

# Razões e relevância de elaboração de política de inovação para nanotecnologia no Brasil

José Luis Pinho Leite Gordon<sup>1</sup>

## Resumo

*Este trabalho procura destacar alguns fatores que podem ser importantes para justificar e motivar uma política nanotecnológica no Brasil. Para isso, é analisada a situação da nanotecnologia no mundo demonstrando a importância dos gastos públicos e privados nos países desenvolvidos e de suas corporações em nanotecnologia. Em seguida, a situação dos países da América Latina com relação ao desenvolvimento nanotecnológico é analisada. Por fim, procura construir argumentos que possam demonstrar possibilidades de investimentos para o desenvolvimento de nanotecnologias no Brasil. Este trabalho procura destacar o papel das empresas nacionais nesse processo e de suas cadeias e a importância que pode haver nas relações entre política nanotecnológica e os problemas estruturais do país. Para isso, o Estado tem um papel fundamental como indutor através de seus variados instrumentos e de auxiliar no processo desenvolvimento de inovações nanotecnológicas.*

## Abstract

*The work seeks to highlight some factors that may be important to justify and motivate a nanotechnology policy in Brazil. In order to do so, the situation of nanotechnology in the world is analyzed along with the demonstration of the importance of public and private expenditure in nanotechnology in developed countries and their corporations. Then the situation of Latin American countries is analyzed with regard to nanotechnological development. Finally the paper aims to build arguments that can demonstrate investment opportunities for the development of nanotechnology in Brazil. The work seeks to highlight the role of national companies in this process and also of their supply chains and the importance that may emerge of the relation between nanotechnology policy and structural problems in the country. This is why the state has a key role as inductor through its various instruments and in assisting the development of nanotechnology innovations.*

---

(1) Mestrando em Economia do Programa de Pós Graduação em Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - IE/UFRJ. E-mail: zegordon@terra.com.br.

## **Introdução**

Novas tecnologias surgiram ao longo dos últimos anos e têm despertado debates e dúvidas sobre seus impactos no sistema econômico. Com o domínio da microeletrônica e o surgimento de um paradigma tecno-econômico baseado nessa tecnologia, as relações produtivas têm apresentado variadas modificações em seus processos produtivos. Novas tecnologias, como biotecnologia e nanotecnologia, têm ganhado destaque mais recentemente como as possíveis novas bases de um novo paradigma.

No entanto, essas tecnologias ainda apresentam estágios de conhecimento e aprendizado relativamente baixos nos países da América Latina. O Brasil apresenta relativo destaque na região, mas em relação ao resto do mundo encontra-se em situação de defasagem. Dessa maneira, as estratégias de política de inovação nessas novas tecnologias e, em especial, para este trabalho, em nanotecnologia, devem buscar se ancorar em planejamentos que possibilitem explorar as características do setor produtivo nacional e as especificidades dos países.

Este trabalho se propõe a levantar aspectos que podem justificar e dar base para que o Brasil elabore políticas diante das novas possibilidades que se apresentam com o desenvolvimento e utilização de nanotecnologias nos sistemas produtivos do país. Mais precisamente, este trabalho procura destacar aspectos ou alternativas de utilização de processo e produtos nanotecnológicos no Brasil.

A nanotecnologia vem ganhando espaços cada vez maiores na dinâmica inovativa de muitos países. Os setores produtivos, tais como semicondutores, fármacos, químicos, entre outros, estão desenvolvendo e utilizando essa tecnologia com maior intensidade a cada ano. A nanotecnologia não é um setor de atividade econômica, nem uma indústria, mas sim, uma tecnologia que é pervasiva a vários sistemas e indústrias da economia. Ela pode ser considerada um “insumo” do processo produtivo ou dos produtos que vêm sendo modificados com sua utilização. “Given the early stage of the technology development in nanomaterials we would expect them to be used as inputs into other products and production processes” (Nightingale, 2008, p. 20 – grifo nosso).

O fato da tecnologia na escala nanométrica alterar o processo produtivo de vários setores faz parte de uma de suas características que é a “pervasividade” a diversos sistemas produtivos. Ou seja, não existe

um setor de nanotecnologia que terá como resultado final um produto nanotecnológico. Essa tecnologia tem o papel de se inserir ao longo do processo produtivo das firmas em vários elos da cadeia e com impactos diferenciados em cada ramo. Existem áreas que podem ter suas dinâmicas completamente alteradas em função de sua introdução, como, por exemplo, a de fármacos ou química e até mesmo a de eletrônicos, mas também pode haver áreas em que o impacto será menor. Assim, as possíveis mudanças vão depender das dinâmicas setoriais, das cadeias produtivas e das trajetórias em que essa tecnologia se inserirá (Palmberg, 2006; Youtie, 2007; Nikulainen, 2007; Galembeck, 2004; Nightingale, 2008).

A nanotecnologia tem a característica de alterar as propriedades dos produtos, pois, na escala nanométrica, as estruturas são diferentes em relação à macroescala. Assim, acontecem mudanças com relação à cor, à condutibilidade, à resistência, ao armazenamento de calor, ópticas, entre outras. Por esses motivos, muitas alterações podem ocorrer.

O trabalho se dividirá, além desta introdução, em um segundo item com considerações importantes para a análise proposta. Um terceiro item no qual serão mostrados os dispêndios públicos que estão sendo feitos no mundo em nanotecnologia, destacando a concentração em países da União Europeia, nos EUA e no Japão. Além disso, nesse item se verificará como as grandes corporações vêm dominando o processo inovativo nanotecnológico. O quarto item consistirá em um panorama sobre como a nanotecnologia vem penetrando nos países da América Latina e quais são suas características. O quinto procurará fazer o principal debate deste artigo, qual seja: identificar os motivos e as possibilidades de se construir uma política de nanotecnologia no Brasil. Por fim, uma conclusão será apresentada.

### **Considerações para a análise**

Para compreensão das oportunidades que podem ser geradas para o desenvolvimento econômico e social brasileiro, este trabalho se baseará no pensamento neo-schumpeteriano de sistemas nacionais de inovação (Freeman, 1987; Lundval, 2007; Cassiolato, 2005; Soete, 2009). Além disso, também se utilizará de algumas relações entre essa escola do pensamento e a escola do pensamento Estruturalista Latino Americano (Cimoli, 2005; Guimarães, 2007; Gordon, 2009; Cassiolato, 2008).

O conceito de sistemas de inovação, na sua versão mais ampla, pode ser definido da seguinte forma, a partir de Cassiolato (2005, p. 37):

O “sistema de inovação” é conceituado como um conjunto de instituições distintas que contribuem para o desenvolvimento da capacidade de inovação e aprendizado de um país, região, setor ou localidade – e também o afetam. Constituem-se de elementos e relações que interagem na produção, difusão e uso do conhecimento. A ideia básica do conceito de sistemas de inovação é que o desempenho inovativo depende não apenas do desempenho de empresas e organizações de ensino e pesquisa, mas também de como elas interagem entre si e com vários outros atores, e como as instituições – inclusive as políticas – afetam o desenvolvimento dos sistemas. Entende-se, deste modo, que os processos de inovação que ocorrem no âmbito da empresa são, em geral, gerados e sustentados por suas relações com outras empresas e organizações, ou seja, a inovação consiste em um fenômeno sistêmico e interativo, caracterizado por diferentes tipos de cooperação.

Como pode ser notado, o conceito de SNI utilizado é um referencial mais amplo, no qual o conceito de sistemas é entendido como uma ferramenta ou um arcabouço analítico que pode contribuir para a tomada de decisões pelos *policy makers* na constituição e elaboração de políticas.

Para se discutir políticas para nanotecnologia e seus impactos na economia nacional, algumas questões devem ser levadas em consideração para que uma política de inovação possa auxiliar no processo de fomento ao setor produtivo nacional. Esses pontos são: a oportunidade tecnológica e a oportunidade de mercado, a cumulatividade, e por fim, a apropriabilidade possibilitada por essa tecnologia nas empresas envolvidas. A utilização desses critérios para a avaliação do foco de estímulo a essa tecnologia pode facilitar o êxito da política no que diz respeito ao possível sucesso de se gerar uma dinâmica de difusão e geração de inovações ancorada em nanotecnologias.

As oportunidades tecnológicas<sup>2</sup> (Dosi, [1984 (2006)]; Breschi et al., 2000; Nightingale, 2008) podem ser variadas e crescentes com o passar do tempo. Devido à “pervasividade” e à influência de diversos ramos de pesquisa científica, a nanotecnologia tem ganhado espaços diferenciados. Inúmeras pesquisas desenvolvidas vêm mostrando alternativas amplas. No entanto, a simples oportunidade tecnológica não significa que a nanotecnologia terá sucesso em todos os setores. Apesar

---

(2) “Opportunity condition reflects the abundance of knowledge external to an industry” (Breschi et al., 2000, p. 302).

de sua transversalidade, ela apresenta dinamismo diferenciado em alguns setores, tendo impactos variados, ou seja, as oportunidades de mercado não são iguais. A busca por encontrar setores em que as alternativas de desenvolvimento e utilização dessa tecnologia, possam ter maior êxito é um dos possíveis focos da política. Dessa maneira, não é suficiente pensar somente nas oportunidades tecnológicas, mas se deve analisar o que existe de demanda (ou possibilidades de se criar demanda) e onde se pode melhor aproveitá-la, ou seja, a oportunidade de mercado (Dosi, [1984 (2006)]). Assim, um ponto importante é a apropriabilidade privada<sup>3</sup> (Dosi, [1984 (2006)]; Breschi et al., 2000; Nightingale, 2008) a partir dos produtos e processo nanotecnológicos para as empresas. As possibilidades de se gerarem maiores lucros e de as empresas ganharem maior mercado a partir da utilização dessa tecnologia as levam a investir em nano. Assim, na elaboração de políticas deveria fazer parte, como um dos escopos de decisões sobre as políticas, a importância de incentivar essa tecnologia a partir de alternativas de ganhos das empresas. No entanto, as possibilidades de lucros e retornos financeiros não são iguais para todos os setores da economia devido aos diferentes impactos que essa tecnologia pode causar. Um instrumento, como o poder de compra do governo, pode auxiliar nessa função, principalmente em áreas onde a tecnologia é considerada estratégica para o Estado.

O último ponto importante é a cumulatividade (Dosi, [1984 (2006)]; Breschi et al., 2000; Nightingale, 2008; Meyer, 2007; Guerra, 2008), dada a relevância de ser *path dependent* e do processo de aprendizado para as novas combinações. Segundo Breschi et al. (2000), pode-se definir cumulatividade da seguinte forma: “*the degree by which the generation of new knowledge builds upon current knowledge*” (p. 301). Assim, as características já existentes dos setores, cadeias e firmas são fatores que devem ser levados em conta para a aplicação da política. Apesar de ser uma nova tecnologia, o que permite que novas firmas tenham possibilidades de crescerem e de aproveitarem nichos importantes, a existência de cumulatividade pode auxiliar no processo de formulação de um ambiente baseado na dinâmica inovativa a partir da nanotecnologia. Em setores que já possuem um alto grau de cumulatividade e onde existem trajetórias

---

(3) “*Appropriability condition summarize the possibilities of protecting innovation from imitation and extracting profits from innovative activities*” (Breschi et al., 2000, p. 302).

estabelecidas há, por parte das empresas que pertencem a esse ramo, certo grau de conhecimento de problemas, fraquezas e novas alternativas. Assim, esses podem se utilizar da nanotecnologia para gerarem maior valor agregado e propiciar nova vida aos produtos e processos já existentes.

As políticas de inovação devem estar inseridas dentro da lógica do desenvolvimento dos países, onde o processo de aprendizado<sup>4</sup> e os conhecimentos (codificados e tácitos) são relevantes para a elaboração de uma política de inovação. A premissa de que se parte aqui é a de que o principal insumo para as inovações é o conhecimento e a principal ferramenta é o aprendizado. Assim, o processo de elaboração, implementação e avaliação de políticas se torna mais complexo, pois trata-se de estímulos a ativos intangíveis de difícil mensuração tanto de resultados e impactos como de aplicações. Ele vai depender de uma série de outros fatores que influenciam o processo de aprendizado e que têm em grande medida um caráter nacional, local ou setorial. A busca por estimular produção, difusão e uso de inovações está ancorada numa tentativa de construir um ambiente em que o processo de aprendizados e de novos conhecimentos seja favorecido. Ou seja, o problema fundamental da política segundo a abordagem que se propõe aqui no trabalho é atuar de acordo com uma estratégia que seja focada na geração e difusão de conhecimentos e aprendizados (ativos intangíveis) endógenos de forma a gerar alterações qualitativas na estrutura produtiva.

## 1 Nanotecnologia no mundo

O mercado de nanotecnologia vem crescendo com o passar dos anos e suas expectativas são de que esse mercado movimente mais de 2,5 trilhões de dólares para 2015, segundo a consultoria Lux Research. O que se percebe é um crescimento constante dos dispêndios tanto públicos como privados nessa área (nanociência e em nanotecnologia – N&N),

---

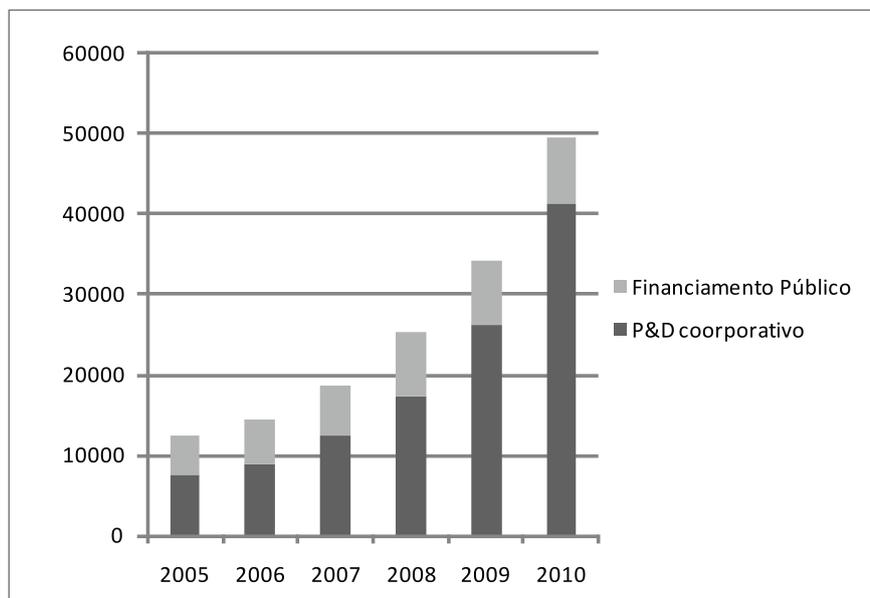
(4) Diversas classificações têm sido utilizadas para caracterizar as diferentes dimensões dos processos internos e externos de aprendizado. De uma maneira geral, tendo em vista a finalidade deste trabalho, pode-se dizer que o aprendizado interno é ligado às funções principais da empresa (P&D, produção, marketing e organização). Os principais tipos de aprendizado interno são: aprendizado por experiência (*learning-by-doing*), aprendizado por uso (*learning-by-using*); aprendizado por busca (*learning-by-searching*). Os principais tipos de aprendizado externo são: aprendizado por imitação (*learning-by-imitating*); aprendizado por interação (*learning-by-interacting*); aprendizado por cooperação (*learning-by-cooperating*) (Cassiolato, 2003, p. 4).

como se destacará mais a frente. Os investimentos em nanotecnologia vêm se expandindo ano a ano e isso está cada vez mais relacionado às variadas possibilidades que se apresentam para as indústrias a partir da sua utilização em seus produtos e processos.

O que se percebe é que existe uma concentração dos investimentos e da produção nos países desenvolvidos. Esses países são aqueles que vêm mantendo maior nível de investimento (público e privado) nessa tecnologia (Dalcomuni, 2009). A tríade (EUA, Japão e UE) possui políticas explícitas para nanotecnologia e vem investindo recursos cada vez maiores. Além disso, esses países já possuem um setor produtivo altamente competente com alto grau de produtividade, competitividade e inovatividade. Segundo relatório da União Europeia (Com, 2004), os investimentos públicos saltaram de 400 milhões de euros em 1997 para 3 bilhões em 2003. Segundo o relatório da EU (Com, 2004), 56% dos investimentos nanotecnológicos em P&D dos países europeus é feito pelo setor privado. Nos EUA, esse valor é de 66% e no Japão, 73% (Com, 2004). Ou seja, além de terem o domínio dos investimentos públicos mundiais na tecnologia, os investimentos privados são ainda maiores que os públicos.

Tal fato é realçado pela Figura 1, que mostra que a maior parte do investimento em nanotecnologia é feita por corporações privadas e que esses crescem rapidamente. As empresas privadas são aquelas que têm liderado os gastos em pesquisa e desenvolvimento para inovação tecnológica na escala nanométrica, principalmente após 2005. Isso realça a importância que o sistema produtivo tem para as novas combinações que estão ocorrendo nessa área.

Figura 1  
Investimentos totais em P&D



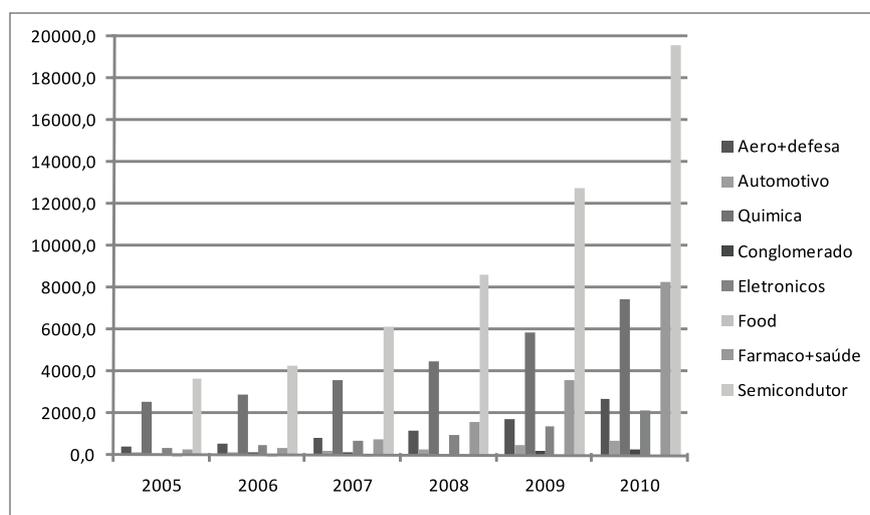
Fonte: NOR 2008, in: Dalcomuni, (2009, p. 24).

O fato de as empresas estabelecidas e líderes estarem investindo cada vez maiores somas de recursos no desenvolvimento ou utilização dessa tecnologia pode ser fruto das diferentes possibilidades de lucro que se vislumbram e de mudanças nos processos produtivos e produtos que a tecnologia na escala nanométrica vem implantando em diferentes ramos da atividade econômica. A Figura 2 ilustra os investimentos em P&D em nanotecnologia por setor de atividade econômica. Nessa figura, é possível notar que as áreas com maiores investimentos são aquelas em que existem empresas já estabelecidas e líderes, com alto grau de maturidade tecnológica e que já possuem cumulatividade de aprendizado e conhecimento em seus ramos. Ou seja, existe uma trajetória tecnológica<sup>5</sup> estabelecida, tanto no âmbito da firma como dos setores, e também contínuo processo de aprendizado e de geração de novos conhecimentos. Assim percebe-se que a nanotecnologia tem sido usada

(5) “Definiremos a trajetória tecnológica como o padrão da atividade “normal” de resolução de problemas (isto é, do progresso), com base num paradigma tecnológico” (Dosi, [1984 (2006)], p. 42).

para melhoramentos e aperfeiçoamentos dentro das trajetórias das empresas e setores, portanto modificando os produtos e processos produtivos existentes. Ou seja, a nanotecnologia tem apresentado um caráter incremental nessas áreas da atividade econômica<sup>6</sup> (Meyer, 2006; Martins, 2008; Nightingale, 2008; Gutman, 2008; Galembeck, 2004).

Figura 2  
Investimentos corporativos em P&D nanotecnológica por setor



Fonte: NOR 2008, in: Dalcomuni, 2009, p.25.

Os setores de semicondutores, químico, farmacêutico, de saúde e de eletrônicos são aqueles que dominam a maior soma de investimentos em P&D nessa área. Eles contêm firmas que são líderes mundiais e que têm enormes interesses em manter suas posições frente a possíveis concorrentes. Além disso, são setores altamente inovativos, onde a dinâmica de novas combinações é intensa. Nesses ramos econômicos, o processo de aprendizado e de conhecimentos são fundamentais para o processo inovativo. Portanto, as empresas líderes e estabelecidas estão somando os novos conhecimentos e aprendizados proporcionados pela nanotecnologia ao seu processo produtivo.

(6) Isso não significa que a nanotecnologia não possa se tornar um novo paradigma tecnocômico. No entanto, atualmente ela tem sido usada mais de forma incremental que radical.

A importância das grandes e estabelecidas empresas para o desenvolvimento nanotecnológico pode ser caracterizada por dois fatos em países distintos: Holanda e Finlândia. Galembeck (2004), analisando a Holanda, destaca que o fato de suas grandes empresas como Shell, Akzo, Unilever e Phillips não investirem em pesquisa na área dificulta a aplicação e comercialização dessa tecnologia. Já Palmberg (2007), fazendo referência ao caso finlandês, destaca que a frequência de utilização de nanotecnologias na indústria eletrônica se deve em grande medida a especialização do país em Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs), devido a empresas como a Nokia. Já no caso de fármacos a grande frequência de estudos na área não se converte em comercialização em função da falta de grandes empresas do setor no país. Assim os autores (Galembeck, 2004; Palmberg, 2007), enfatizam a importância das empresas líderes e estabelecidas para o desenvolvimento e comercialização nanotecnologia e a relevância dessas para os investimentos nessa tecnologia e efeitos de cadeia que possam estimular.

Países como Estados Unidos, Japão e os da União Europeia têm estabelecido políticas explícitas para nanotecnologia. Elas têm tido um papel importante na intenção de manter os países e suas empresas como líderes da economia global. No entanto, outros, como China e Rússia, têm elaborado políticas agressivas para não ficarem para trás no desenvolvimento dessa tecnologia. Ainda outros, como Coreia do Sul e Taiwan, também têm construído políticas nessa área (Wonglimpiyarat, 2005). O fato de essas nações estarem fomentando políticas explícitas para nanotecnologia, com grandes somas de recursos alocadas, é uma das maneiras de se constatar a importância que essa passa e passará a ter para a economia mundial nos próximos anos,

O lançamento da política norte-americana – *National Nanotechnology Initiative* (NNI) – pelo presidente Bill Clinton em 2000 é considerada por muitos um marco no que diz respeito às políticas mundiais nessa área. Após o lançamento da NNI, outras nações entraram na corrida pelo desenvolvimento dessa tecnologia. Países como Japão e os da UE lançaram em seguida suas políticas na área. O Estado passa, a partir desse momento, a ter um papel extremamente relevante como indutor de investimentos no setor privado e nas instituições de pesquisa de nanociência e nanotecnologia.

Mas a política norte-americana não se restringe a documentos, pois os dispêndios realmente vêm ocorrendo e em somas cada vez maiores. No

seu primeiro ano de dispêndios fiscais (2001), o plano gastou em torno de 464 milhões de dólares em nanotecnologia, já no ano de 2008 esse valor subiu para mais de 1,5 bilhão de dólares. Isso significa um acréscimo gigantesco para nanotecnologia na economia americana e no seu plano. Os principais gastos do governo estão nos setores de defesa e energia e na NASA,<sup>7</sup> onde se utiliza o instrumento de compras governamentais, que já foi um dos principais motores para o desenvolvimento dos semicondutores nesse país.<sup>8</sup>

Outro país em que as políticas públicas vêm tendo um papel cada vez mais importante para o fomento a atividades nanotecnológicas é o Japão. Em 2001, o *Council for Science and Technology policy (CSTP)* lança o *Science and Technology Basic Plan – 2001 a 2005* – e nesse plano são estabelecidas quatro metas estratégicas: Ciência da Vida, Telecomunicação e Informação, Meio Ambiente e Nanotecnologia; Materiais. Para Nanotecnologia; Materiais são previstos gastos de 713 milhões de dólares em 2002, 753 milhões de dólares em 2003 e, em 2004, as somas são de 753 milhões de dólares.

Outra política importante é a da União Europeia, onde a visão é de que: “Nanotechnology is emerging as one of the most promising and rapidly expanding fields of R;D to provide new impetus towards the dynamic knowledge-based objectives of the Lisbon process” (Com, 2004).

Tabela 1  
Investimento global em nanotecnologia (público e privado) por países selecionados (bilhões de euros)

Bilhões	2005-2006			2007-2008		
	Público	Privado	Total	Público	Privado	Total
EU	3,4	1,9	5,3	3,8	2,5	6,3
EUA	2,8	3,1	5,9	2,6	4,1	6,7
Japão	1,5	2,4	3,9	2,7	4,4	7,1
Rússia				0,8		0,8
China	1,5	0,9	2,4	0,8	0,3	1,1
Outros				1,5	1,1	2,6
Total	9,2	8,3	17,5	12,2	12,4	24,6

Fonte: Com, (2009, p. 10).

Os Estados têm tido um papel importantíssimo no processo de estímulo ao processo de geração e difusão de nanotecnologias no setor produtivo dos países. Como pode ser visto pelos dados da Tabela 1, ocorreu

(7) National Aeronautics and Space Administration.

(8) Para entender o caso dos semicondutores, ver Dosi (1984 [2006]).

aumento dos gastos nos países da tríade e suas diferenças para o resto do mundo são gritantes. Assim, o Estado, juntamente com o setor privado, tem construído ações para estimular um ambiente de geração e difusão de tecnologias na escala nanométrica nesses países.

## **2 Nanotecnologia na América Latina**

Os países da América Latina estão seguindo a tendência que se aponta e elaboram mecanismos ou políticas explícitas para nanotecnologia. Muitos desses países têm criados grupos de pesquisa sobre essa tecnologia em universidades ou instituições governamentais de pesquisa. Todavia, os dispêndios desses países para nanotecnologia são incomparáveis aos países desenvolvidos e alguns países em estágios mais avançados de desenvolvimento. As tentativas de se fazer P&D e inovação em geral nas atividades industriais ainda é muito restrita na América Latina. No caso de nanotecnologia, as limitações se apresentam tanto no campo científico, onde as pesquisas em nanociência são extremamente tímidas em relação ao resto do mundo, embora sejam o principal destaque nesses países, como no desenvolvimento e utilização nas indústrias nacionais, que gera um processo de novos conhecimentos e aprendizados muito tímido ou quase inexistente.

A Tabela 2 ilustra bem a situação das diferenças existentes entre países desenvolvidos como EUA, Japão e mesmo países em desenvolvimento, como Rússia e China, e alguns dos países da AL. As disparidades entre esses países são gritantes. Como já destacado anteriormente, os EUA vêm investindo há mais de oito anos somas crescentes de recursos em nanotecnologia. No Japão é a mesma situação. Dessa maneira, os países da AL já se encontram em uma situação de defasagem no desenvolvimento dessa tecnologia. Por isso cabem algumas reflexões sobre o que realmente pode ser feito para que não aumentem as disparidades da AL em relação a esses países. Assim, as políticas de governo devem estar atentas às alternativas de se introduzir uma dinâmica de inovações a partir dessa tecnologia no sistema produtivo dos países, apesar da conjuntura que se apresenta (grandes investimentos públicos e privados há alguns anos nos países desenvolvidos).

Tabela 2  
Economia, população, Ciência e Tecnologia, e P&D governamental em nanotecnologia

País	Renda nacional bruta US\$ PPP 2006 (mil)	População 2006 (milhões)	Gastos em P&D (%PIB)	Pesquisadores em P&D (por milhão de pessoas)	Artigos de C&E 2005 por milhão de pessoas	Patentes 2005	P&D em nanotecnologia governamental US\$ 2006
EUA	44,1	299,4	2,68	4605	692,7	244	1775
Japão	32,8	127,8	3,15	5287	434,0	857	975
Alemanha	32,7	82,4	2,49	3261	535,1	158	505
Espanha	28,2	44,1	1,11	2195	422,5	53	50
Rússia	12,7	142,5	1,17	3319	100,7	135	106
México	12,0	104,2	0,4	268	37,8	1	12
Argentina	11,7	39,1	0,41	720	79,0	4	2
Chile	11,3	16,4	0,61	444	95,6	1	10
Uruguai	9,9	3,3	0,26	266	58,3	1	-
Brasil	8,7	189,3	0,98	344	53,1	1	40
China	4,7	1311,8	1,44	708	31,9	16	220
Índia	2,5	1019,8	0,85	119	13,3	1	106

Fonte: Kay, (2009).

Tomadas de decisões apressadas, sem maiores articulações e tampouco estratégias de políticas, podem resultar em fracasso e perda de recursos, que são escassos nesses países. O planejamento para as ações que procurem fomentar a políticas para inovações em nanotecnologia nesses países pode se basear em setores tradicionais de suas economias, reforçando-os, e/ou em novos nichos de mercado que possam apresentar-se em função das inúmeras possibilidades que a nanotecnologia ainda tem a serem descobertas.

As características de cada um desses países, incluindo suas particularidades institucionais e sociais, podem conduzir a políticas diferentes, que podem ter como um de seus focos utilizar essa tecnologia para as demandas internas de suas nações e também para auxiliar nos problemas sociais, regionais e ambientais. Tais pontos serão explorados, com maior clareza no item seguinte em que se discute o caso brasileiro.

Enquanto as pesquisas científicas na América Latina começaram a ser feitas nos anos de 1990, as políticas direcionais para nanotecnologias iniciaram nos anos 2000 (Kay, 2009). O Brasil começa a desenhar, em 2001, algumas redes de pesquisa na área, mas só em 2004 é que realmente lança o Programa Nacional de Nanotecnologia e, além disso, nanotecnologia aparece como tecnologia “portadora do futuro” na PITCE.<sup>9</sup>

Já o México, o segundo país em publicações na área na AL (em primeiro lugar apresenta-se o Brasil), não possui uma política nacional para nanotecnologia. As articulações não são organizadas e centralizadas no governo federal; o que se pode ver são pesquisas em universidades. Constatase nesse país a presença de algumas empresas que utilizam nanotecnologia, principalmente multinacionais estrangeiras. Alguns acordos foram feitos entre essas empresas (HP, Motorola, Hitachi entre outras) e as empresas nacionais para colaboração em nanotecnologia (Foladori, 2006).

O Chile apresenta uma relativa evolução em suas pesquisas relacionadas à nanotecnologia. Existem algumas instituições, principalmente universidades, que vêm se dedicando a pesquisas na área. Além disso, algumas parcerias estão sendo estabelecidas com o Banco mundial. No entanto, a concentração das atividades chilenas apresenta-se nas instituições de pesquisa, tendo pouco respaldo nas empresas privadas. Segundo Foladori (2007), mais de 80% das pesquisas se realizam em instituições públicas. Alguns dos principais programas de incentivo à nanotecnologia estão dentro do *Fondo de investigación Avanzada em Áreas Prioritárias* (Fondap) e a *Iniciativa Científica Milenio* (ICM), onde o foco é em pesquisa básica e em cooperação entre as instituições de pesquisa e as empresas.

Outro país onde nanotecnologia ganha espaço é na Argentina, onde foi criada a FAN (Fundação Argentina de Nanotecnologia) em 2005, apresentando, assim, uma política federal. O objetivo dessa instituição é auxiliar nos processos de geração e criação de recursos humanos, infraestrutura e de colaboração entre instituições públicas e privadas. No entanto, existe um debate intenso no país sobre a FAN entre o governo federal e os cientistas argentinos, com explica Foladori (2006, p. 215):

*The Argentinean case can be considered a taste of what is to come in other countries. The possible guidance of Argentinean nanotechnology by a*

---

(9) Política Industrial, tecnológica e de Comércio Exterior (2003-2007).

*U.S. corporation was one of the arguments used to question the ANF in Argentina and to suggest its substitution for the National Strategic Plan for the Development of Micro and Nanotechnologies. According to the critics, the ANF would work in association with Lucent Technologies, a corporation dedicated to communications and which, in 2004, won a contract approved by U.S. Defense Advanced Research Projects Agency (“DARPA”) for \$9,500,000 for four years involving the Space and Naval War Systems Center in San Diego.*

Outros países, como Uruguai, Cuba, Costa Rica e Colômbia, também possuem pesquisa nesse campo, mas são muito pequenas e escassas, muitas vezes limitadas a uma instituição, como no caso uruguaio, onde a concentração se dá na Universidad de La República.

A maioria desses países da AL não apresenta empresas envolvidas em desenvolvimento de nanotecnologias e naqueles em que existem firmas envolvidas o número é muito restrito. Além disso, os financiamentos públicos são nulos em algumas nações, ou pelo menos em valores muito baixos, se comparados com países desenvolvidos. O que se percebe na América Latina é que o pouco que ocorre em N&N acontece predominantemente em universidades e centros de pesquisa públicos, através de publicações em nanociência. O sistema produtivo desses países se encontra fora dessa dinâmica inovativa, o que dificulta um processo de criação de um ambiente baseado em geração e difusão de inovações nanotecnológicas. O fato de que o sistema produtivo desses países não participa é algo preocupante, pois surge dependência das inovações das empresas estrangeiras, o que dificulta que novas combinações relacionadas às especificidades estruturais dos países sejam construídas. Ou seja, o processo de mudança estrutural é dificultado.

O Estado nesses países tem um papel fundamental de auxiliar, através de suas políticas, o sistema privado nacional a se dedicar ao desenvolvimento de processos e produtos utilizando essa tecnologia. Historicamente, os fundos públicos nos países latino americanos são os principais para gastos em P&D e inovação em todas as áreas, o que difere dos países desenvolvidos. O Estado deve procurar fomentar atividades no sistema produtivo com nanotecnologia de modo que a dinâmica de inovações tenha o foco nas empresas privadas, onde é o *locus* das inovações. Além disso, o Estado com seu poder indutor pode criar políticas que estimulem e incentivem o desenvolvimento nanotecnológico que estejam inseridas nas realidades históricas de cada país, auxiliando nos problemas sociais, por exemplo.

Uma questão que chama a atenção é o fato das atividades ligadas a N&N estarem concentradas em alguns países da AL, principalmente o Brasil, seguido de Argentina, México e Chile. Ou seja, mesmo dentro da região, existe uma concentração em publicações em nanociência, em empresas que utilizam ou desenvolvem nanotecnologia e em investimentos públicos. Ademais, segundo Kay (2009), existe uma concentração nas regiões litorâneas do Atlântico e do Pacífico. Cidades como São Paulo, Campinas, São Carlos e Rio de Janeiro, no Brasil, e Buenos Aires, na Argentina, concentram a maioria das pesquisas na área. A preocupação com essa situação, que reproduz as diferenças regionais históricas nos países da AL, é um fato que deve ser destacado. O processo de difusão e geração de nanotecnologia não deveria aprofundá-las.

Apesar das possibilidades que a criação de um ambiente de inovações baseadas nessa tecnologia pode propiciar para um país, tem-se claro que as dificuldades são imensas. Primeiramente em virtude dos problemas estruturais dos países. Em segundo lugar, em função da liderança que os países desenvolvidos já vêm tendo no desenvolvimento nanotecnológico. Assim, cabe ao Estado procurar fomentar uma política que seja capaz de auxiliar no processo de geração e difusão dessas tecnologias, que não seja excludente dentro do próprio país e que possibilite a inserção do país na competitividade internacional através do seu sistema produtivo.

### **3 A importância de nanotecnologia para o Brasil**

Existe uma série de motivos para que se estabeleça uma política N&N. Por um lado, caso essa tecnologia se difunda e se torne o próximo paradigma tecno-econômico (Freeman; Perez, 1988), o fato do Brasil não estar participando desse processo pode ocasionar atrasos com relação ao resto do mundo, pois a sua dependência pode aumentar com o passar do tempo. Por outro lado, caso a nanotecnologia não se torne o próximo paradigma, mas apenas uma das tecnologias que são usadas em processos produtivos, os problemas podem ser menores. Contudo, mesmo assim, em alguns setores, como têxtil, de semicondutores, de fármacos e microeletrônico, a tecnologia na escala nano já vem tomando conta de novos processos produtivos e produtos, como visto anteriormente.

A falta de investimentos nessa tecnologia pode aumentar o *gap* entre o país e o resto do mundo, ou pelo menos aqueles que tiverem

desenvolvido capacidade produtiva e inovativa nessa tecnologia. Cabe aos *policy makers* avaliarem as vantagens e desvantagens de se investir recursos e criar políticas que estimulem P&D e inovação nessa área. O que se procurará fazer a seguir é mostrar alguns motivos que podem favorecer ou estimular uma política de inovação para nanotecnologia no Brasil.

Alguns fatores já foram destacados anteriormente, como, por exemplo, as previsões de mais de 2 trilhões de dólares envolvendo o mercado de nanotecnologia nos próximos anos, ou seja, existe um potencial de recursos que podem ser ganhos com o investimento nessa tecnologia. Assim, esse é um dos principais motivos a se destacar. Talvez seja esse um dos fatores que conduzam a gastos públicos e privados nos países desenvolvidos nessa tecnologia. Além disso, muitos países e empresas estão apostando que o novo paradigma será constituído por essa tecnologia em função de uma série de fatos, entre eles o fato de ser uma tecnologia pervasiva a vários ramos, com impactos diferenciados e que tem a capacidade de alterar propriedade dos produtos, etc.

Outro fator é que nanotecnologia pode ser considerada por muitos como uma tecnologia que pode auxiliar nas questões relacionadas à preservação do meio ambiente<sup>10</sup> em função das propriedades técnicas que apresenta. Ou seja, diante de uma nova conjuntura que se expõe com os problemas de aquecimento global, uso demasiado dos recursos naturais, como água, florestas etc., a tecnologia na escala nanométrica pode ser uma forma de se buscar utilizar a tecnologia como uma das formas de auxiliar a resolver esses problemas, por exemplo, no tratamento de águas, no menor consumo de insumos, no menor consumo energético etc.

Todavia, as disparidades entre os gastos públicos e privados de países em desenvolvimento e os dos desenvolvidos é brutal, com já visto anteriormente. Assim, a política de inovação em nanotecnologia no país deve procurar estar atenta a algumas questões importantes, que possam facilitar seu processo de desenvolvimento econômico e social. Dessa maneira, impedir que o *gap* existente entre Brasil e outros países aumente, como acontece com outras tecnologias, principalmente no caso das TICs, é essencial. Assim, é necessário que exista uma estratégia por parte dos *policy makers* para que não se tomem atitudes erradas sucessivas.

---

(10) No entanto, muitos estudos ainda devem ser feitos sobre seus impactos no meio ambiente e na saúde humana.

A superação da situação histórica de heterogeneidade estrutural (produtiva, social e regional) deve ser levada em conta nas formulações das políticas nessa área. A questão que pode ser feita é: nanotecnologia pode contribuir com o processo de desenvolvimento econômico e social do país e, portanto, auxiliar na superação das heterogeneidades estruturais?<sup>11</sup>

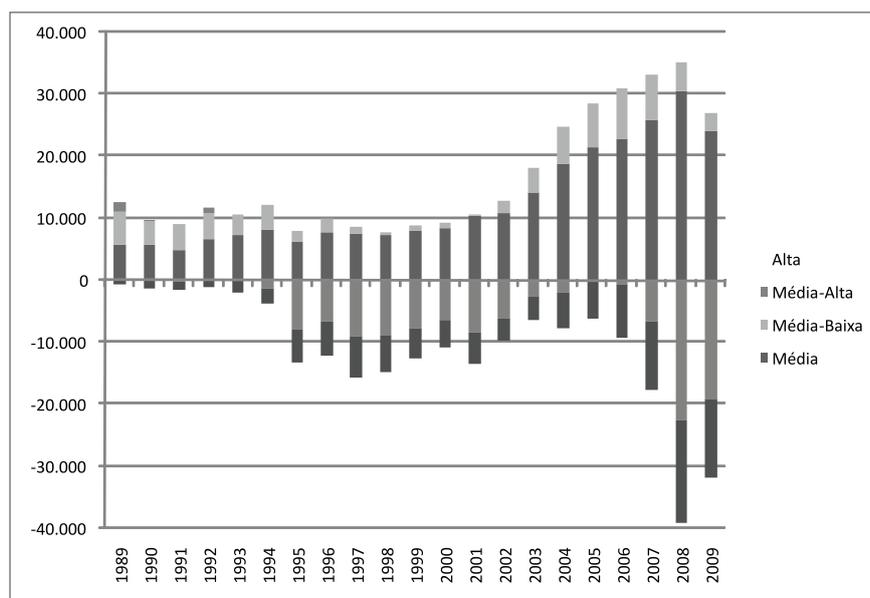
Diante de uma análise sistêmica que parte do conceito de sistema nacional de inovação, há vários fatores que são importantes para o desenvolvimento dos países e de suas forças produtivas. Um desses pontos, que não se pode deixar de lado, são as questões sociais ligadas ao processo de superação do subdesenvolvimento, que podem ser componentes importantes para o estímulo a inovações com essa tecnologia, a partir das demandas internas.

Primeiramente, para a preservação da competitividade e produtividade dos setores já existentes frente às possíveis inovações, que possam ocorrer com a utilização de nanotecnologia, torna-se importante que setores tradicionais (como petroquímico, agronegócio, papel e celulose, aeroespacial, têxtil) passem a inovar utilizando-a. Ou seja, a nanotecnologia é uma maneira de manter o *status quo* desses setores e, até certo ponto, pode reforçar suas posições. As propriedades na escala nanométrica podem dar a esses produtos maior valor agregado e maior funcionalidade. No entanto, como se sabe, o país ainda é muito dependente de produtos primários. A emergência de novas tecnologias pode gerar “janelas de oportunidades” para nações que estejam capacitadas a ingressar numa dinâmica de geração e difusão de tecnologias baseadas nessa tecnologia. Ou seja, o Brasil pode encontrar nichos de mercado (como odontologia, medicina tropical, energia renovável, entre outros) que podem representar uma nova inserção da economia nacional na dinâmica mundial. Esses nichos ou “janelas de oportunidade” podem ter o papel de contribuir com o desenvolvimento do sistema produtivo e inovativo nacional e assim conduzir a economia para menor dependência dos produtos básicos, como demonstrado na Figura 3.

---

(11) Cabe aqui destacar que nanotecnologia pode contribuir com esse processo, mas não é condição suficiente nem única para o auxílio nesse processo de busca de desenvolvimento dos países. O seu papel é de auxiliar em algumas instâncias, principalmente com o desenvolvimento de um setor produtivo mais competitivo e capaz de contribuir com novos conhecimentos e aprendizados para o sistema produtivo.

Figura 3  
 Brasil – Produtos da indústria de transformação por intensidade tecnológica –  
 Balança Comercial – US\$ Milhões FOB



Fonte: IEDI (<http://www.iedi.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=73;infol=4464>).

Invernizzi (2008, p. 129) enfatiza o fato de que a nanotecnologia poderá ter impactos negativos para os países em desenvolvimento:

*The ETC Group suggested that nanotechnology could lead to substituted products for natural fibres such as cotton and jute, raw materials such as rubber and copper, and beverages such as coffee and tea. They noted that these products today constitute important exports for developing countries, supporting mass employment in these countries. Another key proposition was that nanotechnologies could reorient the use of agricultural land, in some cases creating agro-factories for raw materials and displacing poor peasants.*

Como é possível notar, Invernizzi (2008) destaca a possibilidade de mudanças em produtos primários, de maneira que os países que dependem muito da exportação desses produtos devam ser afetados pelas inovações baseadas na escala nanométrica. Tal fato pode conduzir a um maior distanciamento entre os países, além de alterar (aprofundar) a divisão internacional do trabalho. Isso pode complicar ainda mais as

questões sociais apresentadas nas nações que têm sua economia fortemente dependente de produtos básicos, como o Brasil.

O que se observa ao longo desse trabalho é o fato de as grandes empresas estarem cada vez mais dominando os produtos nanotecnológicos. A maioria das patentes pertence a grandes grupos corporativos e os investimentos em P&D se concentram em grandes empresas e/ou estabelecidas (Meyer, 2007; Chen, 2008). Assim, é possível perceber o papel que essas corporações passam a ter no desenvolvimento das nanotecnologias. O Brasil possui algumas grandes empresas dentro de seus setores tradicionais que têm muito a contribuir com as inovações em nanotecnologia, tanto como inovadores (oferta) ou como demandantes de inovações nanotecnológicas de firmas de menor porte. Entre as grandes empresas brasileiras estão Petrobrás, Embraer, Embrapa, Braskem, Boticário, Usiminas, CSN, Suzano Papel e Celulose. Seus efeitos para frente e para trás na cadeia têm impactos importantes, que podem auxiliar no desenvolvimento de inovações baseadas na escala nano. Portanto, a nanotecnologia pode contribuir para a estruturação de sistemas produtivos mais fortes e competitivos ao longo dessas cadeias produtivas, favorecendo as empresas que se encontram ao longo delas. Torna-se importante que o processo ao longo das cadeias possa favorecer o desenvolvimento das nanotecnologias, dos nanointermediários e das nanoaplicações, ou seja, toda a cadeia de valor da nanotecnologia.<sup>12</sup>

As potencialidades de empresas como a Petrobrás<sup>13</sup> no setor de energia brasileiro e suas pesquisas em inúmeras frentes energéticas podem conduzir a somas importantes de investimentos em nanotecnologia. A

---

(12) Sobre cadeia de valor de nanotecnologia ver: <http://www.luxresearchinc.com/pxn.php>.

(13) É sabido que essa empresa vem fazendo parcerias com universidades e desenvolvendo pesquisas internamente no Centro de Pesquisa da Petrobras (CENPES) nas áreas de nanocatálise, filmes finos, nanocompósitos entre outros. Assim, as potencialidades que uma empresa do porte da Petrobrás pode ter em investimentos na área são gigantescos, haja vista que suas pretensões de gastos em P&D são de valores totais de 1 bilhão de dólares ao ano.

Alguns dos motivos para investimentos da Petrobrás em nanotecnologia são os seguintes:

- Novas formas de armazenamento de energia;
- Materiais criados para uso específico: nanopolímeros, nanoatuadores, nanosensores, etc;
- Energia solar - painéis mais eficientes;
- Nanocatálise - redução de acidez naftênica e decomposição de nox, novos catalisadores;
- Fibras de carbono;
- Materiais cerâmicos;
- Compósitos.

Petrobrás vem fazendo inúmeras pesquisas em energias alternativas. A nanotecnologia pode influenciar em questões como diminuir as perdas de conversão de uma fonte de energia para outra, aumentar a eficiência de estocagem energética, por exemplo, com baterias mais eficientes utilizando nanocristais. Pode também melhorar a eficiência de transmissão energética (nanotubos de carbono), através da criação de novos materiais que apresentam condutibilidade com menor perda de energia elétrica. Além disso, pode contribuir com maior eficiência no uso e consumo energético. A perspectiva de grandes investimentos com o pré-sal pode também contribuir para o desenvolvimento nanotecnológico, pelo fato dessa tecnologia poder auxiliar em inúmeros segmentos industriais, como, por exemplo, indústria naval, microeletrônica, entre outros.

Assim, se o Brasil quer enfrentar concorrentes e manter uma indústria competitiva, deve haver estímulos através dos diferentes instrumentos (compras do governo, subvenção econômica, equalização de juros, incentivos fiscais etc.) para que esses ramos invistam em nanotecnologia. O governo pode auxiliar criando um ambiente favorável ao investimento em inovações. No entanto, esses instrumentos devem ser usados de forma articulada, com base na estratégia do governo, para que não aconteça sobreposição entre eles.

As políticas e ações estabelecidas no Brasil para a N&N, como o PNN e as medidas para a área no PACTI e na PDP, são na sua grande maioria estratégias gerais e sem maior planejamento. A articulação entre as diferentes esferas de instrumentos para inovação é escassa e quando ocorrem acabam se sobrepondo ao invés de se complementarem. O que se percebe analisando as políticas para N&N brasileiras é falta de foco e de seletividade nas ações.

Palmberg (2006, p. 34) faz a seguinte afirmação sobre o caso finlandês, mas que pode ser pensado para todos os países, levando em consideração as especificidades de cada nação:

*In other words, even though the largest share of all respondents identify high-technology industries as the most potential ones for commercial applications many traditional industries might offer quicker commercialization paths. This observation is an important one to be explored in greater depth.*

As possibilidades de gerar uma dinâmica em que o progresso técnico seja endógeno na economia brasileira são diversas dentro das

indústrias tradicionais<sup>14</sup> e com possibilidades de ocasionar desenvolvimento do sistema produtivo nacional com a criação de capacidade produtiva e inovativa a partir de nanotecnologia. Dessa maneira, o que se espera é, que, devido à característica dessa tecnologia de poder ser usada em diferentes áreas, que ela possa expandir-se para outros setores da economia. Ou seja, a mesma nanotecnologia, em muitos casos, não é restrita a uma atividade econômica. Assim, as alternativas de novos conhecimentos serem gerados e de processos de aprendizado que sejam capazes de criar um ambiente favorável à inovação são robustas. No entanto, isso vai requerer um esforço conjunto tanto dos governos como da iniciativa privada, pois, como sabemos, caso não exista esse esforço, ficaremos mais uma vez para trás, pelo menos nessa tecnologia.

Cabe aqui destacar que o desenvolvimento de nanotecnologias não pode ser considerado uma panaceia que irá tirar o Brasil ou os países da América Latina de suas condições de subdesenvolvimento sozinha. O desenvolvimento de um setor produtivo que tenha como uma de suas fontes<sup>15</sup> de inovação a nanotecnologia é uma das maneiras de contribuir com um sistema produtivo mais competitivo e mais inovativo. No entanto, os problemas estruturais do país devem não só fazer parte da lógica inserida na política de inovação nanotecnológica, como são fatores que devem ser enfrentados para o desenvolvimento do país. Questões como falta de infraestrutura (portos, transportes, hospitais), problemas educacionais, disparidades regionais e sociais devem ser enfrentadas para que se possa contribuir com o processo de superação das condições históricas de atraso do país.

Além desses setores tradicionais, as estratégias de governo devem procurar identificar singularidades ou nichos nos quais existam possibilidades a serem aproveitadas. Para esses nichos, deve-se pensar nas oportunidades tecnológicas e de mercado interno e externo e nas alternativas de apropriabilidade. Assim, setores como odontológico, cosméticos e de medicina (doenças tropicais), e de saneamento básico parecem apresentar destaque especial, pois são setores onde o Brasil possui algum grau de conhecimento e existem oportunidades tanto tecnológicas como de mercado a serem exploradas.

---

(14) “*Las mismas [as grande empresas] están desarrollando NanoCT asociadas a su base de conocimientos previa*” (Gutman, 2008, p. 184).

(15) Existem outras fontes de conhecimento que podem favorecer o processo inovativo no sistema brasileiro e que devem receber destaque, por exemplo, as TICs, a biotecnologia, os bens de capital.

O país tem a possibilidade de se tornar mais forte nesses setores através de inovações nanotecnológicas e, dessa forma, criar um ambiente de geração e difusão de inovações. As possibilidades podem ser variadas se a política de inovação tiver uma preocupação com a cadeia produtiva envolvida com essas empresas. Pode-se, dessa maneira, criar em uma série de setores um processo de geração de conhecimentos e aprendizados baseados em nanotecnologia que podem ser capazes de auxiliar no desenvolvimento produtivo e inovativo do país. Essas capacitações criadas nas empresas nacionais e as consequências das interações e cooperações ao longo das cadeias produtivas contribuem na superação dos problemas estruturais nacionais.

Meyer (2007, p. 803) faz a seguinte ressalva, para casos de países como o Brasil e que vai na linha que este trabalho defende:

*Countries that are perceived to be “lagging behind” in nanotechnology do not need to invest in nanotech “across the board” but can take a more selective approach and focus on more promising “sub-areas” where they are more likely to “catch up”.*

Há um alto grau de seletividade na busca por parte da iniciativa privada ao decidir o que focar diante das dificuldades, mas também, e principalmente, por parte dos *policy makers* ao construírem políticas que sejam capazes de ser seletivas<sup>16</sup> e ao escolherem setores ou subáreas onde o país possa se destacar em inovações nanotecnológicas, ou seja, onde novos conhecimentos e aprendizados possam ter um papel importante para a evolução do sistema produtivo. Essa busca pode ter um papel importantíssimo no processo de superação das heterogeneidades estruturais do país.<sup>17</sup> Essas “janelas de oportunidade” podem estar relacionadas às

---

(16) As escolhas devem ser feitas a partir de estudos sobre onde os impactos podem ter melhores consequências. Isso, no entanto, não significa que essas escolhas não possam ser feitas em alguns momentos de forma errada ou que apresentem falhas. O Estado também está inserido no processo de aprendizado.

(17) Fazendo análise sobre os desenvolvimentos das economias latino-americanas, Aníbal Pinto relata a questão dos problemas que se apresentam nesses países e que não é em certa maneira diferente para o Brasil: “Essa estrutura de produção voltou as costas para a realidade essencial da baixa renda média e se empenhou em reproduzir a estrutura correspondente a economias em estágios muito superior de desenvolvimento. Nisso parece residir uma das causas profundas do chamado “esgotamento da industrialização fácil” (Pinto, 1970, p. 582). Mais à frente, o autor propõe como medidas para a superação da heterogeneidade estrutural dos países, que não foi resolvida com o processo de substituição de importação, os seguintes pontos: “para um crescimento cujo eixo e objetivos centrais fossem a disseminação do progresso técnico, a ampliação do mercado interno, a “homogeneização” do sistema” (Pinto, 1970, p. 584).

questões sociais, auxiliando no processo de desenvolvimento econômico e social. O Estado tem um papel fundamental na condução do processo de relacionar ou gerar condições favoráveis para se criar capacitações para que as relações entre inovação e políticas sociais estejam correlacionadas em alguns segmentos. As disparidades regionais, produtivas, sociais e de renda podem em alguns setores estar inseridas nas políticas que tenham em vista criar um ambiente inovativo a partir de nanotecnologia, pois seus potenciais em diferentes áreas econômicas, que ainda têm muito a ser descobertos, podem auxiliar na formação desse ambiente favorável ao surgimento de novos conhecimentos e aprendizados nessas regiões. Diante de um arcabouço de sistemas de inovação, as demandas internas de um país como o Brasil têm papel destacável no processo de inovações.

As demandas internas<sup>18</sup> relacionadas aos problemas sociais podem ser uma maneira de se juntar o desenvolvimento produtivo baseado em inovações e a mudança estrutural. Um exemplo, que poderia ser utilizado como forma de se buscar o desenvolvimento conjunto do setor produtivo nacional e de questões sociais, seria o caso do “Programa Luz para Todos”, do Governo Federal. Uma das formas é integrar esses programas ao uso de energia solar, por exemplo, através da utilização de painéis solares que utilizem nanotecnologia como a tecnologia básica para esse sistema. Assim, se utilizaria o instrumento do poder de compra do governo federal, que garantiria as vendas das empresas que desenvolvessem essa tecnologia<sup>19</sup> e, além disso, poderia estimular o uso de energia renovável nessa localidade, uma energia em que os custos para as pessoas de baixa renda seriam praticamente zero, pois energia solar não envolve pagamentos de contas etc. Ou seja, além de levar energia para essas regiões, que poderia ser expandido para escolas, hospitais etc, seria muito mais barato para as pessoas da região. Outra vantagem é que possibilitaria ao setor produtivo nacional criar capacidade inovativa nessa tecnologia.

---

(18) “Em síntese, o que caracterizou a formação da periferia foi a dinamização da demanda em condições de um relativo imobilismo social causado pelo lento desenvolvimento das forças produtivas. O que veio a chamar-se de subdesenvolvimento não é outra coisa senão a manifestação dessa disparidade entre o dinamismo da demanda e o atraso na acumulação reprodutiva. Este último tem sua origem na forma de inserção no sistema de divisão internacional do trabalho e o primeiro na penetração dos padrões de consumo dos países centrais” (Furtado, 1984, p. 115).

(19) Diminuindo riscos e incertezas das empresas.

No caso da medicina, o uso para as doenças tropicais é um nicho de mercado interessante, primeiro, pois as empresas dos países desenvolvidos (países do norte) não se dedicam tanto a essas questões. Segundo, e principal, os benefícios para o país são muito grandes em virtude da necessidade de combate a essas doenças.

*The research shows very little focus on neglected diseases. Two of the worlds greatest killers malaria and tuberculosis, are noticeably absent from any significant level of nanotechnology patenting. (Maclurcan, 2005, p. 14).*

A importância social do combate a essas doenças e as possibilidades de as indústrias locais de fármacos poderem se desenvolver a partir da utilização desses setores são bons motivos para a elaboração de políticas nessa área. Como relatado por Maclurcan (2005), essas doenças são algumas das que mais matam no mundo e o interessante é que os investimentos ainda são poucos nessas doenças. Assim, é um nicho que apresenta ganhos, tanto econômicos, como sociais. A partir dos investimentos nessas áreas, pode-se criar capacidades inovativas nas empresas nacionais, capacitando-as a competirem futuramente em outros nichos com as grandes empresas multinacionais. O Estado tem o papel de criar condicionantes para as empresas que receberam auxílio para seu desenvolvimento produtivo, por exemplo, criando compras governamentais para esses medicamentos por certo período de tempo e financiamento especiais para empresas que realizem investimentos nessas áreas, que são importantes para a população.<sup>20</sup> Tais medidas devem ir ao encontro das especificidades nacionais e da criação de capacidade inovativa nas empresas nacionais que não precisam ficar, por exemplo, competindo somente nos remédios tradicionais com as empresas transacionais, mas podem investir em “janelas de oportunidade”, o que será rentável e gerará escala, pois existe uma série de países que tem interesse nesses medicamentos para doenças tropicais. Assim se poderá ter uma política de inovação nanotecnológica que manterá a lógica das empresas que querem inovar para terem lucros e a lógica do governo que deve pensar no desenvolvimento de seu país.

---

(20) Obviamente, esse cenário relativamente colorido não é simples e requer uma série de posturas agressivas e fortes tanto por parte do estado como por parte da iniciativa privada. Os desafios são enormes e não são fáceis de serem alcançados. As preocupações com relação às potencialidades que realmente podem ser consubstanciadas pela nanotecnologia em países em desenvolvimento ainda geram muitos debates no meio acadêmico (Invernizzi, 2008).

As diferentes políticas e ações existentes no Brasil e que estão articuladas tanto no Ministério de Ciência e Tecnologia como no BNDES não estabelecem diretrizes e metas que estejam ancoradas em questões fundamentais para o processo de desenvolvimento econômico e social do país. Não existe uma seleção *a priori* do que se pretende fomentar. As medidas estabelecidas são gerais e em grande medida procuram fomentar pequenas empresas de base tecnológica. Assim, acabam dificultando o desenvolvimento de nanotecnologias no Brasil e a as possíveis contribuições que essa tecnologia pode gerar para problemas estruturais. Assim, o Estado ainda tem muito a contribuir com o processo de geração e difusão de tecnologias na escala nanométrica no país.

Existem outras questões que podem ser exploradas como “janelas de oportunidades” para países em desenvolvimento, como o Brasil. O Estado tem papel fundamental em fazer políticas seletivas que podem ser importantes para o desenvolvimento econômico e social dos países. Como enfatiza Evans (2004), os setores apresentam dinâmicas diferenciadas com relação ao envolvimento do Estado. Isso é ainda mais complexo no caso de inovações em nanotecnologia, pois essa não é um setor ou uma indústria, mas, sim uma tecnologia que influencia e revitaliza os setores econômicos existentes, criando novas alternativas e reforçando as já existentes. O trabalho parte da hipótese de que a inovação é condição necessária, mas não suficiente para o desenvolvimento. Diante de uma visão sistêmica, é importante que a inovação possa, além de criar um setor produtivo extremamente dinâmico, onde existam capacidades produtivas e inovativas desenvolvidas, criar relações para a superação dos problemas estruturais do país.

Além disso, devido às características da nanotecnologia já apresentadas até aqui, existe uma série de subáreas dentro de setores que podem ser estimuladas, como softwares, microeletrônica, semicondutores, entre outros setores de ponta. A utilização desses pode ser feita tanto para se criar maior valor agregado para os produtos das empresas nacionais, como também pode auxiliar nos problemas sociais do país etc.<sup>21</sup>

---

(21) “As estruturas e capacidades do Estado fazem a diferença, mas os Estados não são os únicos atores envolvidos. A transformação setorial depende da interação do estado e das firmas locais...Os capitalistas privados não são nada mais do que clientes passivos da política do estado. A política industrial pode atraí-los para novos setores, mas eles se tornam protagonistas por si sós, com seus próprios interesses e agendas” (Evans, 2004, p. 133).

A importância de nanotecnologia para países em desenvolvimento deve estar relacionada aos conhecimentos que podem ser gerados e às relações de aprendizado que podem ser estabelecidas no sistema produtivo nacional, fazendo com que se crie capacidade inovativa local e se possa ser capaz de gerar uma dinâmica endógena de progresso técnico. Dessa maneira, o processo de desenvolvimento baseado em nanotecnologias deve estar próximo das especificidades da estrutura de acumulação desses países. Assim, não se defende um processo de convergência para os moldes de desenvolvimento dos países já desenvolvidos, mas estabelecer uma trajetória “autônoma” de desenvolvimento, para que os problemas de estruturais possam ser resolvidos. Celso Furtado deixa bem claro a importância da criação de valores substantivos e da endogeneidade do progresso técnico:

A denúncia do falso neutralismo das técnicas permitiu que se restituísse visibilidade a essa dimensão oculta do desenvolvimento que é a criação de valores substantivos. A endogeneidade outra coisa não é senão a faculdade que possui uma comunidade humana de ordenar o processo acumulativo em função de prioridades por ela mesma definidas (Furtado, 1984, p. 108).

### **Considerações finais**

O que se pode observar até aqui é que a nanotecnologia se apresenta num cenário em que os países desenvolvidos como EUA, Japão e alguns da EU têm investido grandes somas de recursos nessa tecnologia. Além disso, as grandes corporações têm liderado o processo de apropriação de novos conhecimentos e aprendizados a partir da nanotecnologia. Dessa maneira, existe uma concentração muito forte em alguns países e alguns oligopólios mundiais.

Países como o Brasil e os pertencentes à América Latina devem procurar se inserir nessa tecnologia a partir de outra lógica. O fortalecimento de seus setores já tradicionais, com o intuito de se manterem competitivos ou ganhar competitividade e a busca por nichos ou “janelas de oportunidades” são possibilidades que a nanotecnologia pode criar auxiliando nos seus processos de desenvolvimento econômico e social.

No cenário apresentado até agora, destacam-se algumas questões importantes para a criação de políticas de inovação para as nanotecnologias. Trata-se de questões, como um crescente mercado global, os altos investimentos atuais de empresas privadas, os recursos que

os países desenvolvidos vêm aplicando nesse setor e as possibilidades de essa tecnologia ser o próximo paradigma tecno-econômico. Além disso, as possíveis perdas devido a problemas decorrentes do aumento do *gap* com outros países em função de não se investir nessa área, as possibilidades de ressurgimento e de revitalização de indústrias tradicionais, as oportunidades de explorar nichos de mercado que sejam capazes de criar um setor produtivo mais forte, as possibilidades de se gerar melhoras sociais com essas tecnologias e, por fim, a eclosão da preocupação com as questões ambientais e as relações da nanotecnologia com esse tema, são alguns dos motivos que levam a nanotecnologia ser um fator importante para o desenvolvimento brasileiro e para políticas públicas. Mas existem dificuldades devido à concentração de investimentos em grandes empresas e de altos gastos públicos nos países da tríade (EUA, EU, e Japão). Ou seja, coloca-se um grande desafio, que pode ser superado pela construção de estratégias de longo prazo.

As trajetórias internas de um país, com suas características históricas e suas questões locais, são aspectos que têm grandes implicações para as políticas de nanotecnologia. As institucionalidades existentes em cada país, as dinâmicas científicas e tecnológicas, suas especificidades entre outros, são fatores que têm um papel fundamental para a formação de nanotecnologias nos países. As relações construídas a partir dos setores produtivos, as áreas de pesquisas, as questões sociais têm um papel de moldar as nanotecnologias que serão usadas nos países. Assim, o Brasil deve aproveitar suas especificidades para construir políticas de inovação nessa tecnologia que possam aproveitar essas peculiaridades.

Portanto, existem diversas razões para que o Brasil invista nessa tecnologia, em função dos impactos que ela pode causar no sistema produtivo mundial. Para não aumentar seu distanciamento com relação aos outros países é necessário que o país fomente uma política capaz de construir um ambiente baseado em geração e difusão de inovações nanotecnológicas, que possam auxiliar no processo de desenvolvimento econômico e social do país. No entanto, deve-se ter em mente que o país não alcançará o nível dos investimentos dos países desenvolvidos e nem haverá um processo de convergência econômica. O país deve utilizar a nanotecnologia como uma maneira de estabelecer um processo de desenvolvimento autônomo, onde as características e histórias locais que permeiam as trajetórias produtivas

e sociais desse país sejam levadas em conta. Nesse contexto, o Estado é fundamental para que isso possa ocorrer.

### Referência bibliográfica

BRESCHI, S.; Malerba, F.; Orsenigo, L. Technological regimes and schumpeterian patterns of innovation. *The Economic Journal*. v. 110, p. 388-410, 2000.

CASSIOLATO, J. *Notas Preliminares sobre Sistemas de Inovação e Cooperação*. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. *São Paulo em Perspectiva*. v. 19 n. 1, p. 34-45, São Paulo, 2005.

\_\_\_\_\_; LASTRES, H. Discussing innovation and development: Converging points between the Latin American school and the Innovation Systems perspective? GLOBELICS Working Paper Series n. 08-02. The Global Network for Economics of Learning, Innovation, and Competence Building System, 2008.

CHANG, H. J. The East Asian Development Experience in Century. In: CHANG, H. *Rethinking Development Economics*, Anthem Press, 2003.

CHEN, H., LI X. and LIN, Y. TRENDS IN NANOTECHNOLOGY PATENTS. *Nature nanotechnology*, v. 3, Mar., 2008. Disponível em: [www.nature.com/naturenanotechnology](http://www.nature.com/naturenanotechnology).

CIMOLI, M. Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina [Structural heterogeneity, technological asymmetries and growth in Latin America]: (MPRA Paper, 3832), University Library of Munich, Germany, 2005.

COM. Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. Second implementation Report 2007-2009. In: COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2009.

\_\_\_\_\_. Towards a European strategy for nanotechnology. In: COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2004.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, v. 35 n. 1, Special Issue: technology, organizations and innovation, p. 128-152. 1990.

DALCOMUNI, S. M. *Documento Setorial: Nanotecnologia. Projeto – Perspectivas de Investimento no Brasil*, 2009. Disponível em: [www.projetopib.org/arquivos/12\\_ds\\_ciencia\\_nanotecnologia.pdf](http://www.projetopib.org/arquivos/12_ds_ciencia_nanotecnologia.pdf).

DOSI, G [1984] *Mudança Técnica e Transformação Industrial: A teoria e uma aplicação à indústria dos semicondutores*. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

EVANS, P. *Autonomia e parceria: Estados e transformação industrial*. Ed. UFRJ, 2004.

FOLADORI, G.; INVERNIZZI, N. Nanotechnology in its Socio-economic context. *Science Studies*, v. 18 n. 2, p. 67-73, 2005.

\_\_\_\_\_. Nanotechnology in Latin America at the Crossroads. *Nanotechnology Law; Business*, Mai./Jun., p. 205-216, 2006.

FREEMAN, C. Changes in the national system of innovation. *Science Policy Research Unit University of Sussex*, 1987.

\_\_\_\_\_. The National System of Innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, v. 19, n. 1, p. 5-24, 1995.

\_\_\_\_\_; PEREZ, C., Structural crises of adjustment business cycles and investment behaviour: In: DOSI, F., FREEMAN, C., NELSON, R., Siverberg, G.; SOETE, L., Ed. *Technical change and economic theory* London: Pinter, 1988.

FURTADO, C. *Cultura e Desenvolvimento em Época de Crise*. cap. 9, 1984.

INVERNIZZI, N.; FOLADORI, G.; MACLURCAN, D. (2008) Nanotechnologies Controversial Role for the South. *Science Technology; Society*, p. 123-148, 2009.

GALEMBECK, F.; RIPPEL, M. M. Nanocompósitos polímeros e nanofármacos: fatos, oportunidades e estratégias. *Parceria Estratégica - CGEE*, Brasília - DF, n. 18, p. 41-60, 2004.

GORDON, J. L. Sistema Nacional de Inovação: Uma alternativa de desenvolvimento para os países da América Latina. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 14 - Sociedade de Economia Política, São Paulo, SP, 2009.

GUERRA-PARDO, J. P. Mapping nanotechnology across the Atlantic: some (tentative) lessons for the future of nanotechnology in Latin America. PRIME – Latin America Conference at Mexico City, 2008.

GUIMARÃES V., PEIXOTO, F., CASSIOLATO, J. E., LATRES, H. M. M. Convergência e complementariedades da corrente neo-schumpeteriana com o pensamento estruturalista de Celso Furtado. In: Sabóia, J.; Carvalho, F. J. C de. São Paulo, *Celso Furtado e o século XXI*, Barueri: Ed. Manole, 2007.

GUTMAN, G. E.; LAVARELLO, P. Nuevos paradigmas tecnológicos y políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: los casos de La moderna biotecnología y la nanotecnología. Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR\_CONICET), Argentina, 2008.

KAY, L.; SHAPIRA, P. Developing nanotechnology in Latin America. *Journal Nanopart Res.*, p. 259-278, 2009.

LUNDVALL, B-A. *Innovation System Research: Where it came from and where it might go*. Globelics. Saratov, Global Network for Economics of Learning, Innovation, and Competence Building System. Working Paper No 2007-01

MACLURCAN, D.C. (2005). Nanotechnology and Developing Countries – Whats Realities. AZojono. *Journal of Nanotechnology Online*, v.1, p. 1-19, 2005.

MARTINS, P (2008) *Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável*. Centro de investigación y desarrollo, A.C., 2008.

MEYER, M. What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency? *Scientometrics*, v. 70 n. 3 p. 779-810, 2007.

NIGHTINGALE, P.; MORGAN, M., Rafols, I., and VAN ZWANENBERG, P. *Nanomaterials Innovation Systems: Their Structure, Dynamics and Regulation*. Report for the Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP), 2008.

PALMBERG, C.; TUOMO, N; PAJARINEN, M. *Transferring science-based Technologies to industry – does nanotechnology make a difference?* Discussion papers of ETLA – The research institute of the Finnish economy, 2007.

\_\_\_\_\_; N. Industrial renewal and growth through nanotechnology? – an overview with focus on Finland. Discussion papers of ETLA – The research institute of the Finnish economy, 2006.

PARDO-GUERRA, J. P. P. Mapping nanotechnology cross the Atlantic: some (tentative) lessons for the future of nanotechnology in Latin America. Prime-Latin America Conference, México, 2008.

PINTO, A. (1970). Natureza e implicações da “heterogeneidade estrutural” da América Latina. In: CINQUENTA anos de pensamento na CEPAL, Rio de Janeiro: Ed. Record, 2000.

NIGHTINGALE, P., MORGAN, M.; RAFOLS, I.; VAN ZWANENBERG, P. *Nanomaterials Innovation Systems: Their Structure, Dynamics and Regulation*. Report for the Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP), 2008.

NiKULAINEN, T. Identifying nanotechnological linkages in the Finnish economy – an explorative study. (Discussion papers of ETLA). The research institute of the Finnish economy, 2007.

SOETE, L.; VERSPAGEN, B.; WELL, B.T. *Systems of Innovation*. United Nation University. Maastricht, 2009.

YOUTIE, J.; IACOPETTA, M., GRAHAM, S. (2007). Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology?. *J. Technol. Transfer*, p. 315-329. 2008.

WONGLIMPIYARAT, J. The nano-revolution of Schumpeter's Kondratieff Cycle; *Technovation*, p. 1349-1354, Nov. 2005.