

NANOTECNOLOGIA E A POLÍTICA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA*

Henrique RATTNER**

Resumo: Este artigo visa analisar o impacto dos progressos técnicos associados à nanotecnologia levando em conta o contexto histórico e social mais amplo, uma vez que produtos e processos inovadores não constituem garantia ou mesmo condição suficiente para o desenvolvimento da sociedade, se não forem acompanhados por mudanças nas relações sociais, econômicas e culturais.

Palavras-chave: nanotecnologia; política; meio ambiente.

Résumé : Cet article cherche à analyser l'impact des progrès techniques associés à la nanotechnologie, en considérant le contexte historique et social plus large, étant donné que des produits et des processus innovateurs ne représentent pas un garant ou une condition suffisante pour le développement de la société, s'ils ne s'accompagnent pas de changements des rapports sociaux, économiques et culturels.

Mots-clés : nanotechnology ; politique ; environnement.

Os rumos e diretrizes da política de ciência e tecnologia não podem ser analisados e determinados como fatos isolados de seu contexto histórico e social mais amplo devendo ser inseridos no rol dos múltiplos desafios das sociedades contemporâneas.

Após meio século de diagnósticos e análises que ressaltam a fragilidade e inoperância do sistema nacional de C&T, volta-se a indagar: o progresso técnico seria a resposta aos problemas que afligem a nossa sociedade?

Verifica-se a mercantilização dos conhecimentos científicos e tecnológicos em nome de maior produtividade e competitividade, ou seja, de maiores lucros. Omite-se, propositadamente, que ao longo da História da vida humana, os valores de cooperação e solidariedade foram fundamentais para a sobrevivência da espécie. A ênfase na competição como norma geral e suprema do comportamento humano leva ao darwinismo social e relega a preocupação com o próximo ao segundo plano.

* Texto elaborado para o II Seminário Internacional sobre Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, realizado de 19 a 21 de outubro de 2005, em São Paulo, no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

** Professor aposentado da FEA/USP. Coordenador do programa ProLides/ABDL. Para ter acesso a outros artigos do autor, veja coluna IDENTIDADE, no site www.abdl.org.br.

Nesse contexto, convém lembrar o famoso triângulo de Jorge Sabato sobre as relações viciadas entre governo (financiador), universidades e institutos de pesquisa (produtores de conhecimento e de tecnologia) e o setor produtivo (consumidor do *know-how*). Segundo Sabato, nos países de desenvolvimento “tardio”, os governos não financiam em escala suficiente; as universidades produzem conhecimentos, sob forma de teses, para as bibliotecas; e as empresas preferem importar, adaptar ou copiar tecnologias, mesmo quando obrigadas a pagar *royalties*.

Apesar de esforços visando aproximar a pesquisa científica com o setor produtivo, poucas modificações houve neste relacionamento, mesmo decorridos mais de trinta anos desde a constatação do cientista argentino.

Não pode haver dúvidas quanto aos impactos de inovações tecnológicas na vida social, econômica e cultural. Gostaríamos de deixar bem claro que não questionamos a necessidade de P&D nas sociedades contemporâneas, mas à condição que sejam ambientalmente seguros, socialmente benéficos e eticamente aceitáveis.

A partir da segunda metade do século XX, fomos inundados por ondas ininterruptas de inovações desde a Revolução Verde, na agricultura; a microeletrônica, na indústria e serviços; a biotecnologia e engenharia genética; a energia nuclear e, mais recentemente, a nanotecnologia.

Todas invadiram os cenários científico e empresarial com promessas de imensas vantagens e, também, com os riscos e ameaças inerentes ao seu uso nas áreas da agricultura, medicina, indústria e, inevitavelmente, no setor militar.

Assim, levantam-se questões sobre o controle: quem deve monitorar, regular e fiscalizar as aplicações de novas tecnologias e decidir sobre a alocação de recursos em projetos de P&D?

As respostas a essas questões cruciais não se encontram nas novas tecnologias, nem na criação de órgãos burocráticos supostamente gerenciados e controlados pelos respectivos governos.

Desde as primeiras décadas do século passado, assistimos a um processo contínuo de privatização de setores públicos, ganhando ascendência – segundo advertiu o presidente Eisenhower já em 1951 – o famigerado complexo industrial-militar e acadêmico como instância superior e decisiva nas políticas do governo norte americano.

Os desafios da transformação social em direção a uma sociedade mais justa e solidária devem ser analisados à luz dos fracassos de soluções “milagrosas” oferecidas pelos porta-vozes da ciência e tecnologia.

Contrariamente ao discurso oficial apoiado pela maioria dos cientistas, não existe uma correlação positiva comprovada entre os avanços nas pesquisas científicas e

tecnológicas e a posição do país em termos de indicadores sociais, ambientais e de bem-estar coletivo. Apesar de uma razoável infra-estrutura e produção científicas, o Brasil permanece atrás de vários países com menor desenvolvimento em pesquisa científica e tecnológica.

Cresce o fosso tecnológico entre os países do primeiro mundo e os “emergentes”, mesmo com as vantagens obtidas mediante a dominação e incorporação de produtos e processos da microeletrônica e da biotecnologia que alteram a divisão internacional tradicional de trabalho. A nova geografia econômica aponta para a transferência de indústrias mais poluentes e intensivas em energia para os países “emergentes”, enquanto as novas indústrias, com menor consumo de energia e menos trabalho intensivos acumulam novas vantagens.

A carência de infra-estrutura, a baixa qualificação da mão-de-obra e a falta de respostas adequadas do sistema de C&T tendem a agravar o atraso criado pela abertura descontrolada dos mercados, o enfraquecimento e eventual alienação de empresas estratégicas nacionais, o que transfere também os centros decisórios sobre prioridades e metas de desenvolvimento para o exterior.

Apesar de todo o clamor pelo desenvolvimento de uma nanotecnologia nacional (sic!) os produtos e processos inovadores eventualmente baseados em nanopartículas não constituem garantia ou mesmo condição suficiente para o desenvolvimento da sociedade. Somente quando acompanhada por mudanças nas relações sociais, econômicas e culturais, a nova tecnologia poderá beneficiar a toda a população.

Não podemos ignorar o embate que atualmente está sendo travado entre as tendências políticas e econômicas que favorecem a concentração de poder e o autoritarismo em todas as esferas da vida social e, no lado oposto, a tendência à democratização, autogestão e participação de todos os cidadãos nos processos decisórios.

As respostas aos desafios do desenvolvimento encontram-se na capacidade de auto-organização e autogestão da sociedade, dispensando a tutela e a intermediação de tecnocratas e políticos profissionais invariavelmente atraídos e cooptados pelas estruturas de poder e as vantagens de enriquecimento e “status” que elas oferecem.

Os desafios e o combate às políticas neoliberais, do crescimento perverso, do desemprego e da perda de identidade individual e coletiva serão travados na arena política, no choque entre filosofias e práticas de ações concretas.

A nanotecnologia está sendo apontada como a mais recente das inovações tecnológicas, no rastro da Revolução Verde, da microeletrônica e da biotecnologia que, supostamente, iriam resolver os problemas da parcela mais pobre e marginalizada da humanidade.

Mas, no mundo da concentração de capital e do poder político e militar, a democracia e os direitos humanos estão sendo cada vez mais “escanteados”, sobretudo nos países

pobres cujas populações acabam sendo desestabilizadas e excluídas pelos lances especulativos que ocorrem nos mercados de *commodities*, invadidos e subvertidos por inovações tecnológicas. Tal como nos ciclos anteriores, a substituição de matérias-primas tradicionais – cobre, alumínio, ferro-liga, borracha e algodão – por nanoestruturas infinitamente mais leves e resistentes, tende a afetar as receitas das exportações e, conseqüentemente, os padrões de vida dos que trabalham na lavoura, nas minas ou nas indústrias tradicionais.

Não é por acaso que a maioria desses produtores concentra-se nos países “emergentes” – Índia, Indonésia, Brasil, Tailândia e países africanos – cujas populações sofrem os impactos negativos – desemprego, deslocamento de indústrias, especulação nos mercados globais – da recente onda de inovações tecnológicas. Amplia-se e aprofunda-se assim o eterno fosso entre os que “têm” e aqueles que “não têm” e nunca terão, enquanto perdurarem as condições estruturais de produção e consumo do sistema capitalista.

A conquista dos benefícios e vantagens decorrentes da introdução de inovações tecnológicas, inclusive da nanotecnologia, passa por um projeto nacional que procure resgatar o mercado interno como centro dinâmico da economia e da sociedade. A reconstrução far-se-á mediante uma mobilização geral a favor de uma organização social e política democrática, de participação de todos e regida pelos princípios dos direitos humanos e da justiça social.

Seria possível prever e, se for necessário, também evitar os impactos negativos da introdução da nanotecnologia?

Estudos pioneiros de grupos de cientistas nos países da União Européia e no Canadá apontam para os riscos em potencial da introdução de nanoprodutos nos mercados, exigindo amplos debates públicos e conseqüentes medidas regulatórias e fiscalizadoras, para evitar danos à saúde, ao meio ambiente e ao bem-estar da população.

Trata-se de organismos ou partículas invisíveis de alta mobilidade capazes de multiplicarem-se de modo imprevisível. Tal como no caso da energia nuclear, a maioria dos pesquisadores e tecnólogos lava as mãos: não competiria a eles a responsabilidade de prevenir os impactos e evitar os riscos associados à introdução da nova tecnologia.

Suspeita-se da toxicidade dessas partículas em escala nano (a bilionésima parte de um metro), capazes de penetrar e disseminar-se no sistema imunológico do corpo humano ou animal, afetando mucosas, membranas e a corrente sanguínea, e atacando órgãos vitais, tais como o fígado, pulmões, o coração e as artérias.

Uma minoria de pesquisadores apreensiva com os riscos à saúde, à segurança e ao meio ambiente, sugere proibir a liberação de nanopartículas e sua manipulação, acatando o princípio de precaução até chegar a conhecimentos mais sólidos e instrumentos de controle mais seguros.

Todas as boas intenções e resoluções referentes ao monitoramento e controle das aplicações da nanotecnologia esbarram no obstáculo praticamente intransponível de sua apropriação e conseqüente sigilosidade que cerca P&D por parte de grandes empresas e do setor militar. Os investimentos em P&D estão entre as despesas industriais mais concentradas no mundo (F. Chesnais, 1995), e servem, prioritariamente, aos projetos militares.

Especialistas que se debruçam sobre a indústria bélica e projetam os conflitos futuros vaticinam mudanças radicais na condução de guerras com armas baseadas em nanotecnologia. Materiais mais leves, sensores mais precisos e rápidos combinados com computadores mais eficientes podem levar ao desenvolvimento de novas armas químicas e biológicas, difíceis de serem detectadas e combatidas em tempo. Devido a sua característica de invisibilidade e a capacidade de invadir organismos vivos, as futuras armas à base de nanotecnologia se tornarão também instrumentos poderosos na repressão de manifestações populares e de lutas pela democracia, ao derrubar os manifestantes até serem detidos pelas forças da “ordem”.

Novas tecnologias não têm e não terão a capacidade de substituir políticas públicas visando o bem-estar de todas as camadas da sociedade. Pretende-se colocar C&T a serviço de toda a população e não somente das elites e de seus negócios. Entretanto, a experiência do século XX ensina que a política e gestão das grandes corporações visam predominantemente o lucro e não o bem-estar da população.

São essas empresas que investem e usufruem de verbas públicas alocadas a P&D e assim, se habilitam a definir prioridades e formas de distribuição dos eventuais benefícios.

Vivemos um período de ocaso da democracia formal e representativa, um sistema caracterizado pela cooptação dos supostos representantes do povo pelos grandes grupos de poder econômico-financeiro e, não raramente, a corrupção deslavada permeia todas as esferas da vida política.

Por isso, cumpre às organizações não governamentais e aos movimentos sociais abrir um amplo e permanente debate sobre a nanotecnologia e suas possíveis aplicações e potenciais riscos à saúde e ao meio ambiente.

Junto com a definição de estratégias de uso dos conhecimentos gerados sobre a nova tecnologia, devemos propugnar por uma moratória no desenvolvimento de novos produtos e processos e de sua comercialização, até a elaboração de protocolos de laboratórios de pesquisa e de normas reguladoras estabelecidas por medidas legais, a fim de proteger trabalhadores e consumidores.

A comercialização em curso de produtos cosméticos, alimentícios, protetores solares, tecidos e outros, à base de nanotecnologia, deve ser postergada até que se verifique e se

certifique que são inofensivos para o público. Entretanto, não basta limitar os debates e eventuais proscricções aos riscos ambientais e de saúde da nanotecnologia. É fundamental também o debate sobre a questão de patentes e assim, dos rumos das atuais e futuras invenções e suas aplicações em processos e produtos de nanotecnologia.

Afinal, continua aberta a questão “quem decidirá e quem controlará” os caminhos da nanotecnologia e de outras tecnologias, com imenso potencial de fazer o bem ou causar desastres para o convívio humano.

Quais as ações a serem conduzidas para induzir o engajamento público da população nas questões referentes ao desenvolvimento de nanotecnologia? Existem precedentes importantes de campanhas sobre transgênicos, células-tronco e energia nuclear cujas lições devem ser revistas e incorporadas, particularmente, no que se refere à divulgação, mobilização e conscientização, tanto dos pesquisadores quanto da opinião pública sobre a relevância dos problemas associados à introdução de nanotecnologia no meio ambiente natural e humano. Caso contrário, existem riscos de se assistir à introdução totalmente descontrolada de novos processos e produtos.

A formação de redes de organizações da sociedade para monitorar e avaliar os rumos de desenvolvimento da nanotecnologia é indispensável para proteger sobretudo os menos preparados e informados, diante as incertezas e riscos associados ao desenvolvimento da nanotecnologia. Cabe ao poder público a tarefa de orientar e regulamentar, tanto a pesquisa quanto o desenvolvimento e o uso comercial dos novos processos e produtos. Face à preponderância do setor público no financiamento de P&D, cabe a pergunta “quem aproveita os resultados” e abrir as instituições para que a sociedade participe na avaliação e na definição de estratégias de pesquisa e no uso dos conhecimentos gerados.

Mapeando os potenciais benefícios e impactos, as intervenções orientadoras e reguladoras do poder público tornarão todos os processos de inovação mais racionais, transparentes e democráticos.

Não se trata de assunto meramente técnico-operacional e as decisões não se referem apenas à esfera de política de ciência e tecnologia. Necessitamos de um novo paradigma de funcionamento das instituições, envolvendo todos os atores sociais em processos decisórios democráticos.

Será difícil, complexo e demorado o processo de engajamento e de conscientização da população em assuntos e temas aparentemente distantes ou pouco relevantes para seu dia-a-dia. As propostas e recomendações só vingarão quando estiverem inseridas e relacionadas com o processo geral de democratização da sociedade. Para estimular o envolvimento público na dinâmica democrática, o papel fundamental da mídia é analisar e avaliar os projetos, sob o enfoque de “quem controla”? “a quem serve” e quais os custos/benefícios e custos/oportunidades?

Será um longo processo de aprendizado para todos os atores sociais que irão inteirar-se gradualmente das questões centrais do desenvolvimento científico e tecnológico, atualmente restritas a um círculo muito pequeno de especialistas, não representativo da ampla gama de atores sociais, desde empresas, sindicatos e outras associações da sociedade civil.

As questões se estendem desde a inserção social de P&D até a própria organização das atividades de pesquisa. A penetração do modo de produção industrial nas atividades de pesquisa tem conduzido à organização de equipes interdisciplinares e à análise de sistemas como referencial básico e indispensável. A interdisciplinaridade nos remete à colaboração entre diversas áreas do saber em projetos que envolvam tanto as diferentes disciplinas acadêmicas como as práticas não-científicas de diversos atores sociais.

Os pressupostos dessa abordagem abrangem a incorporação da complexidade dos conhecimentos científicos com os saberes tradicionais, não-científicos e a primazia de indagações de natureza ética, estética e sócio-ambiental.

A insuficiência do conhecimento fragmentado para tratar da complexidade existencial requer procedimentos cognitivos sistêmicos, dialéticos e abertos. Os paradigmas científicos modelam o pensamento e a ação social e recebem efeitos retroalimentadores da dinâmica cultural.

Um retrospecto dos últimos dois séculos mostra que o ritmo e a intensidade das catástrofes naturais sofreram aceleração acompanhando a expansão da industrialização e urbanização. Secas, enchentes, vazamentos de petróleo no mar e acidentes nas centrais nucleares evidenciam os limites ecológicos do sistema enquanto o alastramento da fome e do desemprego assinalam seus limites sociais e econômicos.

Para estudar e compreender os fenômenos complexos da vida humana e da natureza é necessário elaborar um modelo conceitual e metodológico que contemple e destaque as interações entre variáveis derivadas de diferentes áreas do conhecimento. Este referencial teórico deve permitir a articulação e integração de diferentes áreas de conhecimento para levar também a práticas convergentes.

Em estudo recente – publicado na Revista Brasileira de Inovação, 2003 – Simon Schwartzman aponta dois modos diferentes de produção de conhecimento científico:

MODO 1 (linear)	MODO 2 (não linear)
O conhecimento básico é produzido antes e independentemente de aplicações	O conhecimento é produzido no contexto das aplicações
Organização da pesquisa de forma disciplinar	Transdisciplinaridade
Organizações de pesquisa homogêneas	Heterogeneidade e diversidade organizacional
Compromisso estrito com o conhecimento: os pesquisadores não se sentem responsáveis pelas possíveis implicações práticas de seus trabalhos	“accountability” e reflexividade: os pesquisadores se preocupam e são responsáveis pelas implicações não-científicas de seu trabalho

Fonte: Schwartzman, S. (2003) apud Gibbons, Trow, Scott et al. 1994

Os problemas dos sistemas naturais e sociais transcendem as fronteiras entre as diferentes disciplinas científicas e para estudar as interações entre os fenômenos-objeto da análise torna-se necessário estimular a comunicação e interação de grupos de pesquisadores nos trabalhos de campo e de gabinete.

A trajetória presente de nossa sociedade e, por extensão, do planeta não é sustentável. Mudanças climáticas, crescimento demográfico, perda da diversidade biológica e cultural e crescente pobreza e desigualdade tendem a aumentar a vulnerabilidade da vida humana e do ecossistema planetário.

Necessitamos uma melhor compreensão das interações complexas e dinâmicas entre a natureza e a sociedade, muito além das abordagens convencionais, por causa da não-linearidade, complexidade e retro-alimentação dos processos observados. Uma abordagem alternativa enfatizará a necessidade de analisar e monitorar o comportamento de sistemas auto-organizadores, enquanto se avaliam os papéis dos diferentes atores sociais, com diversas e, frequentemente, contraditórias percepções e aspirações. O método científico tradicional deve ser combinado com novas práticas de aprendizado social incorporando elementos de ação coletiva, gestão adaptativa, políticas públicas inovadoras e experimentais. Cientistas preocupados com o futuro da humanidade procurarão colaborar com todos os grupos sociais a fim de melhor compreender como eles elaboram a construção de saberes e as práticas de comportamento coletivo. O passo seguinte seria a avaliação das respostas do poder público às pressões crescentes por uma democracia participativa e pela demanda universal dos Direitos Humanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHESNAIS, F. *A Mundialização do Capital*, Xamã Editora e Gráfica, São Paulo, 1995.
- ETC GROUP. *A Tiny Primer on Nanoscale Technologies*, Ottawa, 2005.
- FUNTOWICZ, S. e RAWETZ, J. “Emergent Complex Systems”, in *Futures*, 1994.
- FUNTOWICZ, S. e MARCHI, B. “Ciência post-normal”, in LEFF, H, *La complejidad ambiental*, Siglo XXI, México, 2000.
- HM Government. *The Government's Programme for Public Engagement in Nanotechnology*, Reino Unido, agosto, 2005
- PRIGOGINE, I. *O fim das certezas*, UNESP, S.Paulo 1996.
- RATTNER, H. *Science and Technology*, in *Human Dimensions of Global Environmental Change*, Brazilian Academy of Science, Rio de Janeiro, 2001
- SCHWARTZMAN, S. “A Pesquisa Científica e o Interesse Público” in *Revista Brasileira de Inovação*, 2003, pp. 361-395.