



O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial

(Paulo Roberto de Almeida)

Espaço Acadêmico (Maringá, a. VI, n. 52, set. 2005;

Link: www.espacoacademico.com.br/052/52almeida.htm).

O mundo encontra-se no limiar de uma nova revolução industrial, ou melhor, ele já está, de fato, mergulhado nela: trata-se, obviamente, da transformação radical dos processos e produtos de nossa atual civilização industrial por meio da aplicação do infinitamente pequeno às mais diferentes utilidades da vida diária. Essa revolução é bem mais importante, e mais desafiadora, do que aquelas que presidiram ao domínio do homem sobre as forças da natureza nas três revoluções anteriores ou etapas precedentes de progressos materiais e tecnológicos desta nossa civilização industrial.

Com efeito, a primeira revolução industrial, iniciada na Grã-Bretanha há pouco mais de dois séculos, assistiu à transformação da energia em força mecânica, sob a forma de caldeiras e máquinas a vapor, o que redundou, entre outros avanços materiais, no impulso dado às indústrias manufatureiras (com destaque para o setor têxtil) e aos transportes aquaviários e ferroviários. Ao mesmo tempo, começou a funcionar o primeiro instrumento verdadeiramente universal de comunicação quase instantânea, o telégrafo (ainda funcionando à base de fios e de cabos submarinos), que representou uma espécie de internet da era vitoriana. Já na segunda revolução industrial, um século após, o destaque ficou com a eletricidade e a química, resultando em novos tipos de motores (elétricos e à explosão), em novos materiais e processos inéditos de fabricação, paralelamente ao surgimento das grandes empresas (algumas vezes organizadas em cartéis), do telégrafo sem fio e, logo mais adiante, do rádio, difundindo instantaneamente a informação pelos ares. A terceira revolução industrial, nossa contemporânea por sua vez, mobilizou circuitos eletrônicos e, logo em seguida, os circuitos integrados, os famosos microchips, que transformaram irremediavelmente as formas de comunicação e de informação, com a explosão da internet e do comércio eletrônico e voltada crescentemente para o lazer.

A quarta revolução industrial, na qual estamos ingressando neste momento histórico, mobiliza, fundamentalmente, as ciências da vida, sob a forma da biotecnologia, bem como uma gama multidisciplinar de ciências exatas e cognitivas que responde pelo nome de nanociência. Esta, por sua vez, se confunde praticamente com suas materializações práticas, sob a forma da nanotecnologia. Desde várias décadas, senão há mais de um século, os cientistas tentam domar o infinitamente pequeno, plenamente conscientes de que é ao nível das moléculas, das partículas e dos átomos que se joga parte importante do jogo da vida e da própria composição e funcionamento do infinitamente grande, isto é, do universo. Essa busca resultou em enormes avanços científicos e materiais para a humanidade, assim como no deslanchar de forças que chegaram a ameaçar a própria sobrevivência da civilização sobre o planeta, tanto sob a forma do holocausto nuclear como na perspectiva de uma guerra biológica ou química.

Agora, quando os novos equilíbrios estratégicos e a diminuição das tensões permitida pela relativa convergência de valores e de sistemas econômico-sociais atribuem um sentido positivo às pesquisas científicas nas áreas da energia atômica, dos novos materiais, dos elementos químicos e da biologia, as possibilidades abertas pela inovação tecnológica e pela cooperação internacional nessas áreas de fronteira do conhecimento humano abrem um potencial imenso de realizações, para a humanidade em geral, e também para o Brasil.

O Brasil logrou, com efeito, construir um sistema de ciência e tecnologia que se caracteriza pela quase excelência, do ponto de vista dos padrões conhecidos nos países em desenvolvimento, inclusive não ficando a dever, em certas áreas de pesquisa, quase nada aos países desenvolvidos. O desempenho do Brasil é menos satisfatório no que se refere à transposição das descobertas, inovações e resultados do saber científico para o campo da pesquisa aplicada e no terreno prático de suas derivações tecnológicas e industriais mais imediatas. Ambas as insuficiências resultam de uma deficiente cultura patentária e de um preconceito ainda latente na academia - felizmente cada vez mais residual - contra aplicações instrumentais ou “utilitárias” da pesquisa científica. Ainda assim, pode-se dizer que os resultados já alcançados nessa área, inclusive a partir da “marcha forçada” em direção dos últimos gargalos nos ramos intermediários e de insumos, bem como os investimentos estatais em



alguns setores de ponta, oportunamente revertidos ao setor privado, permitem classificar o Brasil como uma economia industrializada e plenamente inserida na terceira revolução industrial.

Mas, esse “acabamento” relativamente satisfatório do processo industrializador no Brasil pode doravante estar sendo ameaçado, justamente, pelos novos processos, métodos e materiais inéditos que estão emergindo como resultado da revolução da nanociência e da nanotecnologia aplicadas ao complexo e diversificado setor industrial ou manufatureiro. De fato, a nanociência permite, impulsiona e praticamente obriga à geração de conhecimentos avançados, que se revelam convergentes em vários setores da arte e do engenho humanos, em biotecnologia, nos novos materiais, na instrumentação técnica, assim como nas próprias formas de organização social da produção e do trabalho humano. A nanotecnologia, por sua vez, leva, quase que naturalmente, ao surgimento de novos ramos industriais e de novos mercados que, ao configurarem um novo padrão, superior, de produção fabril e manufatureira, não tardarão a se impor, doravante, como a mais nova fronteira da civilização industrial, um paradigma incontornável de concepção, desenho e fabricação de novos produtos e insumos que modificarão, de forma substancial e irremediavelmente, as características da sociedade atual.

As tendências que já apontam para uma situação de ruptura tecnológica e de mudança profunda na configuração de procedimentos industriais afetarão a produtividade relativa das indústrias, o jogo das vantagens comparativas entre os países, bem como a própria composição do comércio internacional, condenando os países que não se alinharem aos novos padrões a perdas gradativas de competitividade ou até mesmo à esclerose precoce de parques industriais inteiros. Não há nenhum exagero na afirmação precedente: o lado científico e, a fortiori, o lado prático da nanotecnologia chegaram para alterar definitivamente velhos padrões industriais e correntes tradicionais de comércio internacional. Uma coisa precisa ficar clara, desde já: os países que não se decidirem por incorporar, por adotar ou que, simplesmente, não se adaptarem ao novo paradigma correm o sério risco de serem alijados dessa nova face da civilização industrial emergente.

Trata-se, portanto, de uma questão de sobrevivência e de preservação dos níveis de bem-estar. Não se deve estranhar, assim, que os níveis de investimentos financeiros nessa área, tanto em países desenvolvidos (como EUA, Alemanha e França), como em países em desenvolvimento (com destaque para a China, Índia e Coréia), sejam, desde já, significativos e crescentes. As perspectivas, de certa forma, são comensuráveis com as altas expectativas de mercado para produtos da nanotecnologia: cerca de 1 trilhão de dólares nos próximos 10 a 15 anos, com a possibilidade, segundo estimativas, de que o Brasil ocupe talvez 1% deste faturamento.

Essa personagem central da nova revolução industrial de nosso tempo, que é a nanotecnologia, apresenta a potencialidade de acoplar e introduzir novas sinergias ao esforço brasileiro de desenvolvimento econômico, científico e tecnológico. Existem, claramente, oportunidades abertas ao Brasil, enquanto economia que possui uma competência identificada (ainda que não de forma inteiramente sistemática) numa área que vai modificar de forma irremediável o padrão de desenvolvimento industrial e tecnológico no futuro próximo. (...) O Brasil possui pequeno (mas ativo) número de universidades ocupadas nessa nova área de conhecimento. Duas universidades brasileiras, a USP e a Unicamp, respondem por cerca da metade da produção científica publicada em nanotecnologia, seguidas em quase igualdade de condições pela Universidade Federal de São Carlos, pela UFMG e pela UnB.

A gama de atividades classificadas como nanotecnologia cobre áreas de pesquisa tradicionais como a química e a física, chegando às atividades que envolvem ciências dos materiais, biotecnologia, etc., o que demonstra o caráter altamente abrangente da nanociência e da nanotecnologia (N&N). De fato, uma das particularidades da N&N é que ela requer competências científicas com os mais variados horizontes. A N&N sendo uma área altamente interdisciplinar não permite que se tenha uma idéia exata dos aspectos relacionados a cada uma das disciplinas implicadas. Como todas as áreas, ela está baseada em noções fundamentais conhecidas dos cientistas e engenheiros. Aliás, a separação entre nanociência e nanotecnologia não tem nenhum significado na prática: é exatamente por



esta razão que na maioria do tempo o termo nanotecnologia acaba por recobrir nanociência.

Todos os países inovadores estabeleceram e apóiam ativamente programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes e do mesmo nível que a biotecnologia, tecnologias da informação e meio ambiente. Os programas de nanotecnologia analisados estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e de competitividade e todos têm alvos econômicos definidos. Todos os setores industriais estão desenvolvendo produtos nanotecnológicos, embora algumas empresas optem por não identificá-los como tal, por razões, provavelmente, de imagem pública, ou talvez para diminuir resistências do tipo das que se manifestaram em relação a produtos da biotecnologia.

O crescimento previsto pelos especialistas para os mercados de produtos nanotecnológicos é muito superior ao crescimento de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares. Estima-se que as aplicações de nanotecnologia e as que estarão atingindo os mercados nos próximos anos são evolucionárias, mais do que revolucionárias, estando concentradas nas áreas de determinação de propriedades de materiais, produção química, manufatura de precisão e computação. Não existe, no momento, nenhuma possibilidade razoavelmente definida para o uso de nanomáquinas capazes de fabricar materiais montando-os átomo por átomo. Apesar delas ocuparem espaço na imaginação de escritores, elas não estão nas cogitações de estrategistas das empresas inovadoras a não ser nas formas de síntese química/bioquímica e auto-organização. No entanto, é muito provável o aparecimento – praticamente inevitável - de aplicações revolucionárias da nanotecnologia, a médio e longo prazo.
