

VISÕES DE CIENTISTAS BRASILEIROS SOBRE NANOCIÊNCIAS E NANOTECNOLOGIAS¹

Noela Invernizzi

Resumo

Este artigo analisa as visões de progresso científico formuladas por cientistas brasileiros para legitimar o campo de pesquisa emergente em nanociências e nanotecnologias (N&N). Foram examinadas matérias sobre N&N publicadas no *Jornal da Ciência* entre 2002 e 2004, cobrindo o período em que se concretizam as principais ações da política nacional para N&N.

Palavras-chave

Nanociências. Nanotecnologias. Visões tecnocientíficas. Comunidade científica.

VISIONS OF BRAZILIAN SCIENTISTS ON NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES

Abstract

This article analyzes the visions of scientific progress formulated by Brazilian scientists in order to legitimize the emergent research field of nanosciences and nanotechnologies (N&N). Articles on N&N published by *Jornal da Ciência* from 2002 to 2004 were examined, covering the time period during which the main steps of the national research policy on N&N were designed.

Keywords

Nanosciences. Nanotechnologies. Techno-scientific visions. Scientific community.

¹ Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa *Debates e visões sobre nanotecnologia: análise de sua influência sobre as políticas de pesquisa e a informação pública*, financiado pela Fundação Araucária. Convênio nº 038/2007, protocolo 8662.

1 Introdução

A partir do ano 2000, os programas e fundos de pesquisa em nanociências e nanotecnologias (N&N) - estudo e manipulação da matéria em nível atômico ou molecular – adquirem um lugar central nas políticas de ciência e tecnologia (C&T) em âmbito mundial." O Brasil incorporou-se rapidamente a essa tendência. Entre finais de 2000 e 2004 desenvolveram-se as ações-chave que confluíram numa política ativa para o setor e culminaram com a incorporação de um Programa de Desenvolvimento das N&N (PDN&N) no Plano Plurianual 2004-2007 do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Apresentadas como um campo revolucionário, as N&N chegaram à arena da política de C&T, à mídia e ao público em geral carregando uma série de 'visões' sobre a futura sociedade nanotecnológica. São visões revolucionárias não somente num sentido tecnológico, mas também em termos sociais e culturais. Envolvem, por isso, não apenas conteúdos cognitivos, mas também interesses, valores, ideologias e concepções sobre a relação ciência-tecnologia-sociedade (GRUNWALD, 2004, p. 56). Considere-se, por exemplo, o título de um relatório preparado para o presidente Clinton: *Nanotechnologies: shaping the world atom by atom* (NSTC, 1999). A frase tomou-se um *slogan* para referir-se à nanotecnologia, oferecendo a idéia de um mundo material subordinado à vontade humana num grau sem precedente de controle e precisão (MACNAGHTEN; KEARNES; WYNNE, 2005). Igualmente sugestivo é o título de outro trabalho sobre tecnologias convergentes: *Converging technologies for improving human performance* (ROCO; BAINBRIDGE, 2005). As N&N profetizam o melhoramento das capacidades humanas físicas e cognitivas', a convergência homem-máquina. Esse trans-humanismo é considerado o estágio mais avançado da cultura humana.

Essas visões, com suas promessas, buscam demarcar e legitimar um campo de pesquisa emergente, assegurar financiamento e, naturalmente,

² Nesse ano, o Presidente Clinton lança a *National Nanotechnology Initiative*. e logo em seguida vários países desenvolvidos iniciam seus programas nacionais de N&N.

³ "*Human enhancement*" refere-se ao aumento das capacidades humanas cognitivas, de trabalho, ampliação dos sentidos e extensão da vida por meio de dispositivos nanotecnológicos, conjugados com outras tecnologias, integrados ao organismo.

influenciar o curso de desenvolvimento das próprias trajetórias tecnológicas. Todavia, tais visões do progresso tecnocientífico também convocam a crítica e o debate público. No caso de N&N o debate começou cedo nos países desenvolvidos e, na esteira dos conflitos surgidos em torno da biotecnologia, muitos países incluíram em suas políticas de N&N mecanismos de informação e participação pública. Neste terreno contestado identificamos visões mobilizadas tanto no sentido de criar aceitação pública e apoio político para programas de pesquisa, como no de gerar resistência em relação a tecnologias ou programas específicos.

No entanto, é difícil determinar o impacto concreto de uma visão, ou da dinâmica das contradições entre visões divergentes, sobre a configuração concreta dos programas de pesquisa e sobre as trajetórias tecnológicas que elas estimulam. A "avaliação de visões", uma ferramenta que se integra à avaliação de tecnologias, permite uma aproximação a esta questão. Segundo Fiedeler, Grunwald e Coenen (2005), o propósito da avaliação de visões sobre C&T é analisar o sentido, o papel e os fundamentos, valores e interesses subjacentes às visões para entender sua influência na dinâmica do debate de um campo tecnológico específico.

Neste artigo propomos mapear e analisar as visões sobre N&N divulgadas – para o resto da comunidade científica e para o público geral – pelos cientistas brasileiros que pesquisam na área, por meio do *Jornal da Ciência e-mail*. O *Jornal da Ciência* ((JC), órgão da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência criado em 1985, é um periódico de política científica e tecnológica que veicula diariamente, para 14.500 assinantes, notícias e artigos de opinião sobre C&T.⁴ O JC inclui artigos enviados por cientistas, informações tomadas de, ou remetidas por, agências de C&T e matérias relevantes sobre C&T extraídas dos principais jornais do país. Na maioria dessas matérias, a opinião dos cientistas aparece retomada por jornalistas, enquanto fontes consultadas; em outras, eles são autores diretamente. Foram analisadas as matérias sobre N&N publicadas no JC nos anos de 2002, 2003 e 2004, cobrindo um período-chave na estruturação da política de N&N no Brasil.

⁴ O *Jornal da Ciência* também é difundido em versão impressa, a cada duas semanas. Ver <<http://www.jornaldaciencia.org.br/index2.jsp>>.

Ao longo desses três anos, o tema N&N aparece com frequência crescente no IC. O número de matérias publicadas, que foi de 24 em 2003, passou para 40 em 2003 e para 61 em 2004. Os assuntos abordados podem ser vistos na tabela 1. Em 2002 predominam as matérias que informam sobre este novo campo e suas aplicações, apoiadas em relatos de pesquisas nacionais e estrangeiras. Em 2003 prevalece a discussão sobre a política de N&N que estava sendo desenhada, e continuam as matérias de informação geral. Finalmente, em 2004, as políticas e o financiamento para o setor permanecem como o principal tema abordado, mas observa-se também um número crescente de artigos sobre infra-estrutura e organização da pesquisa no Brasil e sobre os riscos e implicações das nanotecnologias, além de um aumento significativo das informações sobre eventos, editais, férias e conferências sobre N&N no período, denotando a introdução paulatina da área nas atividades cotidianas de pesquisa no país.

Tabela 1 - Matérias sobre N&N publicadas no JC, por principal assunto

Assuntos	Nº de matérias	
	2002	2004
Informação geral sobre nano e suas aplicações	7	6
Relatos de pesquisas internacionais	4	2
Relatos de pesquisas brasileiras	2	3
Políticas de C&T e financiamento para o setor no Brasil	3	7
Infra-estrutura, RH e organização da pesquisa no Brasil	4	6
Riscos e implicações econômicas, sociais, legais e éticas	0	6
Subtotal de matérias	20	30
Informação sobre eventos, cursos, feiras, editais, etc.	4	31
Total de matérias	24	61

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

Nas seções seguintes exploramos o conteúdo das matérias. Aquelas referentes a eventos, cursos, férias e editais foram excluídas da análise qualitativa por conter apenas informações pontuais. Organizamos a apresentação das visões sobre N&N em quatro subtemas. Primeiramente analisamos as visões sobre a futura sociedade nanotecnológica, identificando

as promessas das nanociências e nanotecnologias que estão sendo difundidas. Em seguida, indagamos em que medida tais visões aludem às implicações econômicas, sociais e éticas, assim como aos potenciais riscos associados a estas novas tecnologias. Depois, identificamos os atores relevantes na divulgação dessas visões. Finalmente, analisamos como elas são utilizadas para legitimar um novo campo de pesquisa. Finalizamos o artigo com breves considerações e reflexões.

2 As promessas das nanociências e nanotecnologias

As matérias apresentam as N&N como revolucionárias, usando os qualificativos “revolução tecnológica”, “mudança de paradigma”, “ruptura”, “revolução industrial”. Essa revolução traria como principal benefício o desenvolvimento econômico (tabela 2). Em 2004 também são destacados os benefícios da nanomedicina para a saúde e qualidade de vida, e o potencial da nanotecnologia para preservar o ambiente e reverter a degradação ambiental.

Tabela 2 - Benefícios potenciais decorrentes da pesquisa em N&N apontados nas matérias veiculadas no JC

Benefícios ¹	Nº de matérias		
	2002	2003	2004
Desenvolvimento econômico	9		1a
Saúde e qualidade de vida	1		11
Preservação do meio ambiente	2	2	5
"Benefícios para a humanidade"	0	0	2
A matéria não aborda o assunto	11 de 20	9 de 24	13 de 30

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

¹ Mais de uma opção é possível.

No JC, as visões da sociedade nanotecnológica tendem a ser mais conservadoras do que as que caracterizam o debate internacional. Não se fala em *ciborgs*. Omite-se totalmente o polêmico tema da manufatura molecular,

tal como proposto por Eric Drexler (1986).⁵ A ênfase está posta em assuntos menos futuristas, como a eficiência dos novos produtos: terapias melhor focalizadas, monitoramento permanente do corpo, computadores poderosíssimos, roupas inteligentes e multifuncionais, materiais mais resistentes e duradouros. A tabela 3 mostra as principais áreas de aplicação de N&N citadas: saúde e informática, seguidas por novos materiais. No quadro 1 sintetizamos alguns exemplos das visões de eficiência nessas áreas.

Tabela 3 - Áreas de aplicação da nanotecnologia citadas nas matérias do JC

Áreas de aplicação ¹	Nº de matérias		
	2002	2003	2004
Fármacos / próteses / saúde	10	7	10
Informática / Microeletrônica / nanoeletrônica	10		7
Novos materiais	4		5
Cosméticos	1	2	4
Dispositivos para processos produtivos e produtos	5	3	2
Produção e armazenamento de energia	0	1	3
Telecomunicações	0	2	3
Indústria química e petroquímica	3	1	1
Agricultura e agro indústria	3	7	0
Nanomáquinas	3	0	0
Produtos de consumo conhecidos com novas funções	3	6	2
Matéria não especifica área de aplicação	1 de 20	10 de 24	15 de 30

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

¹ Mais de uma opção é possível.

Estas visões se situam no futuro imediato, nos próximos 10-15 anos, um período em que se prevê um grande auge do mercado de nanoproductos. Este horizonte temporal é condizente com a ênfase na viabilidade comercial e pronta disponibilidade para o uso dos produtos das pesquisas em andamento,

⁵ As visões mais radicais da nanotecnologia, como a de Eric Drexler (1986), prevêem a possibilidade de produção mediante máquinas moleculares capazes de se auto-replicar que poderiam fugir ao controle humano, gerando uma "praga cinzenta" que contaminaria o planeta.

verificada em mais da metade das matérias examinadas. Também nesse sentido as visões analisadas se diferenciam do debate internacional, em que as implicações das nanociências e nanotecnologias no longo prazo também são consideradas (WOOD; JONES; GELDART, 2003).

Quadro 1 - Com o que nos brinda a nanotecnologia? Exemplos

<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>
Saúde		
<ul style="list-style-type: none"> • Nanocomputadores navegarão dentro do corpo para monitorar entrega de medicamentos. • Nanomáquinas poderão atuar inclusive dentro de células vivas. • Substituição de partes do corpo por partes reproduzidas a partir de moléculas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento com nanopartículas absorvidas seletivamente pelos tecidos cancerosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Células neuronais poderão ser reconstruídas, contribuindo para a cura de várias doenças. • Nanolaboratórios capazes de navegar no corpo humano, monitorar a emergência de doenças e tratar doenças mediante nanoterapias. • Uso de robôs infimos para administrar medicamentos em células específicas.
Informática, microeletrônica		
<ul style="list-style-type: none"> • Construção de nanocircuitos usando materiais biológicos (propriedades bioquímicas do DNA). • Computadores moleculares mil vezes mais potentes que os atuais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadores mais velozes, com mais memória e de menor tamanho. 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadores pequeníssimos com memória muito maior. • Computadores extremamente rápidos e poderosos.
Novos materiais e produtos com integração de novas fronteiras		
<ul style="list-style-type: none"> • Sensores anti-colisão para carros. • Novos materiais mais leves para aviões. • Vidros e lentes que reduzem a intensidade dos raios solares. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecidos de nanotubos de carbono capazes de armazenar energia, captar sinais de rádio ou funcionar como sensores. • Removedor de odor de banheiro com nanopartículas de ouro. • Vidros autolimpantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Óculos que não riscam. • Vidros autolimpantes. • Pneus 16 vezes mais duradouros que os atuais. • Roupas inteligentes, resistentes a manchas e que não enrugam. • Roupas para soldados que protegem de ataques biológicos.

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

3 Implicações econômicas, sociais e éticas e potenciais riscos

Os ecos do polarizado debate internacional sobre implicações, riscos e regulamentação das N&N são praticamente inaudíveis entre a comunidade científica brasileira." Assuntos como informação e participação pública, avaliação de riscos e estudos ELSI (implicações éticas, legais e sociais das tecnologias) não apenas são objeto de debate internacional, mas fazem parte do desenho de políticas para o desenvolvimento de N&N, com orçamento específico, na maioria dos países mais avançados. Partindo da seleção de alguns tópicos que ressaltam no debate internacional", procuramos mapear a importância dada a tais questões nas matérias do JC (tabela 4). Entre as implicações econômicas, a que recebe maior atenção é a mudança nas condições de produção e competitividade. Contudo, é perceptível que a maioria das matérias não aborda estas questões.

Em 2003 o Grupo ETC lançou a proposta de uma moratória para a nanotecnologia, no Fórum Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável realizado em Johannesburgo, indicando possíveis riscos para a saúde e o ambiente. Este foi um pronunciamento que gerou enorme polêmica, porém, no JC apenas uma matéria se referiu ao assunto. Em 2004, dois eventos introduzem o tema riscos: a fundação da Rede Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente no Brasil e a divulgação do relatório da *Royal Society* e da *Royal Academy of Engineering* (2004).

De fato, a comunidade científica "não conversa" com vozes que vêm de fora, como ONGs ou movimentos sociais que têm se posicionado sobre possíveis riscos e implicações sociais e éticas das N&N. As referências a potenciais conflitos ciência-público sobre N&N são muito escassas, embora a sensibilidade dos cientistas para a possibilidade de novos conflitos pudesse ter sido aguçada pelos que vinham ocorrendo no país em torno dos Organismos Geneticamente Modificados (PELÁEZ; SCHMIDT, 2000). Entre as escassas referências à sociedade encontramos algumas que tendem a desqualificar a capacidade ou legitimidade das ONGs para opinar sobre nanotecnologia.

⁶ Cf., por exemplo, Unesco (2006); Invernizzi e Foladori (2005); Wood, Jones e Geldart (2003).

⁷ A seleção de tópicos foi realizada com base em pesquisas anteriores (Cf Invernizzi e Foladori, 2005; Foladori e Invernizzi, 2005).

Tabela 4 - Principais implicações econômicas, sociais e éticas da nanotecnologia abordadas nas matérias do Jornal da Ciência

Implicações'	Nº de matérias		
	2002	2003	2004
Mudanças nas condições de produção e competitividade	3	5	3
Obsolescência de tecnologias, produtos e materiais	3		2
Deterioração das exportações tradicionais	0		0
Transformações no modo de vida	0		3
Maior desigualdade social	0		2
Dilemas éticos	0		1
Riscos à saúde e ambiente	0	2	7
Riscos para os trabalhadores de laboratórios e indústria	0	0	1
A matéria não aborda o assunto	13 de 20	16 de 24	<u>20 de 30</u>

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

! Mais de uma opção é possível.

Assim, por exemplo, um pesquisador reconhece a existência de riscos das nanopartículas para a saúde e o ambiente; qualifica esses riscos de menores e evitáveis e fala na necessidade de informar o público, para enfrentar "ati vistas que lutam em prol das fantasias populares, [que] estão se organizando contra este tipo de ciência, exigindo uma moratória" (GARCIA, 2004). Outro cientista relata, ao ser entrevistado, que já existem cosméticos com nanopartículas no mercado, porém, as empresas não os divulgam "para não sofrerem com as ONGs" (GERAQUE, 2004). É preciso notar que ambos ressaltam a importância da divulgação científica e da informação pública, porém desconhecem o direito de movimentos sociais se posicionarem frente a tecnologias, suas implicações e riscos. Uma boa pergunta, neste contexto, é: a regulação ambiental estaria hoje nas agendas internacionais se os movimentos sociais não tivessem iniciado manifestações sobre a poluição e depredação ambiental quarenta anos atrás?

4 Legitimação do campo

Os cientistas brasileiros apresentam N&N como um campo revolucionário, prestes a eclodir, com um fabuloso mercado desenvolvendo-se nos próximos anos" e com um potencial de benefícios enorme. São visões lineares de progresso. Possíveis implicações sociais e riscos são tão marginalmente considerados que não chegam a obscurecer essa visão otimista sobre o futuro nanotecnológico. Para melhor legitimar o campo de pesquisa, os cientistas reforçam tais visões de progresso mediante três argumentos: oportunidade, necessidade e viabilidade.

Recorrentemente, os cientistas caracterizam N&N como uma mudança de paradigma científico-tecnológico que abre ao Brasil uma *oportunidade* histórica. O PDN&N expressa claramente este ponto de vista quanto diz em sua justificativa: "[...] 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 [...]" (MCT, 2003, p. 8). Da oportunidade decorre a *necessidade* de desenvolver políticas agressivas e investir recursos, caso contrário, o Brasil pode ficar fora do novo paradigma, com tantos países investindo aceleradamente. Metáforas como "não podemos perder o trem, a onda, o jet das nanotecnologias" são bastante utilizadas.

No ano de 2003, em que se costura o PDN&N, o argumento da *capacidade* nacional passa a ser muito destacado. Argumenta-se que as redes cooperativas de pesquisa em N&N, criadas a partir de um edital do CNPq em 2001, nuclearam recursos humanos altamente qualificados e produtivos capazes de levar o Brasil a conquistar nichos do promissor mercado de nanoproductos. O maior obstáculo é, segundo os cientistas, a insuficiência de recursos para ampliar a infra-estrutura e o quadro de pesquisadores.

Chama a atenção o fato de que, em meio às discussões da Lei de Inovação, a relação entre capacidade de pesquisa e capacidade de inovação pelo setor produtivo seja tão pouco discutida pelos cientistas. Trata-se de uma ausência significativa, uma vez que as metas do PDN&N, assim como o discurso dos cientistas, estão finamente calibradas na fundamentação da necessidade de apoiar a pesquisa em N&N no Brasil: trata-se de desenvolver a competitividade nacional (cf. tabela 5). Assuntos tais como autonomia tecnológica, desenvolvimento sustentável e atendimento das necessidades

sociais nacionais são muito marginalmente utilizados para legitimar a área de pesquisa.

Tabela 5 - Principais razões que justificam o suporte à pesquisa em nanotecnologia no Brasil presentes nas matérias do Jornal da Ciência

Razões'	Nº de matérias		
	2002	2003	2004
Desenvolver competitividade para entrar no mercado internacional	6	7	6
N&N é uma área estratégica, o Brasil não pode ficar defasado	3	2	3
Formar recursos humanos qualificados	0	2	2
Atender a necessidades sociais locais	0	1	0
Ganhar autonomia tecnológica	0	0	1
Desenvolvimento sustentável	0	0	1
O artigo não aborda o assunto	12 (de 20)	12 (de 24)	21 (de 31)

Fonte: Elaboração pela autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência.

! Várias opções podem ser anotadas a partir da mesma matéria.

5 Atores relevantes

Dentro da comunidade científica que pesquisa na área N&N há atores que têm um papel destacado na promoção de determinadas visões sobre nanotecnologia. Os cientistas mais citados no JC são, com destaque, os físicos. Na tabela 6 pode ser observado que eles têm o perfil identificado como de excelência na pesquisa nacional e são produto do investimento feito no país desde a década de 1970 para o desenvolvimento desses quadros: doutoraram-se nas mais destacadas universidades do país e do exterior e fizeram estágios de pós-doutorado em universidades e centros de pesquisa estrangeiros. Atuam, em sua maioria, em universidades e centros de pesquisa do estado de São Paulo. Vale notar, no entanto, que em N&N o Nordeste tem um lugar de destaque, devido ao grupo de excelência localizado na Universidade Federal de Pernambuco.

Tabela 7 - Perfil acadêmico dos pesquisadores citados nas matérias do JC

Perfil ¹	Nº de pesquisadores			
	2002	2003	2004	Total
Area predominante de formação				
Física	9	12	9	30
Química	0	4	5	9
Engenharia	1	3	4	8
Farmacêutica, Bioquímica, Medicina	3	1	2	6
Ciências Sociais, Humanas, Sociais Aplicadas	1	1	2	4
Cursos de pós-graduação				
Pós-Doutorado e outros estágios no exterior	10	16	12	38
Doutorado no exterior	7	10	10	27
Mestrado no exterior	1	1	0	2
Doutorado no país	6	11	11	28
Mestrado no país	11	12	14	37
Local de atuação				
Universidades ou centros de pesquisa do estado de São Paulo	8	11	13	32
Universidades ou centros de pesquisa dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e da Região Sul	0	4	4	8
Universidades ou centros de pesquisa dos estados do Nordeste	3	5	5	13
Universidades ou centros de pesquisa de outros estados		1	0	2
Pesquisadores vinculados a empresas		0	0	1
Total de pesquisadores citados	12	20	25	57

Fonte: Elaboração da autora com base em informações tomadas do Jornal da Ciência e da base de Currículos Lattes do CNPq.

¹ Mais de uma opção é possível. Em alguns casos a informação não estava disponível.

6 Comentários e reflexões

A definição de uma política nacional para as N&N foi legitimada pela elite da comunidade científica, ante o resto da comunidade científica e o público, mediante visões de progresso, eficiência e competitividade. O Brasil se encontra diante de uma virada tecnológica histórica que não pode deixar de enfrentar.

Estas visões se associam com uma perspectiva linear de progresso, segundo a qual o investimento em ciência e tecnologia, transformado em inovação, traz como resultado maior competitividade e desenvolvimento econômico, o que, por sua vez, conduz ao bem-estar social. Por um lado, dada a evidência da crescente desigualdade que tem acompanhado o impressionante desenvolvimento tecnológico das últimas décadas, esta perspectiva mecanicista de que uma tecnologia mais eficiente e um país mais competitivo gerarão bem-estar social para todos é altamente questionável (PNUD, 2005; INVERNIZZI; FOIADORI, 2005). Por outro lado, uma revolução tecnológica do teor da que se anuncia terá fortes implicações sociais e será fortemente desestabilizadora, e seus efeitos serão mais adversos para os setores sociais mais vulneráveis.

O debate internacional vem enfatizando a necessidade de democratizar a tomada de decisões sobre N&N para influenciar o desenvolvimento dessa trajetória tecnológica visando a democratização dos seus benefícios, a regulação dos seus riscos e o enfrentamento adequado de suas implicações econômicas e sociais. Entretanto, os cientistas que estão desenvolvendo as nanociências e nanotecnologias no Brasil são bastante refratários à introdução de novos atores na discussão de C&T. Isso pode levar à emergência de conflitos ciência-sociedade e à perda de confiança pública na C&T.

A reconfiguração da relação ciência-sociedade é ainda muito recente e bastante restrita aos países mais avançados (INVERNIZZI, 2005). Certamente, a maioria dos cientistas não foi formada neste paradigma de maior aproximação entre ciência e sociedade. Avançar nesse sentido requer uma maior interação entre cientistas das áreas físico-naturais e cientistas sociais na reflexão sobre as políticas de pesquisa do país. Requer, assim mesmo, incorporar novos atores sociais ao diálogo, atores que sem dúvida endossam interesses específicos – como é de praxe no jogo democrático – e

cuja participação é necessária para democratizar a ciência e a tecnologia e seus benefícios sociais.

As políticas de N&N dos países desenvolvidos incluem diversos mecanismos de participação pública. O Brasil precisa se somar a essa tendência enquanto condição necessária para orientar democraticamente o desenvolvimento das nanotecnologias para as necessidades sociais do país, tendo o princípio de precaução como guia frente a potenciais riscos e a avaliação de implicações econômicas, sociais e éticas como referencial para a elaboração concomitante de políticas que enfrentem os potenciais problemas nessas áreas.

Referências

- DREXLER, E. 1986. *Engines of creation*. New York: Anchor Books.
Disponível em: <<http://www foresight.org/EOC/Engines.pdf>>. Acesso em: 3 abro 2007.
- FIEDELER, U.; GRUNWALD, A.; COENEN, C. 2005. Vision assessment in the field of nanotechnology: a first approach. In: IMAGING NANOSPACE, Bielefeld, 11-14 de maio. Disponível em: <http://www.itas.fzk.de/deu/lit/2005/fiuaOSa_abstract.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2007.
- FOLADORI, G; INVERNIZZI, N. 2005. Nanotechnology in its socio-economic context *Science Studies*, v. 18, n. 2, p. 67-73.
- GARCIA, Eloi S. 2004. Nanociência: contribuição para o debate. *Jornal da Ciência*, n. 2473, 01 mar. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=22918>>. Acesso em: 02 mar. 2007.
- GERAQUE, Eduardo. 2004. O mundo nano não é ficção. *Jornal da Ciência*, n. 2641, S novo Entrevista a Henrique Toma, do Instituto de Química da USP. Disponível em <<http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=22918>>. Acesso em: 23 mar. 2007.

GRUNWALD, Annin. 2004. Vision assessment as a new element of the FTA toolbox. In: EU-US SCIENTIFIC SEMINAR NEW TECHNOLOGY FORESIGHT, FORECASTING & ASSESSMENT, Sevilla, 13-14 maio. *New horizons and challenges for future-oriented technology analysis: proceedings of the...* Disponível em: <<http://www.jrc.es/projects/fta/papers/Session%204%20What%27s%20the%20Use%20of%20Vision%20Assessment%20as%20a%20new%20element%20of%20the%20FTA%20toolbox.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2007.

INVERNIZZI, Noela. 2005. Participación ciudadana en ciencia y tecnología: algunas reflexiones sobre el papel de la universidad pública. *Alteridades*, v. 29, p. 37-44.

INVERNIZZI, Noela; FOLADORI, Guillenno. 2005. Nanotechnology and the developing world: will nanotechnology overcome poverty or widen disparities? *Nanotechnology. Law and Business*, v. 2, n. 2, p. 2-11.

LUX RESEARCH. 2005. Nanotechnology's environmental, health, and safety risks can be addressed responsibly today. *Press Release* June 15. Disponível em: <http://www.luxresearchinc.com/press/RELEASE_EHS.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2005.

__ __ __. 2006. *The nanotech report* 4th ed. New York: Lux Research Inc.

MACNAGHTEN, Phil; KEARNES, Matthew; WYNNE, Brian. 2005. Nanotechnology, governance, and public deliberation: what role for the social sciences? *Science Communication*, v. 27, n. 2, p. 1-24.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). 2003. Desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia. Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog_nanotec.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2005.

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL (NSTC). 1999. *Nanotechnology: shaping the world atom by atom*. Washington De. Disponível em: <<http://www.wtec.org/loyola/nano/IWGN.Public.Brochure/>>. Acesso em: 23 jun. 2007.