Fórum de Competitividade de Nanotecnologia parece cumprir em partes com a missão identificada por Furtado no seguinte trecho de sua obra: “Para orientar-nos, tanto como estudiosos de processos econômicos específicos, como na qualidade de agentes com pretensões a agir diretamente sobre a realidade, necessitamos de hipóteses explicativas do comportamento atual e das tendências a mais longo prazo da economia internacional. É natural que a situação presente conduza à perplexidade. Que forma básica apresentará a economia internacional nos próximos anos? Estará ela estruturada a principalmente em torno de um ou de vários centros ordenadores? Os critérios valorativos subjacentes a essa ordenação serão definidos a partir de conjuntos nacionais ou multinacionais? Caso os grupos operativos de maior relevância venham a ser os multinacionais, que critérios serão utilizados para agregar os desagregar interesses nacionais? Enfim, impõe-se toda uma temática cujos pontos essenciais são: a) quem define os critérios de valor, sem os quais não é possível estabelecer esquemas de racionalidade formal? b) quem ordena a coação, sem a qual não é possível assegurar a eficácia operativa de um sistema social?” In: **A Fantasia Desfeita**, p. 54.

representantes em poucas ocasiões. Estes fatos atestam a dificuldade de, mesmo em um ambiente privilegiado como este, promover articulação entre os principais atores dedicados ao tema.

Deve ser destacado que a agenda de trabalho do FCN não respeitou as etapas estabelecidas pelo MDIC quando lançado o documento base dos fóruns de competitividade,¹³⁴. Principalmente quanto às etapas preparatórias e de decisão. Tal fato, aliado a fraca articulação anterior entre os atores mais ativos do FCN, contribuiu para uma extensa agenda de mapeamento da cadeia produtiva no Brasil, com dificuldades de se estabelecer consensos em elementos básicos, como a própria compreensão da nanotecnologia como uma cadeia produtiva.

De toda forma, os trabalhos do FCN contribuíram para a realização de dois *workshops* cujos focos eram identificar as demandas da indústria para a academia quanto à nanotecnologia¹³⁵ e prospectar no universo científico as possibilidades de desenvolvimento de novos negócios.¹³⁶

Neste sentido, o FCN demonstra ser espaço qualificado de articulação entre as esferas produtiva e de ciência e tecnologia, com viés de geração de negócios e pouca preocupação com as dimensões do risco ao trabalho e ao meio ambiente. Vale observar lição de Engelmann quanto aos sentidos do desenvolvimento, que muito pouco aparece nas discussões do FCN (2010, p. 178):

O certo é que as nanotecnologias são a expressão da criatividade humana, onde os potenciais ainda estão em aberto. De qualquer maneira, é preciso conceber as nanotecnologias como um caminho para a melhoria de vida de todos, olhando para as dificuldades de cada sociedade, respeitando as suas

¹³⁴ Etapa Preparatória, Etapa de Diagnóstico e Análise, Etapa de Decisão e Operação Permanente.

¹³⁵ Tema do “Workshop Nanotecnologias: expectativa da indústria brasileira”, realizado na FIESP em dezembro de 2010. A Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT) e Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) indicaram gargalos e demandas à P&D de nanotecnologia. Estiveram presentes mais de 300 participantes, incluindo pesquisadores dos INCT, das Redes de Cooperação com pesquisa em Nanotecnologia, empresários das áreas relacionadas e estudantes de graduação e pós-graduação.

¹³⁶ Realizado no mês de dezembro de 2012, em Fortaleza/CE, o II Workshop Nanotecnologias: da ciência ao mundo dos negócios visava dar sequência a aproximação anterior do meio empresarial da nanotecnologia “mostrando as possibilidades reais que a nanotecnologia oferece de ampliar mercados e impulsionar a competitividade das empresas. O workshop também visa mostrar os instrumentos de incentivo e financiamento à inovação disponíveis para o setor privado e apresentar casos de sucesso de empresas que já investem em nanotecnologias utilizando esses instrumentos.” Disponível em <<http://workshopnano.abdi.com.br/apresentacao.aspx>> Acesso em 30 jan. 2012.

características locais. Apesar disto, existe um sinal de alerta: para a melhora da vida, acima foram listadas diversas especialidades nanotecnológicas, que deverão ser acessadas por todas as pessoas da sociedade. Do contrário, serão gerados novos excluídos, pois haverá o grupo de pessoas que conseguem acessar as tecnologias e o outro que não terá condições. (...) Neste cenário se inscreve um dos desafios dos marcos regulatórios: promover a inclusão. No espaço das nanotecnologias deve-se observar que elas deverão servir para solucionar problemas brasileiros. Assim, antes de se importar qualquer tecnologia ou produto, será este detalhe que deverá ser levado em consideração. Neste caso, se vivencia uma dificuldade: no Brasil existe pesquisa de qualidade, mas que apresenta problemas para a sua transferência à sociedade.

d. OS LIMITES E AS POSSIBILIDADES DE DESENVOLVIMENTO DA NANOTECNOLOGIA NA
PERIFERIA DO SISTEMA CAPITALISTA

Do or do not. There is no try.

Master Yoda¹³⁷

Para analisar os limites e as possibilidades do desenvolvimento da nanotecnologia no Brasil, primeiro é necessário identificar qual é o mercado que se pretende construir ou organizar com as regras jurídicas para seu desenvolvimento. Isto deve ser dito em função da determinação do lugar que queremos ocupar no mundo, se de países consumidores de produtos nanotecnológicos ou países produtores de nanotecnologia. Em função desta primeira escolha é que se orientam as demais: qual o grau de proteção se deve ter com o trabalhador, como incentivar a interação entre academia e empresa, ou como produzir tecnologia que esteja interessada no desenvolvimento do país.

Estes desafios podem ser organizados em torno da dimensão política e da dimensão econômica, ambas conformando ordens jurídicas próprias para o alcance de suas finalidades. Ainda, temos de ter em mente que o processo acumulativo de conhecimento deve

¹³⁷ Durante seu treinamento Jedi (Star Wars, Episódio V), Luke Skywalker encontra-se diante de um desafio: depois de ter tido êxito erguendo uma simples pedra, é ordenado a erguer sua nave espacial de dentro de um lago. Para ele, e pra aquilo que acreditava, a missão parecia impossível: erguer uma pedra é totalmente diferente de erguer uma nave! Mesmo assim, ele ousa *tentar*. Neste momento, Mestre Yoda interrompe-o com esta famosa frase: não há desafio que se coloque diante de nós que não seja possível de ser superado, mas, para isso, não adianta simplesmente *tentar*.

ser analisado com vistas à sua capacidade de transformar o excedente (no nosso caso, os recursos públicos e privados investidos) em capacidade produtiva (FURTADO, 1961, pp. 107-109). Neste sentido, a política de nanotecnologia deve ser analisada, na perspectiva furtadiana, como um projeto de geração de excedente, aumento da autonomia tecnológica do país e proteção ao mercado interno:

Os países que já avançaram no processo de industrialização principalmente voltado para o mercado interno (...) serão confrontados com um dilema: optar pela linha mais fácil de renunciar a um projeto próprio, ou lutar para abrir caminho no sentido de privilegiar o desenvolvimento do mercado interno. Nesta segunda hipótese, o acesso à vanguarda tecnológica será mais custoso, mas o desenvolvimento será mais autodirigido e as forças que apóiam mudanças sociais, mais participativas. Para os que adotam essa posição contestadora a história está longe de apresentar-se como concluída. (1999, pp. 24-25)

Furtado indicou no final de sua vida que, para retomar a construção interrompida, seriam necessárias ações em três frentes: (i) reverter o processo de concentração patrimonial e de renda que está na raiz das malformações sociais que se observam no Brasil (“enfoque da habilitação”); (ii) reverter o atraso nos investimentos no fator humano, na promoção do bem-estar da massa da população; e (iii) reestruturar a forma de inserção no processo de globalização, com vistas a submeter os fluxos monetários e financeiros a rigorosos constrangimentos, aperfeiçoando-se a ação estatal.

Além destas questões, devemos ter em vista a adequação do progresso técnico para a superação da questão social no Brasil (ALBUQUERQUE, 2007, p. 200; FURTADO, 2003). Com base nestas considerações, é possível identificar que a Política Nacional de Nanotecnologia maneja tanto com instrumentos schumpeterianos como furtadianos.

Importa retomar dado que reflete a questão. Desde o lançamento da NNI, em 2000, o governo americano, com a coordenação da NSF, investiu mais de US\$ 16 bilhões, por meio de 26 agências federais. O orçamento federal para o ano de 2013 (já incluso no total citado) é de US\$ 1.8 bilhão, dirigido a 15 agências com orçamentos dedicados à pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia. De acordo com o PCAST, aproximadamente 75% dos recursos são direcionados para somente três Áreas Programáticas: dispositivos e sistemas manométricos, fenômenos e processos fundamentais na nanoescala e nanomateriais. Deste orçamento, US\$ 306 milhões serão dedicados a três iniciativas-chave: nanotecnologia para

coleta e conversão de energia solar; nanomanufatura sustentável: criando as indústrias do futuro; e nanoeletrônica para 2020 em diante.

Destaca-se no relatório a continuação ao suporte quanto às questões relacionadas aos impactos sociais da nanotecnologia, educação e a sensibilização do público quanto ao tema. A dimensão do problema e de seus desafios são enormes.

No Brasil, cerca de 600 empresas informaram desenvolver atividades relacionadas à nanotecnologia à Pintec (IBGE, 2008). Conforme a ABDI (2010), o Brasil é o 25º país no ranking mundial de nanotecnologia, sendo que observamos um reduzido número de empresas que incorporam nanotecnologias em seus produtos ou processos ou que fabricam nanomateriais.

De acordo com a CGNT, possuímos atualmente 24 redes cooperativas e 16 INCTs que desenvolvem nanotecnologia, concentrados principalmente na região sudeste, como se vê na Figura 14. Além disso, o Brasil detém oito laboratórios nacionais com estrutura para desenvolver pesquisas em nanotecnologia, além de mais de 2500 pesquisadores e mais de 3000 estudantes cursando mestrado ou doutorado. Essa estrutura possibilita que o país detenha cerca de 1,9% da produção científica mundial de artigos.

Figura 14 – Distribuição Geográfica dos INCTs; Fonte: MCTI (2012)

Entre 2006 e 2009, o Programa Subvenção Econômica da FINEP apoiou 23 projetos relacionados à nanotecnologia, representando 3% do total. O MCTI anunciou recentemente que deverá investir, nos próximos três anos, R\$ 110 milhões na área de nanotecnologia, com o objetivo de apoiar empresas e laboratórios que atuam no setor. O anúncio foi feito pelo secretário substituto de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Adalberto Fazzio, durante o Seminário Regulação, Inovação e Desenvolvimento da Nanotecnologia, promovido pela ABDI, em Brasília.

O anúncio é coerente com o PBM e a ENCTI 2012-2015, visto que prevê R\$ 80 milhões para áreas específicas de interesse destas políticas, em especial o apoio a laboratórios das unidades de pesquisa do MCTI e a departamentos de pesquisa de universidades que integram o SisNANO. Os R\$ 30 milhões restantes se destinarão à subvenção econômica para inovação nas empresas, por meio da principalmente da FINEP.

A comparação dos orçamentos é inevitável: nosso esforço para os próximos três anos representa cerca de 3% do investimento americano programado para 2013.

Durante o discurso de lançamento da PNN, e nos documentos públicos que se seguiram (PITCE, PBM e ENCTI), temos a forte impressão de que a motivação para a política brasileira de nanotecnologia baseou-se simplesmente em imitar a estratégia (ter uma política de nanotecnologia) sem fundamentar seu conteúdo político-econômico. Vemos que, ao menos no discurso, falta clareza de propósitos quanto ao sentido que a nanotecnologia pode ter como eixo de política industrial. Entendemos que simplesmente repetir trajetórias não sinaliza uma estratégia, ainda mais quando é gritante as diferentes dimensões de investimentos entre o centro e a periferia.

Como observamos na descrição de nossa política de nanotecnologia, o viés schumpeteriano está presente na medida em que a agenda da inovação como marco do progresso técnico ocupa posição de destaque em praticamente todas as ações de política industrial e tecnológica aqui analisadas. O dado mais claro da presença da teoria de Schumpeter em nossa política industrial é seu slogan “Inovar para competir. Competir para crescer.” Além desta questão discursiva, vimos que os instrumentos de fomento econômico manejados pelo Estado, como as linhas de crédito da FINEP e os estudos da ABDI, estão voltados à munir o empresariado (local ou estrangeiro) de crédito e informações capazes de potencializar o investimento privado em nanotecnologia.

Por sua vez, o viés furtadiano pode ser extraído quando analisamos a constituição da rede de laboratórios nacionais de nanotecnologia interessadas na solução de problemas estruturais do Brasil. Esta rede, integrada ao SisNano, possibilita a integração e regionalização da pesquisa pública em nanotecnologia no Brasil, contribuindo para a homogeneização social pela via tecnológica. Como exemplo, podemos citar as recentes pesquisas desenvolvidas pelo CETENE, que, em parceria com a UPE e a UFPB, utilizou a nanotecnologia para fabricar solução inovadora para o tratamento da cárie.¹³⁸

O subdesenvolvimento não é uma condição estática, ele se renova com os movimentos do capital mundial, que condicionam nossa existência e forma de inserção na economia mundial. O domínio da tecnologia, como sempre, condiciona a forma de participação dos Estados no poder econômico global. Atualmente, este quadro se acentua pela

¹³⁸ Um grupo de pesquisadores da Universidade de Pernambuco (UPE), Cetene e Universidade Federal da Paraíba (UFPB) desenvolveu um novo produto que impede a progressão das cáries, em parceria com a universidade da Harvard. O defensivo contra a cárie, que ganhou o nome de Nanofloreto de Prata, foi aplicado em crianças durante mutirão de atendimento dentário, no dia 12 de outubro de 2012, no Horto de Dois irmãos. Notícia veiculada pela Secretaria de Ciência e Tecnologia de Pernambuco. Disponível em <<http://www2.sectma.pe.gov.br/web/sectec/exibir-noticia?groupId=51744&articleId=3582658&templateId=-55307>> Acesso em 12 mar. 2013.

predominância e velocidade de seu desenvolvimento, de forma exponencial, jamais experimentada na evolução humana. Nesta disputa, não há muito mais espaço para *tentativas*. Muito menos para, da periferia, se tentar fazer *menos do mesmo*. É neste campo que devemos ter espaço institucional e político para o exercício da criatividade, como pretendido por Furtado (1978).

Furtado (1991) indicava três processos de reestruturação da economia internacional que podemos, ainda hoje, observar na relação entre o quadro americano e as políticas de desenvolvimento adotadas pelo Brasil. O primeiro destes pontos diz respeito ao aumento da influência dos centros nacionais de decisão, plano este que serve de base de sustentação financeira e política às empresas que atuam tanto nos planos nacional como internacional. Outro ponto refere-se à “articulação de espaços econômicos regionais”, a fim de facilitar a assimilação do progresso tecnológico e de intensificação do processo de acumulação de capital. Por fim, o autor apontava para a coexistência de vários centros dinâmicos que, embora atualmente exerçam influências muito diversas (vimos isso quanto à abordagem da regulação em nanotecnologia), guardam autonomia individual no sistema econômico internacional.

Furtado indica que, na América Latina, a expansão produtiva do centro criou amplas facilidades visando à interiorização de atividades produtivas, particularmente manufatureiras (1991, pp. 75-76):

A industrialização latino-americana tendeu a assumir, por conseguinte, a forma de internacionalização das atividades produtivas ligadas ao mercado interno, o que viria a marcar o desenvolvimento da região em sua fase atual. Essa internacionalização teria conseqüências múltiplas: *a)* enfraqueceria o processo formativo dos centros nacionais de decisões, criando uma nova forma de desarticulação das decisões econômicas; *b)* criaria uma pressão crescente sobre a balança de pagamentos decorrente de transferências financeiras; *c)* poria em marcha um processo de integração multinacional essencialmente baseado na articulação de decisões das grandes empresas estrangeiras que se instalaram na região.

Portanto, o quadro de poucos instrumentos que hoje temos é fruto de um intenso processo de formatação jurídica e econômica de nossa capacidade tecnológica com vistas a perpetuar este *modus operandi* nas relações centro-periferia.

Por conta de seu aspecto cíclico, o controle do estado da técnica e a disputa pelos seus sentidos fez com que os Estados Nacionais, do centro e da periferia, organizassem

estratégias, iniciativas, políticas de desenvolvimento tecnológico, sendo a nanotecnologia um de seus eixos. Assim, o desafio proposto por Furtado se renova e é reapresentado diante de nós: há espaço e tempo para, por meio da tecnologia, superar nossa condição periférica? A (nano)tecnologia oferece-nos as algemas dessa prisão ou permite-nos a libertação?

O percurso desta dissertação contribuiu para encontrar caminhos, mas o preencheu de dúvidas e limitações.

É inegável que a retomada da política industrial representou novo patamar de desenvolvimento econômico e científico ao país. Ao rearticular os instrumentos de intervenção sobre o domínio econômico, buscando explorar as interações com o ambiente acadêmico, foi possível avançar na estruturação de redes de pesquisa com vistas a aumentar a interação entre academia e indústria. Temos de levar em conta que, no Brasil, a pesquisa científica está fortemente localizada na universidade pública, sujeita às regras de controle de contratação do poder público.

Além disso, observamos que as políticas industriais e de C,T&I foram construídas com certo alinhamento (por enquanto, apenas discursivos) aos comandos estabelecidos na Constituição Federal, tais como a busca de autonomia tecnológica e o desenvolvimento regional. Podemos indicar que possuímos centros nacionais de decisão, com autonomia relativa e um processo consultivo, por meio dos fóruns de competitividade, de certa maneira adequados aos desafios propostos.

No entanto, ainda que represente aumento substancial em relação aos anos anteriores e estar articulada a outros programas do MCTI,¹³⁹ os valores são tímidos quando comparados aos demais países do mundo, como analisado no capítulo II. Além dos investimentos serem pouco expressivos, temos de ter em vista os sentidos de sua utilização que, como analisado, são muito pouco explicitados nos documentos públicos, mais

¹³⁹ Como o programa Ciências sem Fronteiras que, de acordo com o Governo Federal, “é um programa que busca promover a consolidação, expansão e internacionalização da ciência e tecnologia, da inovação e da competitividade brasileira por meio do intercâmbio e da mobilidade internacional. A iniciativa é fruto de esforço conjunto do MCTI e do MEC, por meio de suas respectivas instituições de fomento – CNPq e Capes –, e Secretarias de Ensino Superior e de Ensino Tecnológico do MEC. O projeto prevê a utilização de até 101 mil bolsas em quatro anos para promover intercâmbio, de forma que alunos de graduação e pós-graduação façam estágio no exterior com a finalidade de manter contato com sistemas educacionais competitivos em relação à tecnologia e inovação. Além disso, busca atrair pesquisadores do exterior que queiram se fixar no Brasil ou estabelecer parcerias com os pesquisadores brasileiros nas áreas prioritárias definidas no Programa, bem como criar oportunidade para que pesquisadores de empresas recebam treinamento especializado no exterior.” Disponível em <<http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/o-programa>> Acesso em 30 dez. 2012.

preocupados em instituir elementos de gestão e acompanhamento das medidas do que induzir o desenvolvimento científico e tecnológico com uma dada orientação.

Quanto às nossas possibilidades, pela própria característica que nos torna periféricos, somado ao fato de que grande parte de nossa pesquisa localiza-se na universidade pública e em laboratórios públicos, temos reais condições de olhar para nossos problemas sociais e buscar na nanotecnologia possíveis soluções, como tem feito o Departamento de Defesa americano, ou o governo japonês e seus investimentos em tecnologias para tratamento de água ou geração de energia. Como reflete Furtado (1973, p. 74):

Em um mundo em que o processo de desenvolvimento se vem realizando de forma extremamente desigual, excluída a hipótese de efetiva dominação política, somente o marco nacional, e em certos casos o regional, poderá servir de base para definir critérios valorativos. Assim, a articulação em nível nacional continuará a desempenhar papel fundamental, e as relações entre sistemas econômicos nacionais continuarão a colocar-se como problemas de estratégia, isto é, abrindo opções a cada uma das partes. A persistência de centros nacionais de decisão como marco básico para definição dos critérios valorativos não impede que prossiga a tendência à constituição de subsistemas regionais, que permitam conjugar esforços para solução de problemas comuns, particularmente nos planos tecnológicos e financeiro e na definição da estratégia a seguir nos mercados internacionais.

Os instrumentos de gestão devem, ao nosso ver, estar condicionados ao sentido político do desenvolvimento tecnológico, capaz de extrair de nossa condição periférica os verdadeiros desafios a serem superados, que passam necessariamente por aumentar a geração de excedente apropriável.

Devido à transversalidade e a multiplicidade de atores e foros a que se submete a nanotecnologia, o tema é de difícil regulação na esfera nacional. O sentido do desenvolvimento da nanotecnologia deve ser inclusivo quanto ao aumento das potencialidades humanas e suas capacidades de experimentar uma expansão de sua realidade. Um possível instrumento para fazer isso pode ser a humanização das técnicas nas quais se centra o desenvolvimento nanotecnológico, resgatando a humanidade na sua universalidade (ENGELMANN, 2010, p. 213).

Quanto às questões relacionadas aos riscos da nanotecnologia, temos ambiente rico de discussões dentro de organizações sindicais interessadas no desenvolvimento econômico e tecnológico que possa ser harmonizado com parâmetros claramente estabelecidos de respeito à saúde do trabalhador e à qualidade do meio ambiente. As

condições impostas pela Constituição Federal exigem que nosso desenvolvimento seja pautado por estes referenciais.

Caso não tomemos os devidos cuidados em seu desenvolvimento, a nanotecnologia, em sua busca pela preservação da vida, pode nos conduzir justamente à sua extinção – ainda mais quando os interesses que a movimentam estão intrinsecamente relacionados às demandas da indústria, com pouca pressão de trabalhadores ou consumidores. Esta atenção, como destacado por Engelmann *et al* (2010, p. 217), deve inquietar o homem a fim de fomentar a pesquisa ética, a divulgação das pesquisas, bem como seus potenciais positivos e negativos.

Temos a impressão de que a tentativa de incorporação do conflito social a esta etapa do processo de desenvolvimento da tecnologia é vista como símbolo de “atraso” e não como “uma fonte alimentadora da criatividade política” ou como “o conjunto de manifestações externas de um processo de criatividade cultural que abrange outras esferas da vida social” (FURTADO, 2008, pp. 108-109).

Para responder à pergunta realizada na introdução do trabalho, quanto à existência de alguma capacidade normativa que proporcione a necessária dinamização de nossa economia pela nanotecnologia, entendemos que os processos de financiamento público e subvenção econômica podem cumprir com este papel, desde que os critérios de seleção de projetos estejam alinhados com os comandos constitucionais.

Devemos tirar alguma vantagem do atraso em que nos encontramos quanto a esta pauta. Pela extensa e substanciosa literatura produzida por órgãos públicos e privados mundialmente, temos capacidade de sistematizar rapidamente as questões em debate (definição de nanotecnologia, mapeamento das esferas de sua produção em organismos multilaterais, estado da arte das discussões acerca dos princípios da prevenção e precaução etc.), identificando aquilo que merece ser incorporado tecnicamente e discutindo com detida atenção aquelas questões cujo sentido político-econômico interfira na nossa agenda de desenvolvimento, em todas as suas vertentes.

Com isso em vista, é possível elaborar democraticamente posicionamento claro e preciso quanto à trajetória que devemos seguir, alinhado aos comandos constitucionais já identificados.¹⁴⁰ Dada a fragilidade que nos impõe nossa condição periférica, temos pouca ou

¹⁴⁰ “O ponto de partida do estudo do desenvolvimento deveria ser não a taxa de investimento, ou a relação produto-capital, ou a dimensão do mercado, mas o horizonte de aspirações da coletividade em questão,

nenhuma chance de errar e perder tempo, numa agenda que é conduzida como verdadeiro alvo móvel. Como destaca Grau (1990, p. 266), “é necessário enfatizar que a situação de cada sociedade diante do desafio tecnológico – situação de autonomia ou dependência – é que há de determinar o seu papel, de *sujeito* ou *objeto*, no mercado internacional.”

considerada não abstratamente mas como um conjunto de grupos ou estratos com perfil definido. O desenvolvimento é a transformação do conjunto das estruturas de uma sociedade em função de objetivos que se propõe alcançar essa sociedade. O primeiro problema é definir o campo de opções que se abre à coletividade. Em seguida apresenta-se o problema de identificar, entre essas opções, as que se apresentam como possibilidade política, isto é, aquelas que, correspondendo a aspirações da coletividade, podem ser levadas à prática por forças políticas capazes de exercer um papel hegemônico no sistema de poder.” In **Raízes do Subdesenvolvimento**, p. 103.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não cabe dúvida que a imaginação descontrolada produz delírios, mas como conceber uma construção teórica sem um forte ingrediente de imaginação?

Celso Furtado, *A Fantasia Organizada*, p. 163

Não há dúvidas de que o desenvolvimento da nanotecnologia se insere na lógica da destruição criadora inerente ao sistema capitalista, sistema econômico no qual a fase estacionária nunca foi e nunca será uma opção. Também não temos dúvidas de que seu progresso recoloca a função desempenhada pela tecnologia como processo simultâneo de dominação e emancipação política, social e econômica. Como instrumento do desenvolvimento ou do subdesenvolvimento, a tecnologia opera como resultado de determinantes políticas, vinculadas quer à emancipação, quer à alienação do homem.

Diante disso, não nos cabe o papel de encantamento com as possibilidades abertas pela nanotecnologia. É certo que seu desenvolvimento pode descortinar para o homem possibilidades jamais imaginadas pela ciência, mas devemos nos perguntar: que homem é esse? Onde ele se encontra? Para onde ele se orienta? Ao pesquisador comprometido com a superação do subdesenvolvimento, cabe analisar o sentido do desenvolvimento da nanotecnologia a fim de buscar nestas orientações a eficácia social dos investimentos públicos e privados feitos com esse fim.

Como o progresso técnico é cada vez mais objeto de apropriação por parte de empresas transnacionais sem qualquer (ou pouquíssimo) comprometimento com projetos nacionais, preocupa-nos os movimentos que observamos na evolução da nanotecnologia no mundo e no Brasil. Primeiro, porque a enorme quantidade de recursos mundialmente aplicados pelos Estados no desenvolvimento da nanotecnologia não tem paralelo com os investimentos efetuados nas pesquisas relacionadas à *nanologia* e seus impactos sociais.

Segundo, porque a assimetria entre os esforços nacionais efetuados pelo centro e pela periferia é alarmante. A pujança com que os Estados Unidos e o Japão organizam a disputa em torno do controle do progresso técnico nos faz, no mínimo, imaginar qual seria o sentido de *ainda* investir nesta rota tecnológica, que é altamente intensiva em capital e poupadora de recursos humanos.

Parece-nos que o método de formação da política de nanotecnologia respeita, com certas ressalvas (incorporação da questão do risco e do trabalhador) as condicionantes do pensamento furtadiano. No entanto – por completa ausência ou constantes mudanças de foco – seus objetivos se aproximam da aposta schumpeteriana: encontrar o empresário ou a organização que trará o exemplo ou o caso de sucesso que redimirá a todos.

Como pretendíamos demonstrar ao manejar o pensamento de Furtado, o debate atual sobre desenvolvimento está concentrado em demasia sobre as políticas macroeconômicas de curto prazo, em prejuízo de investigações que tomem como guia a “dinâmica das estruturas”, ou seja, as transformações financeiras, tecnológicas, patrimoniais e espaciais determinadas pela interação entre o centro hegemônico e as estratégias nacionais de “inserção” das regiões periféricas.

Ao final deste nosso trajeto, reforçamos que o único sentido possível para o esforço brasileiro em investir na nanotecnologia relaciona-se ao seu desenvolvimento com vistas ao enfrentamento da questão social, abrindo horizontes para a superação da condição periférica.

VI. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Panorama de nanotecnologia no mundo e no Brasil**. Brasília: CGEE, 2008.

_____. **Estudo prospectivo – nanotecnologia: 2008-2025**. Brasília: CGEE, 2010. (Série Cadernos da Indústria ABDI, 20).

_____. **Panorama Nanotecnologia**. Brasília: CGEE, 2010. (Série Cadernos da Indústria ABDI, 19).

_____. **Cartilha sobre Nanotecnologia**. Brasília: ABDI, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Nanotecnologia: documentos em desenvolvimento. In: FÓRUM DE COMPETITIVIDADE DE NANOTECNOLOGIA, São Paulo, 2010. **Apresentação**. São Paulo: ABNT/CEE-89 Comissão de Estudos Especiais de Nanotecnologia, 2010.

ALBUQUERQUE, E. M. **“Inadequacy of technology” and innovation systems at the periphery: notes on Celso Furtado’s contributions for a dialogue between evolutionists and structuralists**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2005.

_____. A Apropriabilidade dos Frutos do Progresso Técnico In PELAES, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006. pp. 232-259.

_____. Celso Furtado, a polaridade modernização-marginalização e uma agenda para a construção dos sistemas de inovação e de bem-estar no Brasil. In: SABOIA, J.; CARVALHO, F. (Org.). **Celso Furtado e o século XXI**. São Paulo/Rio de Janeiro: Manole/Instituto de Economia UFRJ, 2007, p.180-203.

ALVES, O. L. **Nanotecnologia e Desenvolvimento**. Campinas, UNICAMP, 2010. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_divulgacao_35_1_-_nanotecnologia_desenvolvimento.pdf> Acesso em 26 jan. 2013.

_____. **Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre o presente e futuro não é apenas questão de tempo**. Campinas: UNICAMP, 2004. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_artigo_opinioao_61_1_nano_cgEE.pdf> Acesso em: 26 jan. 2013.

ARBIX, G. **Inovar ou inovar: a indústria brasileira entre o passado e o futuro**. São Paulo: Papagaio, 2007.

ARBIX, G.; DE NEGRI, J. A. **A nova competitividade da indústria e o novo empresariado: uma hipótese de trabalho**. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v19n2/v19n2a02.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2012.

ARRUDA, F. S.. **Avaliação em ciência, tecnologia e inovação: o caso do programa de propriedade intelectual da FAPESP**. 2008. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2008.

BAGATTOLLI, C. **Política científica e tecnológica e dinâmica inovativa no Brasil**. 2009. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2009.

BANCO MUNDIAL. **Conhecimento para o desenvolvimento: Relatório sobre o desenvolvimento mundial**. Washington: Banco Mundial, 1999.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **BNDES e Inovação: Programa de Fundos de Investimento do BNDES**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. Disponível em: < <http://www.bndes.gov.br> >. Acessado em: 15 Jul. 2011.

_____. **Programa para o Desenvolvimento da Indústria de Software e Serviços de Tecnologia da Informação – PROSOFT**. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acessado em: 15 Jul. 2011.

_____. **Fundo Tecnológico – FUNTEC**. Rio de Janeiro: BNDES. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acessado em: 15 Jul. 2011.

_____. **Linha Inovação Tecnológica**. Rio de Janeiro: BNDES, ano. Disponível em: <www.bndes.gov.br>. Acessado em: 15 Jul. 2011.

BARAN, P. **A economia política do desenvolvimento**. Tradução de Ferreira da Cunha. Rio de Janeiro: Zahar, 1964.

BARBOSA, D. B. (Org.). **Direito da Inovação: Comentários à Lei Federal de Inovação, Incentivos Fiscais à Inovação, Legislação estadual e local, Poder de Compra do estado (modificações à Lei de Licitações)**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2011.

BARNETT, J.; CARR, A.; CLIFT, R. Going Public: Risk, Trust and Public Understanding of Nanotechnologies. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 196-212.

BARRELLA, A. R.. **O programa de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico – PADCT: um exercício de análise de política**. 1998. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 1998.

BAUMANN, R. Integração regional e desenvolvimento econômico: com referência a Celso Furtado. In: SABOIA, J.; CARVALHO, F.(Org.). **Celso Furtado e o século XXI**. São Paulo/Rio de Janeiro: Manole/Instituto de Economia UFRJ, 2007. p. 359-372.

BECCHI, P. La ética en la era de la técnica: elementos para una crítica a Karl-Otto Apel y

Hans Jonas. **Cuadernos de filosofia del derecho**, Alicante, v. 25, p. 117-137, 2002. Disponível em: <<http://cervantesvirtual.com/porta/DOXA/cuadernos.html>>. Acesso em: 21 jul. 2011.

BECKER, M.; SWEDBERG, R. (Org.). **The entrepreneur**: classic texts by Joseph A. Schumpeter. Stanford: Stanford University, 2011.

BERCOVICI, G. **Desigualdades regionais, Estado e Constituição**. São Paulo: Max Limonad, 2003.

_____. **Constituição Econômica e Desenvolvimento**: uma leitura a partir da Constituição de 1988. São Paulo: Malheiros Editores, 2005.

_____. **Soberania e Constituição**: para uma crítica do Constitucionalismo. São Paulo: Quartier Latin, 2008.

_____. **Direito econômico do petróleo e dos recursos minerais**. São Paulo: Quartier Latin, 2011.

_____. MASSONETTO, L. F. A Constituição dirigente invertida: a blindagem da Constituição financeira e a agonia da Constituição econômica. In: **Boletim de Ciências Econômicas**, [Coimbra], v. 49, p. 3-25, 2006.

BERUBE, D. **Nano-Hype – The Truth Behind the Nanotechnology Buzz**. Prometheus: New York, 2006.

BIELCHOWSKY, R. Celso Furtado e o pensamento econômico latino-americano. In: BRESSER-PEREIRA, L. C. (Org.). **A grande esperança em Celso Furtado**: ensaios em homenagem aos seus 80 anos. São Paulo: Editora 34, 2001. p. 109-25.

_____. **Pensamento econômico brasileiro**: o ciclo ideológico do desenvolvimentismo. 5ª ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

_____. Vigencia de los aportes de Celso Furtado al estructuralismo. In: **Revista de La CEPAL**, [Santiago], v. 88, p. 7-15, abr. 2006.

BOUCHER, P. M. **Nanotechnology**: legal aspects. Boca Raton: CRC, 2008.

CANO, W.; SILVA, A. L. G. da. **Política industrial do governo Lula**. Texto para Discussão. IE/UNICAMP. n. 181, julho 2010. Disponível em < www.eco.unicamp.br/docprod/downarq.-php?id=1811&tp=a > Acesso em 12 nov. 2012.

CANUTO, O. **Brasil e Coréia do Sul**: os (des)caminhos da industrialização tardia. São Paulo: Nobel, 1994.

CARDOSO DE MELLO, J. M. **O capitalismo tardio**: contribuição à revisão crítica da formação e do desenvolvimento da economia brasileira. São Paulo: Brasiliense, 1982.

CARVALHO, L.; KUPFER, D. A transição estrutural da indústria brasileira: da diversificação para a especialização. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, Recife, 2007. **Anais**. Recife: ANPEC, 2007.

CASSIOLATO, J. E. **As novas políticas de competitividade**: a experiência dos principais países da OCDE. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, 1996.

_____. **Ciência, tecnologia e competitividade da indústria brasileira**. Brasília: IPEA, 1994.

_____; ELIAS, L. A. O balanço de pagamentos tecnológicos brasileiro: evolução do controle governamental e alguns indicadores. In: VIOTTI, E; MACEDO, M. (Org.). **Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003. p. 269-322.

_____; GUIMARAES, V.; LASTRES, H.; PEIXOTO, F.. Convergências e complementaridades da corrente neo-schumpeteriana com o pensamento estruturalista de Celso Furtado. In: SABÓIA, J.; CARDIM, F.(Org.). **Celso Furtado e o Século XXI**. São Paulo: Manole, 2007.

CASTRO, F. As promessas das nanotecnologias para o Brasil. **Inovação Tecnológica**. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/artigo=010175061120>>. Acesso em: 18 jul. 2011.

CEST. COMISSION DE L'ÉTHIQUE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE. Ethics, Risk, and Nanotechnology: Responsible Approaches to Dealing with Risk. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. (Ed.). **Nanotechnology & Society: Current and Emerging Ethical Issues**. Lexington: Springer, 2009. p. 75-89.

CHANG, H. **The Political Economy of Industrial Policy**. London: MacMillan Press Ltd., 1996.

_____. **Chutando a escada**: a estratégia do desenvolvimento em perspectiva histórica. Tradução de Luiz Araújo. São Paulo: UNESP, 2004.

_____. **Maus Samaritanos**: o mito do livre-comércio e a história secreta do capitalismo. Tradução de Celina Martins Ramalho. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CHESNAIS, F. **A mundialização financeira**. São Paulo: Xamã, 1999.

_____; SAUVIAT, C. O financiamento da inovação no regime global de acumulação dominado pelo capital financeiro. In: LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. (Org.) **Conhecimento, Sistemas de Inovação e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Editora UERJ/Contraponto, 2005. p. 161-219.

CIENTIFICA. **The Nanotechnology Opportunity Report**: Executive Summary. London: Cientifica, 2008. Disponível em: <<http://www.philadelphia.edu.jo/Books/Variety->

[%20of%20Topics/The%20NANOTECHNOLOGY%20Opportunity%20Report.pdf](#)> Acesso em: 20 Jul. 2011.

CIPOLLA, F. P. A Inovação na Teoria de Marx In PELAES, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006. pp. 41-66.

CLIFT, R. Risk Management and Regulation in an Emerging Technology. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 140-153.

COMPARATO, Fábio Konder. O indispensável direito econômico. In: _____. **Ensaios e pareceres de direito empresarial**. Rio de Janeiro: Forense, 1978. p. 453-72.

_____. **Transferência empresarial de tecnologia**. [S.L.]: CETEC, 1984. (Coleção Cadernos do CEDEC, 4). Disponível em: <http://www.cedec.org.br/files_pdf/CAD4.pdf>. Acessado em: 10 jan. 2011.

_____. **Muda Brasil**: uma constituição para o desenvolvimento democrático, 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1987.

_____. **Para viver a democracia**. São Paulo: Brasiliense, 1989.

DAHER, T.; SALERNO, M. S. **Política industrial, tecnológica e de comércio exterior do Governo Federal (PITCE)**: balanços e perspectivas. Brasília: Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2006.

DE NEGRI, J. A.; SALERNO, M. S. (Org.). **Inovações, padrões tecnológicos e desempenho das firmas industriais brasileiras**. Brasília: IPEA, 2005.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Agenda dos Trabalhadores pelo Desenvolvimento**. São Paulo: DIEESE, 2007.

_____. **A situação do trabalho no Brasil na primeira década dos anos 2000**. São Paulo: DIEESE, 2012.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial**: a teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores. Tradução de Carlos D. Szlak. Campinas: UNICAMP, 2006. (Clássicos da Inovação).

DREXLER, E. **Engines of creation**: the coming era of nanotechnology. 2. ed. New York: Anchor Books, 1990.

_____. Nanotechnology: From Feynman to Funding. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 25-34.

_____. Nanotecnologia para aumentar a habilidade humana, **IHU online**, v. 259, São

Leopoldo: Unisinos, p. 21-22, 2008.

DUPUY, J. Complexity and Uncertainty: a Prudential Approach to Nanotechnology. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Ed.). **Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. p. 119-132.

_____. **The Double Language of Science, and Why It Is So Difficult to Have a Proper Public Debate about the Nanotechnology Program In Nanotechnology & Society: Current and Emerging Ethical Issues**. Lexington: Foreword, 2009.

ELLIOT, J. E. Marx and Schumpeter on Capitalism's Creative Destruction: A Comparative Restatement. **The Quarterly Journal of Economics**, Vol. 95, No. 1 (Ago, 1980), 45-68. Disponível em <<http://ic.ucsc.edu/~rlipsch/Pol177/Marx%20&%20Schumpeter.pdf>> Acesso em 25.01.2013.

ENGELMANN, W. Os avanços nanotecnológicos no século XXI: os direitos humanos e os desafios (éticos) da regulamentação jurídica. In: **Anuário de derecho constitucional latino-americano**, Montevideu: Fundación Konrad Adenauer, v. 15, p. 541-557, 2009.

_____. A nanotecnociência como uma revolução: os Direitos Humanos e uma (nova) filosofia na ciência. In: STRECK, L (Org.). **Constituição, sistemas sociais e hermenêutica: anuário do programa de pós graduação em direito da Unisinos**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2010.

_____. FLORES, A.; WEYERMÜLLER, A. **Nanotecnologias, marcos regulatórios e direito ambiental**. Curitiba: Honoris Causa, 2010.

FERNANDES, M. F.; FILGUEIRAS, C. **Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro desafios)**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Nanotecnologia e a competitividade da indústria brasileira**. Rio de Janeiro: Firjan, 2011.

FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. **Perfil das empresas apoiadas pelo programa de subvenção econômica 2006 a 2009**. Disponível em <http://www.finep.gov.br/programas/subvencao_perfil_2006_2009.pdf> Acesso em 3.3.2013

FOSTER, L. **Nanotechnology: Science, innovation and opportunity**. Boston: Pearson Education, 2006.

FREEMAN, C. The 'National System of Innovation' in historical perspective, **Cambridge Journal of Economics**, vol. 19, n. 1. Oxford, 1995, pp. 5-24.

_____.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Tradução de André Luiz Sica de Campos e Janaina Oliveira Pamplona da Costa. Campinas: Unicamp, 2008.

- FRITZ, S. (Org.). **Understanding nanotechnology**. New York: Warner Books, 2002.
- FURTADO, A. Difusão Tecnológica: um debate superado? In PELAES, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006. pp. 168-192.
- FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 34. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2006.
- _____. **Desenvolvimento e subdesenvolvimento**. São Paulo: Fundo de Cultura, 1961.
- _____. **Teoria e Política do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Paz e Terra, 2000.
- _____. **O mito do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Círculo do Livro, 1974.
- _____. **Criatividade e dependência na civilização industrial**. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- _____. **Transformação e crise na economia mundial**. São Paulo: Paz e Terra, 1987.
- _____. Estados e empresas transnacionais na industrialização periférica, **Revista de Economia Política**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, 1981.
- _____. **Brasil: a construção interrompida**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.
- _____. O subdesenvolvimento revisitado. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 1, p. 5-19, ago. 1992.
- _____. A superação do subdesenvolvimento. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 3, p. 37-42, dez. 1994.
- _____. A invenção do subdesenvolvimento. **Revista de Economia Política**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2 (58), p. 5-9, abr.-jun. 1995.
- _____. **O Capitalismo Global**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.
- _____. A Fantasia Organizada. In **Obra Autobiográfica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997a.
- _____. A Fantasia Desfeita. In **Obra Autobiográfica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997b.
- _____. Os Ares do Mundo. In **Obra Autobiográfica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997c.
- _____. **O longo amanhecer: reflexões sobre a formação do Brasil**. 2. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- _____. **Introdução ao desenvolvimento: enfoque histórico-estrutural**. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2000.

- _____. **Raízes do Subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2003.
- _____. **Em busca do novo modelo**: reflexões sobre a crise contemporânea. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.
- _____. O Brasil do século XX: uma entrevista. In IBGE. **Estatísticas do século XX**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003, pp. 11-24.
- GARCIA, B. V. **Direito e Tecnologia**: regime jurídico da ciência, tecnologia e inovação. São Paulo: LTr, 2008.
- GOLDENBERG, L. Nanotechnonology and Society in Canada. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology**: risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 105-120.
- GRANZIERA, M. L. **Direito de Águas**: disciplina jurídica das águas doces. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- GRAU, E. R.. **Elementos de Direito Econômico**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1981.
- _____. **Direito, Conceitos e Norma Jurídica**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1988.
- _____. **Direito Posto e Direito Pressuposto**. 7. ed. São Paulo: Malheiros, 2008.
- _____. **A Ordem Econômica na Constituição de 1988**. 13. ed. São Paulo: Malheiros, 2000.
- _____. **Ensaio e discurso sobre interpretação/aplicação do Direito**. 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2008.
- GRUPO ETC. **Nanotecnologia**: os riscos da tecnologia do futuro. São Paulo: L&PM, 2005.
- HABERMAS, J. **O futuro da natureza humana**: a caminho de uma Eugenia liberal?. Tradução de Karina Jannini. São Paulo: Martins Fontes, 2004.
- HATTO, P. **An introduction to standards and standardization for nanotechnologies**. Disponível em: <http://www.slidefinder.net/i/introduction_standards_standardization_-_nanotechnologies/2131946>. Acesso em: 20 nov. 2011.
- HODGE, G.; BOWMAN, D.; LUDLOW, K. (Org.). **New global frontiers in regulation**: the age of nanotechnology. Massachusetts: MPG Books, 2007.
- HOWARD, C. V.; IKAH, D. S. K. Nanotechnology and Nanoparticle Toxicity: A Case for Precaution. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology**: risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 154-166.
- HUNT, G. Nanotechnoscience and Complex Systems: The case for Nanology. In: _____; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology**: risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 43-58.

_____. Nanotechnology and Society in Europe. In: _____; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 92-104.

_____. The Global Ethics of Nanotechnology. In: _____; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 183-195.

_____; MEHTA, M. Introduction: The Challenge of Nanotechnologies In: _____ (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 1-12.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TC 229 Business Plan**. Final Version, 2007. Disponível em: <<http://www.iso.org>>. Acesso em: 10 Jul. 2011.

_____. **New ISO technical report for safer manufacturing and handling of nanomaterials**. 2009. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref1191>> Acesso em: dia jan. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Balanço e Perspectivas**. Rio de Janeiro: INPI, 2011.

_____. **Relatório Anual 2010**. Rio de Janeiro: INPI, 2011.

JOY, B. Why the future doesn't need us. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Ed.). **Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007, p. 17-39.

KIM, L. **Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico da Coreia**. Tradução de Maria Paula G. D. Rocha. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

_____; NELSON, R. R. (Org.). **Tecnologia, Aprendizado e Inovação: as experiências das economias de industrialização recente**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 6. ed. São Paulo: Perspectiva, 2001.

KULINOWSKI, K. Nanotechnology: From 'Wow' to 'Yuck'?. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 13-24.

KUPFER, D. Política industrial, infra-estrutura e inovação. In: SOBREIRA, R.; RUEDIGER, M. (Org.). **Desenvolvimento e construção nacional: política econômica**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005, p. 129-144.

_____. Tecnologia e Emprego são Realmente Antagônicos?. In: SICSÚ, J. (Org.). **Novo Desenvolvimentismo: Um Projeto Nacional de Crescimento com Equidade Social**. Barueri, SP: Manole, 2005, p. 237-268.

_____; FERRAZ, J. C.; IOOTTY, M. **Made in Brazil: industrial competitiveness 10 years after economic liberalisation**. Santiago: Revista da Cepal, 2004.

KURWEIL, R. On the National Agenda: U.S. Congressional Testimony on the Societal Implications of Nanotechnology. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Ed.). **Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007, p. 40-54.

LANE, N.; KALIL, T. In the beginning: The U.S. National Nanotechnology Initiative. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Ed.). **Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007, p. 80-88.

LANE, N. **U.S. Congressional testimony Before the House Appropriations Committee Subcommittee on VA/HUD and Independent Agencies**. April 1998. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/about/congress/105/nlane498.jsp>> Acesso em: 17 fev. 2013.

LASTRES, H. A economia do conhecimento e as novas políticas industriais e tecnológicas. In: LASTRES, H.; ALBAGLI, S. (Org.). **Informação e Globalização na era do conhecimento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999, p. 164-190.

_____; CASSIOLATO, J. E.; ARROIO, A. **Conhecimento, sistema de inovação e desenvolvimento**. Rio de Janeiro: UFRJ e Contraponto, 2005.

_____; CASSIOLATO, J.; MATOS, M.; SZAPIRO, M.; ZUCOLOTO, G.; KOELLER, P. **Estudo Comparativo dos sistemas de inovação no Brasil Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics)**. Disponível em: <<http://www.redesist.ie.ufrj.br>>. Acesso em 20 dez. 2012.

LAVANDEIRA, D. C. **A ação política dos cientistas: o caso da implantação do parque científico e tecnológico de Campinas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas, 2007.

LIN, P.; ALLHOFF, F. Nanoscience and Nanoethics: defining the disciplines. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Ed.). **Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007, p. 3-16.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO. **Riscos potenciais ligados às nanotecnologias: financiamentos para pesquisa, Europa está na frente dos Estados Unidos**. Campinas: UNICAMP, 2010. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2008/lqes_news_novidades_1143.html> Acessado em 20 jul. 2011.

LUNDVALL, B. **National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: Anthem Press, 2010.

MAGALHÃES, R. Desenvolvimento econômico: escolha política, e não técnica. In: CARDOSO JUNIOR, J. C. (Org.). **Desafios ao desenvolvimento brasileiro: contribuições do conselho de orientação do Ipea**. Brasília: Ipea, 2009.

MARTINS, P. R. (Org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente em São Paulo**,

Minas Gerais e Distrito Federal. São Paulo: Xamã, 2007.

_____. **Revolução invisível:** desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil. São Paulo: Xamã, 2007.

_____. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente:** trabalhos apresentados no terceiro seminário internacional. São Paulo: Xamã, 2008.

MARX, K. **O Capital:** crítica da economia política. v. 1, Tradução de Reginaldo Sant'Anna. 25. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.

MASSAMI, M.; HUNT, G.; MASAYUKI, O. Nanotechnologies and Society in Japan. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology:** risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 59-73.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Ciência, tecnologia e inovação:** desafio para a sociedade brasileira (livro verde). Brasília: MCT/Academia Brasileira de Letras, 2001.

_____. **Discurso do presidente da República, Luiz Inácio Lula da Silva, na cerimônia de lançamento do Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia.** Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/14842.html>> Acesso em 15 fev. 2013.

_____. **Nanotecnologia:** investimentos, resultados e demandas. Brasília: MCT, 2006. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19536.pdf> Acesso em 20 jul. 2011.

_____. **Relatório Analítico - Programa de C,T&I para Nanotecnologia.** Brasília: MCT, 2009. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0028/28213.pdf> Acesso em 20 jul 2011.

_____. **Programa Nacional de Nanotecnologia.** Brasília: MCT, 2006. Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27137/Programa_Nacional_de_Nanotecnologia.html> Acesso em 20 jul. 2011.

_____. **Dados sobre as redes do programa Rede Brasilnano.** Brasília: MCT, 2006. Disponível em <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0009/9518.pdf> Acesso em 20 jul. 2011.

_____. **Iniciativas do MCT em nanotecnologia:** programa nacional da nanotecnologia. Brasília: MCT, 2006. Disponível em: <http://www.ieav.cta.br/nanoaeroespacial2006/pdf_arquivos/1610%201130%20MCT%20-%20Nanotecnologia.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2011.

_____. **Iniciativas do MCT em nanotecnologia:** cosméticos 2007. Brasília: MCT, 2007. Disponível em: <<http://www.abihpec.org.br/conteudo/MCT.pdf>>. Acesso em 20 jul. 2011.

_____. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015:** Balanço das atividades estruturantes. Brasília: MCTI, 2011. Disponível em

<http://www.mct.gov.br/html/objects/ebook_mcti/> Acesso em 25 jul. 2012.

_____. **A Nanotecnologia como Plataforma Tecnológica para a Inovação.** SILVA, F. B. (Org.). Brasília: MCTI, 2012.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Documento básico dos fóruns.** Brasília: Secretaria do Desenvolvimento da Produção, 2000.

_____. **Balanco da PITCE em 2005.** Brasília: MDIC, 2005. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/ascom/ascom/polindteccomexterior.php>>. Acesso em: 15 out. 2009.

_____. **Balanco da PITCE em 2006.** Brasília: MDIC, 2006. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/ascom/ascom/polindteccomexterior.php>>. Acesso em: 15 out. 2009.

_____. **Documento base com as Diretrizes da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior.** Brasília: MDIC, 2005. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/ascom/ascom/polindteccomexterior.php>>. Acesso em: 15 out. 2009.

_____. **Política de Desenvolvimento Produtivo.** Brasília: MDIC, 2008. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/pdp/index.php/sitio/inicial>>. Acesso em: 8 dez. 2010.

_____. **Workshop nanotecnologias:** expectativa da indústria brasileira. Brasília: MDIC, 2010. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/interna/-interna.php?area=3&menu=3139>> Acesso em: 20 dez. 2012.

_____. **Grupo de trabalho mercado:** relatório de atividades - novembro 2009 a junho 2010. Brasília: MDIC, 2010. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1283373738.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2011.

_____. **Contribuições do GT Marco Regulatório.** Brasília: MDIC, 2010. Disponível em: <<http://forumnano.abdi.com.br/SitePages/publicacoes.aspx>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

_____. **Panorama de Patentes de Nanotecnologia.** Brasília: MDIC, 2012. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/images/stories/downloads/pdf/INPI_patentes_FINAL-reduzido.pdf> . Acesso em: 10 dez. 2012.

_____. **Estudo de viabilidade de insumos manométricos:** plásticos. Brasília: MDIC: 2012. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_-1347971650.pdf> Acesso em: 10 dez. 2012.

MILLS, K. Nanotechnology and Society in the USA. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology:** risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 74-91.

MEDEIROS, C. A. Globalização e a inserção internacional diferenciada da Ásia e da América Latina. In: TAVARES, M. C.; FIORI, J. L. (Org.). **Poder e dinheiro**: uma economia política da globalização. Petrópolis: Vozes, 1997.

_____. O Desenvolvimento Tecnológico Americano no Pós-Guerra como um Empreendimento Militar. In: FIORI, J. L. (Org.). **O Poder Americano**. Petrópolis: Vozes, 2004. p.225-252.

MEHTA, M. From Biotechnology to Nanotechnology: What Can We Learn from Earlier Technologies? In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology**: risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 121-129.

MELLO, C. A. B. **Curso de Direito Administrativo**. 25. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2008.

MINI-INNOVATION AND GROWTH TEAM. **Nanotechnology: a UK Industry Review**. [London]: Mini-IGT, 2010. Disponível em: <<http://www.matuk.co.uk/docs/Nano-report.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

MIRANDA, J. C.; TAVARES, M. C. Brasil: estratégias de conglomeração. In: FIORI, J. L. (Org.). **Estados e moedas no desenvolvimento das nações**. Petrópolis: Vozes, 1999. p. 49-85

MOWERY, D.; ROSENBERG, N. **Trajetórias da inovação**: a mudança tecnológica nos Estados Unidos da América no Século XX. Tradução de Marcelo Knobel. Campinas: Unicamp, 2005.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Política Nacional de Segurança e Saúde do Trabalhador**. Brasília: MTE, 2004. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/insumos_portaria_interministerial_800.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2013.

MYRDAL, G. **Aspectos Políticos da Teoria Econômica**. Tradução de José Auto. São Paulo: Abril Cultural, 1984 (Os Economistas).

NÚCLEO DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Estudos estratégicos**: nanotecnologia. Brasília: NAE, 2004.

NASSER, R. **A OMC e os países em desenvolvimento**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

NASSIF, A. National Innovation System and Macroeconomic Policies: Brazil and India Comparative Perspective. In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, 184, 2007, Rio de Janeiro. **Discussion Papers...** Rio de Janeiro: UNCTAD, 2007. Disponível em: <<http://www.unctad.org>>. Acesso em: 23 nov. 2008.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL; et al. **National nanotechnology**

initiative: strategic plan. Washington: Executive Office of the President from the United States, 2011.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. WTEC Study on nanoparticles, nanostructured materials, and nanodevices: Part 1. In: U.S. REVIEW WORKSHOP, 1997, [Baltimore], 1997. **Proceedings of the May 8-9, 1997.** [Baltimore]: WTEC, 1997. Disponível em: <<http://www.wtec.org/pdf/nanousws.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2013.

_____. **Societal implications of nanoscience and nanotechnology.** Arlington: NSET, 2001.

NELSON, R. R. Neoclassical vs. Evolutionary theories of economic growth: critique and prospectus. In. FREEMAN, C. **The economics of innovation.** Brookfield: Edward Elgar, 1990.

_____. **National Innovation Systems:** a comparative analysis. London: Oxford University Press, 1993.

_____. **As fontes do crescimento econômico.** Campinas: Editora Unicamp, 2006.

_____; WINTER, S. **An evolutionary theory of economic change.** Cambridge: Harvard University Press, 1982.

NATIONAL NANOTECHNOLOGY COORDINATION OFFICE. **Nanotechnology and the enviroment:** report of a National Nanotechnology Initiative workshop (may 8-9, 2003). Arlington: NNCO, 2007.

NOVY, A. **A des-ordem da periferia:** 500 anos de espaço e poder no Brasil. Tradução de Peter Naumann. Petrópolis: Vozes, 2002.

NUNES, A. J. **Industrialização e desenvolvimento:** a economia política do ‘modelo brasileiro de desenvolvimento’. São Paulo: Quartier Latin, 2005.

NUSDEO, F. **Curso de economia:** introdução ao direito econômico. São Paulo: RT, 1995.

_____. **Fundamentos para uma codificação do direito econômico.** São Paulo: RT, 1995.

O’MATHÚNA, D. P. **Nanoethics:** big ethical issues with small technology. London: Servis Filmsetting, 2009.

OCTAVIANI, A. S. Recursos Genéticos e Desenvolvimento: Os desafios furtadiano e gramsciano. São Paulo: Saraiva, 2008, no prelo.

_____. **O Ordenamento da Inovação: a Economia Política da Forma Jurídica, mimeo,** Trabalho apresentado no Seminário Internacional “Promovendo Respostas Estratégicas à Globalização”, Rio de Janeiro, novembro de 2009, 47 pp.

_____. A bênção de Hamilton na semiperiferia: ordem econômico-social e os juros da dívida

pública interna. In SCAFF, F. F. e CONTI, J. M. **Orçamentos Públicos e Direito Financeiro**. São Paulo: RT, 2011.

OLIVEIRA, C. A. **Processo de industrialização do capitalismo originário ao atrasado**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.

OLIVEIRA, F. **A navegação venturosa – ensaios sobre Celso Furtado**. São Paulo: Boitempo, 2003.

_____. **Crítica à razão dualista / O ornitorrinco**. São Paulo: Boitempo, 2003.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Emerging Risks in the 21st Century**: An Agenda for Action. Paris: OECD, 2003.

PADILHA, N. S. **Do Meio Ambiente do Trabalho Equilibrado**. São Paulo: LTr, 2002.

PAGLIARO, M. **Nano-age**: how nanotechnology changes our future. Weinheim: Wiley-VCH, 2010.

PELAES, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006.

PENROSE, E. **A teoria do crescimento da firma**. Tradução de Tamás Szmrecsányi. Campinas: Editora da Unicamp, 2005 (Clássicos da Inovação).

PILARSKI, L. M.; MEHTA, M. D.; et al. Microsystems and Nanoscience for Biomedical Applications: A View to the Future. In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Coord.). **Nanotechnology**: risks, ethics and law. Bristol: 4word, 2006. p. 35-42.

PINTO, A. C. **Nanotecnologia**: o transporte para um novo universo. São Paulo: Fundacentro, 2008.

PINTO, A. V. **O Conceito de Tecnologia**. v. 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005.

RAUSCHER, H.; ROEBBEN, G. **Considerations on a definition of nanomaterial for regulatory purposes**. Luxembourg: European Union, 2010.

REGIS, E.. **Nano – A Ciência Emergente da Nanotecnologia**: refazendo o mundo, molécula por molécula. São Paulo: Rocco, 1998.

REZENDE, S. M. **Momentos da Ciência e Tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2010.

RODRÍGUEZ, O. **O Estruturalismo latino-americano**. Tradução de Maria Alzira Brum Lemos. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

ROSEMBERG, N. **Por dentro da caixa-preta: tecnologia e economia**. Tradução de José

Emílio Maiorino. Campinas: Editora da Unicamp, 2006.

THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies**: opportunities and uncertainties. Plymouth: Latimer Trend, 2004.

SAGASTI, F. R. **Tecnologia, planejamento e desenvolvimento autônomo**. São Paulo: Perspectiva. 1986.

SAMPAIO JUNIOR, P. A. O impasse da “formação nacional”. In: FIORI, J. L. (Org.). **Estados e moedas no desenvolvimento das nações**. Petrópolis: Vozes, 1999. p. 49-85.

SANTOS, L. G. **Politizar as novas tecnologias**: O impacto sócio-técnico da informação digital e genética. São Paulo: Editora 34, 2003.

SANTOS, L. A. **Sistema Brasileiro de Inovação em Nanotecnologia**: uma análise preliminar. 2008. Dissertação (Mestrado em Administração) - Instituto Coppead de Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=123272> Acesso em 20.07.2012.

SCHAPIRO, M. G. **Política Industrial e Disciplina da Concorrência pós-Reformas de Mercado**: uma avaliação institucional do ambiente de inovação tecnológica. 2005. Dissertação (Mestrado em Direito Econômico e Financeiro) – Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SCHUARTZ, R.. As idéias fora de lugar. In: _____. **Ao vencedor as batatas**. 5.ed. São Paulo: Editora 34, 2000.

SCHULZ, P. **A encruzilhada da nanotecnologia**: inovação, tecnologia e riscos. São Paulo: Vieira e Lent, 2009.

SCHUMMER, J. Impact of Nanotechnologies on Developing Countries. In: ALLHOFF, F.; LIN, P. et al (Coord.). **Nanoethics**: the ethical and social implications of nanotechnology. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007, p. 291-307.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalism, Socialism, and Democracy**. New York: Harper Perennial Modern Thought, 2008.

_____. **Fundamentos do Pensamento Econômico**. Tradução de Edmond Jorge. Revisão técnica de Maria José C. Monteiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1968.

_____. **The Theory of Economic Development**. New Brunswick: Transaction Publishers, 1983.

_____. The Instability of Capitalism. In: CLEMENCE, R. V. (ed.). **Essays on entrepreneurs, innovations, business cycles, and the evolution of capitalismo**. New

Brunswick: Transaction Publishers, 1988, pp. 47-72.

_____. The Analysis of Economic Change. In: CLEMENCE, R. V. (ed.). **Essays on entrepreneurs, innovations, business cycles, and the evolution of capitalismo**. New Brunswick: Transaction Publishers, 1988, pp.

SHELLEY, T. **Nanotecnologia: nuevas promesas, nuevos peligros**. Madrid: El Viejo Topo, 2006.

SILVEIRA, C. E. **Desenvolvimento tecnológico no Brasil: autonomia e dependência num país periférico industrializado**. 2001. Dissertação (Doutorado em Economia Aplicada) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2001.

SILVEIRA, J. M. F. **Inovação tecnológica e crescimento: da teoria da inovação induzida às teorias de desenvolvimento endógeno**. 2002. Dissertação (Doutorado em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade de Campinas, Campinas, 2002.

SZMRECSÁNYI, T. A Herança Schumpeteriana In PELAES, V.; SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **Economia da inovação tecnológica**. São Paulo: Hucitec/Ordem dos Economistas do Brasil, 2006. pp. 112-136

SOUZA, W. P. A. **Direito Econômico**. São Paulo: Saraiva, 1980.

_____. **Primeiras linhas de direito econômico**. 4. ed. São Paulo: LTr, 1999.

STOKES, D. E. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Tradução de José Emílio Maiorino. Campinas: UNICAMP, 2005 (Clássicos da Inovação)

SUTTON, V. **Nanotechnology law and policy: cases and materials**. Durham: Carolina academic, 2011.

TAVARES, A. R. **Direito econômico constitucional**. 2. ed. São Paulo: Método, 2006.

TAVARES, M. C. **Acumulação de capital e industrialização no Brasil**. Campinas: IE/Unicamp, 1998.

_____. **Poder e dinheiro: uma economia política da globalização**. Petrópolis: Vozes, 1997.

TIGRE, P. B. Mudanças institucionais e tecnologia: impactos da liberalização sobre o sistema nacional de inovações. In: BAUMANN, R. (Org.). **Brasil: uma década em transição**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

VAIDHYANATHAN, S. Nanotechnologies and the Law of Patents: A collision Course. In In: HUNT, G.; MEHTA, M. (Ed.). **Nanotechnology: risks, ethics and law**. Bristol: 4word, 2006. p. 225-236.

VARELLA, M. D. (Org.). **Propriedade intelectual e desenvolvimento**. São Paulo:

Aduaneiras, 2005.

VENÂNCIO FILHO, A. **A Intervenção do Estado no Domínio Econômico: o Direito Público Econômico no Brasil.** Rio de Janeiro: Renovar, 1998.

VIDIGAL, G. C. **Teoria Geral do Direito Econômico.** São Paulo: Revista dos Tribunais, 1977.

VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (Orgs.). **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil.** Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

WEBSTER, A.; PACKER, K. (Org.). **Innovation and the intellectual property system.** London: Kluwer Law International, 1996.

ZANATTA, M. N. **Políticas brasileiras de incentivo à inovação e a atração de investimento direto do estrangeiro em pesquisa & desenvolvimento.** 2006. Dissertação (Doutorado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

Notícias de jornal e da web:

Oliveira, A. OMS vai estabelecer diretrizes para segurança em nanotecnologia. **Rede Brasil Atual.** Disponível em: <<http://www.redebrasilatual.com.br/temas/saude/2012/03/oms-vai-estabelecer-diretrizes-para-seguranca-em-nanotecnologia-1>>. Acesso em: 24 fev. 2013.

WAISSMANN, W. Nanotecnologia: OMS traça diretrizes sobre potenciais riscos aos trabalhadores. **Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca.** Disponível em: <<http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/29565>>. Acesso em: 24 fev. 2013.