

SUMÁRIO

Introdução	2
Brasil	4
Estados Unidos	7
Canadá.....	10
Alemanha	10
França	10
Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte	11
Espanha	11
Holanda.....	13
Suécia	13
Suíça	14
Irlanda	14
Ásia	16
China.....	17
China - Hong Kong.....	19
Coréia do Sul.....	21
Cingapura.....	21
Formosa	22
Índia	23
Malásia.....	24
Tailândia.....	24
Israel	25
África do Sul	26
Austrália	27
Uma suspensão das atividades de Nanotecnologia?.....	30
Últimas considerações	31

Introdução

Este Caderno condensa os estudos promovidos pelo NAE na prospecção tecnológica em nanotecnologia sobre as estratégias adotadas em diferentes programas institucionais existentes no mundo, além da análise dos investimentos realizados pelo setor privado. Os trabalhos estiveram sob a coordenação dos pesquisadores pesquisador Oswaldo Luiz Alves e Fernando Galembeck, do Instituto de Química UNICAMP, e Márcia Maria Rippel, do Instituto do Milênio de Materiais Complexos.

O Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE) apresenta esse primeiro levantamento da nova tecnologia com vistas a balizar ações futuras para o desenvolvimento do Brasil.

As inovações tecnológicas dos últimos anos proporcionam avanços importantes em diferentes campos do conhecimento. Dentre todas elas, há uma que se destaca especialmente: a nanotecnologia, cuja utilização possibilita alterar significativamente os processos produtivos atuais, porque novas indústrias serão geradas.

O emprego da nanotecnologia já movimentava bilhões de dólares a cada ano, se considerarmos os resultados obtidos a partir dos registros mundiais de patentes. Diante de tal quadro, a maior parte dos países desenvolvidos ou em desenvolvimento dedica cada vez mais recursos aos programas de pesquisa nanotecnológica, seja no setor público, seja na iniciativa privada.

Em suas atividades, os países buscam direcionar os investimentos para áreas já relevantes em suas economias. Paralelamente, o planejamento dos programas contempla naturalmente o curto, o médio e o longo prazo, o que inclui, dentre outros aspectos, a atração de pesquisadores estrangeiros, a fim de desenvolver ou complementar projetos considerados vitais para uma empresa ou mesmo um determinado setor.

O conhecimento atual sobre nanotecnologia possibilita a convergência de áreas do saber, como a biotecnologia, por exemplo. As regiões mais avançadas são a América do Norte, com destaque para os Estados Unidos; a União Européia, com menção da Alemanha, Reino Unido e França; e Extremo Oriente, com distinção para o Japão e China.

Contudo, há no mundo em desenvolvimento países como China, Índia, Coréia do Sul e, naturalmente, o Brasil que gradualmente se incorporam às novas tecnologias com afinco, de modo que possam acompanhar, ao menos, o ritmo intenso do crescimento da área nano.

Avalia-se que, em 2020, o mercado nanotecnológico abrangeria cerca de um trilhão de dólares. Nesse sentido, o Brasil poderia ser responsável por pelo menos um por cento da cifra – dez bilhões de dólares.

Desse modo, dois grupos estruturam-se: o de países-chave, que abarca nações cujo desenvolvimento tecnológico em nano registra-se, de modo substantivo, há muitos anos, e o de países competidores, compostos de nações com potencial significativo, como o Brasil, por exemplo. De modo sintético, Estados Unidos, Japão, Alemanha, França, Reino Unido, Canadá, Suíça, Suécia e Espanha compõem o primeiro grupo; Brasil, China, Índia, Austrália, Coréia do Sul, Cingapura, Israel e México, Formosa, o segundo.

Em termos de produção científica, o primeiro grupo produz quase 3 vezes mais que o segundo. Naturalmente, os Estados Unidos destacam-se isoladamente com o dobro da produção em relação ao segundo colocado, o Japão. No segundo grupo, a China é a presença maior, ao ter uma produção que se aproxima da metade da dos Estados Unidos. Ela supera, portanto, Alemanha, França ou Reino Unido, por exemplo.

Brasil

Ao consultar bases de dados tanto do Brasil, como a Plataforma Lattes¹, como do mundo, como a Web of Science do Institute for Scientific Information, constata-se que existem centenas de pesquisadores brasileiros altamente capacitados, com campos de pesquisa relacionados às partículas quantum, nanopartículas e nanocristais, ou seja, cristais cujas dimensões são percebidas em nanometria.

O Brasil fomenta atividades de nanotecnologia das agências e fundos setoriais do Ministério da Ciência e Tecnologia.

Além do mais, acrescenta-se que pesquisadores nacionais participam de programas no exterior, seja em programas de cooperação, seja em programas de doutoramento ou pós-doutoramento. As instituições mais representativas, por ordem de publicação, que podem variar levemente ao longo dos anos, são: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e Universidade de Brasília (UnB).

Destacam-se também: Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em São Paulo, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Dentre os subtemas pesquisados, o termo nanocompósito registra a presença de um número significativo de pesquisadores. Isso decorre da possibilidade deste tema gerar, no curto prazo e médio prazo, vários produtos com tecnologia de base nano.

¹ De acordo com o CNPq, “A Plataforma Lattes representa a experiência do CNPq na integração de bases de dados de currículos e de instituições da área de ciência e tecnologia em um único Sistema de Informações, cuja importância atual se estende, não só às atividades operacionais de fomento do CNPq, como também às ações de fomento de outras agências federais e estaduais. Dado seu grau de abrangência, as informações constantes da Plataforma Lattes podem ser utilizadas tanto no apoio a atividades de gestão, como no apoio à formulação de políticas para a área de ciência e tecnologia. O Currículo Lattes registra a vida pregressa e atual dos pesquisadores sendo elemento indispensável à análise de mérito e competência dos pleitos apresentados à Agência”. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/conheca/con_apres.htm>. Acesso em: 22 fev. 2007.

Verifica-se que, no conjunto de termos-chave mais recorrentes na literatura internacional (nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, nanotubos, quantum-dots, nanocristais, nanomateriais), o Brasil registra atividades de pesquisa importantes, ainda que em um plano ainda não comparável ao eixo norte-atlântico.

Presença mais modesta é na atividade de fulerenos, que se encontram na terceira posição em termos de estabilidade do carbono, tendo sido descobertos há pouco mais de 20 anos – o primeiro e o segundo são respectivamente o diamante e o grafite.

Em relação ao incentivo de bolsas de produtividade do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a quantidade maior encontra-se em setores extremamente competitivos como química, física e engenharia, permeadas de nanotecnologia e nanociência. Em termos de pesquisa, sobressaem nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, partículas quantum, nanotubos e nanocristais – saliente-se que um bolsista pode, muitas vezes, estar associado a mais de um termo.

Na distribuição geográfica, os bolsistas localizam-se, em sua maioria, na região Sudeste, com São Paulo em primeiro lugar e responsável por quase metade da produção por causa da Universidade de São Paulo e da Universidade Estadual de Campinas. Em seguida, o Rio de Janeiro figura com a Universidade Federal do Rio de Janeiro e Minas Gerais, com a Universidade Federal de Minas Gerais.

Logo depois, há a Universidade Federal de São Carlos, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a Universidade Estadual de São Paulo (Unesp), a Universidade Federal de Pernambuco, a Universidade Federal do Paraná, a Universidade de Brasília, a Universidade Federal do Ceará e o Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, situado em São Paulo.

Com vistas ao mapeamento das competências nacionais em um plano mais amplo, o Brasil destaca-se em nanoestruturas, nanomateriais, nanoestrutura, nanocompósitos, nanocristais, nanobiotecnologia e partículas quantum. Outra característica relevante é o número significativo de estudantes de graduação, de modo que os programas de iniciação científica adquirem um peso importante no despertar do assunto.

Dos temas estudados e conjugados com nanotecnologia, observa-se que os resultados mostram vinculação significativa com política industrial (semicondutores e eletrônica), políticas públicas (energia, meio ambiente, fármacos, saúde e alimentação) e setores onde o país apresenta alta competitividade, entre eles o setor químico e o petroquímico. Além do mais, registrem-se: metal-mecânico, agronegócio, telecomunicações, metalurgia, construção civil, aeroespacial, defesa, etc.

Na prática, o mercado poderia disponibilizar ao consumidor novos produtos como cosméticos, tecidos mais resistentes, filtros de proteção solar mais eficientes e de maior duração; na medicina, novos marca-passos e remédios contra diversos tipos de câncer.

Por fim, não há dúvidas de que a atração, a formação e a fixação de pessoas na área de nanotecnologia deve amparar-se em programas de incentivo voltados para diferentes níveis de estímulos nas unidades acadêmicas – graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado.

Além do mais, a cooperação internacional exerce naturalmente um papel não apenas de complemento, mas também de fomento ao desenvolvimento das atividades no país e de ramos vindouros na nanotecnologia, de maneira que ela deve ser mantida de modo regular, com vistas sempre ao longo prazo.

Assim, o país deve ter uma política de Estado destinada a garantir a fixação de quadros de alto nível, de maneira que capacite profissionais tanto para o setor privado como para o público e possa, por conseguinte, manter regularmente políticas vinculadas à propriedade intelectual, transferência de tecnologia e prospecção em ciência e tecnologia.

Outra questão significativa relaciona-se com a cooperação científica entre os diferentes grupos de pesquisa no país. Ela precisaria ser bem mais estimulada, a fim de aproveitar, de modo intenso, a expertise e as facilidades instrumentais já existentes.

A partir disso, o trabalho na elaboração de projetos de aquisições de equipamentos e facilidades de grande porte poderia ter seu uso compartilhado por diversas instituições públicas como universidades, laboratórios de pesquisa, fundações, ministérios, de forma que os recursos seriam mais bem aproveitados e os resultados seriam ampliados.

Paralelamente, a identificação de cadeias de conhecimento e competências poderia acelerar o desenvolvimento de produtos nanotecnológicos com destinação comercial não só para o mercado interno, mas externo, área em que há uma dinâmica de crescimento maior, conforme comprova o desempenho da balança comercial brasileira nos últimos anos. Especial atenção deverá ser dedicada à América do Sul, região que mais absorve manufaturados brasileiros.

É possível observar a nanotecnologia como um campo disseminado e dinâmico do conhecimento. Será comum a quebra de paradigmas. Em virtude das características da economia brasileira, voltada, entre outros aspectos, para o desenvolvimento industrial como fator de progresso e para a manutenção da competitividade do parque industrial, faz-se mister manter, de modo elevado, a pesquisa fundamental e a formação de recursos humanos.

Para tanto, o Brasil se capacita para garantir a geração e o progresso do conhecimento científico e tecnológico e, por conseguinte, estender os benefícios dele advindos, a fim de impulsionar o desenvolvimento interno e atingir os indicadores sócio-econômicos mais próximos dos países desenvolvidos por organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas.

Deste modo, o Brasil tem importante capacidade de pesquisa em nanotecnologia que pode ser diretamente apontada para a solução de problemas específicos como o desenvolvimento de novas drogas para doenças como malária e dengue, por exemplo.

Em considerando que o conhecimento sobre nano será estratégico para o desenvolvimento robusto e contínuo do Brasil tanto em 2015 como 2022 – marcos temporais estratégicos - um dos desafios futuros do governo e da sociedade civil será o de promover inovações tecnológicas que agreguem os avanços da biotecnologia, infotecnologia e nanotecnologia ao mesmo tempo.

Para tanto, será necessária maior interação entre centros de pesquisa e desenvolvimento e empresas, de maneira que as novas tecnologias gerem empregos e auxiliem a promoção do crescimento econômico. Nessa linha, há de se considerar que os avanços desenrolam-

se em ritmo inexorável, de forma que todo conhecimento novo poderia migrar, em tese, para a área comercial.

A razão maior para isso é que se a comercialização for demorada, ainda mais em uma área cujo desenvolvimento é extremamente dinâmico, empregos e patentes podem ser transferidos até mesmo para outros países, a despeito de o Brasil dispor de pesquisadores de qualidade internacional, mercado consumidor significativo e mão-de-obra com custo inferior à média do de outros países, em especial os mais avançados.

Nesse sentido, o governo poderia, por meio do BNDES, estipular linhas especiais de crédito para empresas cujos centros de pesquisa estejam comprometidas com estudos de nanotecnologia. Além do mais, parcerias entre laboratórios de universidades públicas e instituições de pesquisa poderiam ser firmadas por meio de convênios, de modo que haja uma diminuição entre o tempo da descoberta e o da comercialização.

Os setores a que o Brasil poderia dedicar-se mais seriam o de fármacos, o de energia, o de biomedicina e o de eletrônica, adequando-se, desta forma, ao comportamento mundial.

Por fim, há outro aspecto estratégico que não pode ser desprezado: a regulamentação da atividade nanotecnológica, a fim de conciliar padrões éticos e culturais do Brasil com as vertentes de pesquisas atuais e futuras.

Por conseguinte, há de se estipularem normas: de segurança dos trabalhadores, ambientais, de segurança dos consumidores e de privacidade na área de saúde, tanto no serviço público como no setor médico-hospitalar e previdenciário e rural.

A regulamentação se faz necessária para que não haja propostas de moratória por grupos de interesse nas pesquisas em face da incerteza que as nanotecnologias poderiam ocasionar no cotidiano da sociedade. Outro lado a ser levado em conta é que países mais avançados poderiam dificultar exportações do Brasil, ao alegar barreiras fitossanitárias ou ausência de padronização na fabricação de certos produtos.

América do Norte

Estados Unidos

Desde 1996, o planejamento na área nano intensifica-se, de maneira que, em 2001, seria constituída a Iniciativa Nacional de Nanotecnologia com dotação quadrienal. Em 2007, os investimentos em ciências físicas ultrapassariam por parte do Instituto Nacional de Tecnologia a quantia de mais de meio bilhão de dólares e contemplaria, entre outros, a área de nano.

A responsabilidade pela coordenação cabe ao Conselho Nacional de Tecnologia e Ciência, estabelecido em 1993, em cuja titularidade encontra-se o próprio Presidente da República, de forma que possibilite a sua composição com a maior parte do primeiro escalão ministerial do país e, conseqüentemente, proporcione condições políticas para o bom andamento das atividades.

É importante ressaltar que, ao agregar diversas instâncias administrativas superiores, há uma maior sinergia, de maneira que a convergência entre projetos é potencializada.

A ênfase no estímulo à pesquisa e desenvolvimento justificou-se a partir do Relatório James Murday, publicado em 2003, de cuja conclusão se extraiu a perspectiva de que a nanotecnologia geraria, em 20 anos, cerca de um trilhão de dólares em todo o mundo, especialmente nas áreas de materiais, eletrônica, fármacos e produtos químicos.

A execução do projeto concentra suas verbas em pesquisa e no apoio a centros de excelência, por meio de parcerias – previa-se a criação de dez novas unidades, com recursos em torno de 3 milhões de dólares para cada um deles, que se somariam aos 17 já existentes. Um dos objetivos é ampliar o número de cientistas capacitados para lidar com nano.

Cabe aos centros integrar pesquisa e educação, ao congregiar universidades, laboratórios públicos federais e corporações, de modo que o conhecimento seja verticalizado, ou seja, compartilhado entre as várias instituições, a fim de que não haja sobreposição de estudos.

Além do mais, os centros de instrumentação são disponibilizados para os usuários das universidades, laboratórios e indústrias, de maneira que se realce o processo de comercialização das inovações geradas e, portanto, se visualize mais facilmente a materialização dos resultados.

Canadá

O Canadá era um dos poucos países industrializados sem um programa direcionado claramente à nanotecnologia. Ao considerar-se a renda *per capita* canadense e a norte-americana, o investimento nanotecnológico canadense era seis vezes menor. Até 2003, o setor não foi priorizado no orçamento do governo canadense. No entanto, em 2001, criou-se um programa conjunto entre o governo federal, o governo de Alberta e a Universidade de Alberta. Seu objetivo é elevar a pesquisa na área para o âmbito mundial.

União Européia

Alemanha

A Alemanha encabeça um programa amplo de nanotecnologia, baseado em centros de competência que agregam empresas, universidades e instituto de pesquisas. A coordenação fica sob a responsabilidade geralmente de uma universidade ou instituto de pesquisa.

O país localiza-se em primeiro lugar em termos de geração de conhecimento na área nano. Um dos pontos singulares do encaminhamento alemão é a participação de grandes conglomerados do país nas pesquisas também.

França

Os programas franceses recebem financiamento do Estado, como o Ministério da Pesquisa, Ministério da Economia, Finanças e Indústria, o Fundo

Nacional de Ciência ou os Fundos de Pesquisa e Tecnologia, por meio de agências de pesquisa, como o Centro Nacional de Pesquisa Científica, Comissão de Energia Atômica ou a Agência nacional de Inovação – de acordo com um relatório americano, o Centro Nacional de Pesquisa e Ciência foi o maior investidor em pesquisas direcionadas para a nano.

Com o objetivo de facilitar a interação entre centros de pesquisas públicos e privados, estabeleceram-se 3 redes de interesse comum. Mesmo assim, muitos projetos foram desenvolvidos isoladamente, o que dificulta a sua aplicação em muitos setores industriais.

A partir de 2002, elaborou-se o Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia, financiado, dentre outros, pelo Ministério da Pesquisa e Centro Nacional de Pesquisa e Ciência. Em 2007, novo projeto, com verbas de mais de 4 bilhões de dólares, seria lançado em parceria do governo com grandes grupos industriais, como Motorola, Philips, entre outros.

Reino Unido da Grã-Bretanha e Irlanda do Norte

Os centros de pesquisa britânicos concentram esforços no setor de nanotecnologia desde 1986, ao incentivar a convergência entre universidades, indústrias e laboratórios governamentais; deste modo, antecipou-se em dez anos em relação à Iniciativa Nacional de Nanotecnologia dos Estados Unidos.

No país, pesquisa-se bastante nos setores de nanofabricação e nanotecnologia molecular e menos nas áreas de engenharia e medicina. O Ministério da Defesa financia também projetos de seu interesse em nanotecnologia. Todavia, se comparado à Alemanha ou Suíça, o investimento britânico por parte das multinacionais é baixo.

Espanha

A situação do país é complexa. Não obstante a existência de grupos qualificados, não há uma política estratégica efetiva para impulsionar o desenvolvimento nanotecnológico e direcioná-lo para as necessidades das indústrias e mercados locais.

Com base nessa realidade, o Ministério da Ciência e Tecnologia aprovou uma Ação Estratégica em Nanotecnologia, materializada no Segundo Plano Nacional de Investigação Científica, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (2004-2007), cujo objetivo é apoiar a investigação e o controle de materiais em escala nanométrica, ao financiar principalmente projetos de pesquisa de interesse industrial.

Há no país mais de cem grupos de pesquisa, que formaram a rede NanoSpain, com o objetivo de incrementar a troca de informações e facilitar o financiamento de projetos específicos por parte do governo. A NanoSpain é financiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia.

Holanda

A Organização Neerlandesa de Pesquisa Científica financia cerca de uma centena e meia de programas de pesquisa em universidades e institutos. O setor nanotecnológico é considerado prioritário pelo governo. O Ministério da Economia investe dezenas de milhões de dólares no programa NanoNed/Nano-Impuls no qual participam oito institutos.

Além dos investimentos do governo, a Fundação Nacional de Ciência, a Comissão Européia e algumas instituições privadas financiam também programas de pesquisa em nano. A participação de empresas privadas é baixa, o que proporciona ao país resultados insuficientes em relação à comercialização, se comparada à intensidade da pesquisa.

Apesar de o Ministério da Defesa não financiar projetos de nanotecnologia para fins militares, o seu similar norte-americano contribui para o projeto Biomade, no qual participa uma companhia holandesa, que se baseia na construção de um biossensor capaz de identificar a presença de antraz – o dispositivo seria incorporado ao uniforme.

A Holanda não possuiu nenhum programa totalmente dedicado ao incentivo de nanotecnologia. Entretanto, em 2003, estabeleceu-se a Plataforma de Inovação que recebeu vultosos recursos. O objetivo dela é incentivar a interação entre pesquisadores e empreendedores com a finalidade de criar novos produtos e, deste modo, ampliar as possibilidades de participação no mercado mundial.

Suécia

Pesquisa e desenvolvimento têm tradicionalmente muita prioridade no pequeno país – basta observar o percentual em relação ao PIB, que se situa em torno de 4%. Em linhas gerais, a pesquisa básica realizada nas universidades é complementada por fundos de conselhos, agências e fundações específicas. O resultado é extremamente positivo: apenas em 2003, as patentes obtidas a partir dos projetos governamentais renderam mais de 3 bilhões de dólares.

Apesar de não ter um programa especificamente voltado para a pesquisa nanotecnológica, o governo investe, desde 2001, em temas correlacionados, dezenas de milhões de dólares. Atividades militares relacionadas com nanotecnologia recebem também verbas vultosas, com o objetivo de equiparar a eficiência o país com a dos mais desenvolvidos.

Suíça

Conhecida por sua tradição em tecnologias de precisão, os suíços são os maiores investidores per capita – em torno de 25 mil dólares por ano. Desde 1990, há um sistema de inovação, representado por agências nacionais e regionais, por fundações e por indústrias privadas, que chegam a ultrapassar mais de 150, com resultados expressivos.

Um dos programas mais importantes é o de Ciência Nanoescala, financiado pelo Centro Nacional de Competência em Pesquisa, cujos trabalhos agregam mais de uma centena de cientistas de universidades, institutos de pesquisa e indústrias.

Irlanda

O Roteiro Nacional de Nanotecnologia estabeleceu um cronograma inicial de 40 anos – 1980 a 2020. Na primeira parte, realizada entre 1980 e 2000, consolidou-se o setor de nanoferramentas e reconheceu-se o nascimento do campo de nanomateriais.

No segundo, em andamento, deseja-se a consolidação da área de nanomateriais. Na última parte, haveria a materialização das pesquisas em novos produtos e processos, disponibilizados pela incorporação de nanodispositivos e nanossistemas.

As principais áreas de pesquisa são eletrônica, farmacêutica, equipamentos médicos – com a participação de empresas nacionais start-ups, ou seja, companhias iniciantes iniciais em fase de arranque, bem como multinacionais - agricultura, polímeros e plásticos e construção – com a

presença de grupos irlandeses. Nas universidades, as pesquisas concentram-se em nanoferramentas, nanomateriais, nanodispositivos e nanossistemas.

Programas supranacionais europeus

A União Européia constituiu um programa de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento nanotecnológico, ao valorizar projetos com interface na área. O objetivo estratégico é fortalecer suas indústrias, de forma que aumente a sua competitividade internacional.

Investimentos de diversos países são feitos em ciência da vida, genoma, biotecnologia, aeronáutica, alimentação, desenvolvimento sustentável etc. Da Europa, extraem-se Alemanha, Suíça e Reino Unido como os maiores investidores.

A avaliação dos resultados ocorre por meio das publicações científicas, das aplicações de patentes e da transferência de tecnologia para setores industriais. Muitos países, a fim de facilitar a captação de recursos da União Européia, organizam-se em redes.

Ásia

A região do Pacífico é uma das mais desenvolvidas em torno do setor nanotecnológico. Desde o ano 2000, por causa da Iniciativa Nacional Norte-Americana, a nanotecnologia é prioridade, com verbas acima de um bilhão de dólares e com uma participação cada vez maior das empresas privadas. Todavia, os países de lá não possuem um organismo como a Comissão Européia, apesar dos esforços do Japão para coordenar as redes de trabalho.

Japão

O Conselho Japonês de Ciência e Tecnologia considerou, em 2001, a nanotecnologia como a base da ciência para o século XXI, com destaque para as áreas de ciências da vida, informações e telecomunicações, meio ambiente e materiais. O orçamento para o quadriênio girou em torno de 30 milhões de dólares anuais, o que não inclui, de modo geral, as universidades.

Os dois principais órgãos no país - responsáveis por 90% dos recursos destinados à nanotecnologia - são o Ministério da Economia, Comércio e Indústria e o da Educação, Esportes, Ciências e Tecnologia, que financia pesquisa básica, sem expectativa de que haja resultados em tecnologias industriais ou mesmo em novos produtos no curto prazo – menos de dez anos.

Há ainda no Ministério o projeto de pesquisa em nanotecnologia chamado de Laboratórios Virtuais, cujo objetivo é o desenvolvimento de tecnologias estratégicas. O Conselho Japonês de Ciência e Tecnologia estabeleceu também dez áreas de pesquisa em três setores estratégicos, propostos pelo Ministério da Educação em 2002. Por fim, registre-se que o país possui mais de 500 laboratórios de pesquisa vinculados à nanotecnologia.

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Industrial Avançada, que é uma Instituição Administrativa Independente do Ministério da Educação, é uma organização com 15 instituições de pesquisa, com mais de 3 mil pesquisadores. Em abril de 2004, o instituto Nacional de Ciências Materiais lançou um programa – Projeto Centro Internacional para Jovens Pesquisadores - com o objetivo de atrair pesquisadores estrangeiros.

O trabalho do Instituto Nacional relaciona-se muito às empresas – por exemplo, a Agência de Tecnologia e Ciência do Japão e a empresa NEC desenvolveram um nanodispositivo por meio do qual é possível criar ou impedir um canal condutor elétrico, ao alongar-se a ponte metálica controlada por reação eletroquímica interna ao eletrólito sólido. Deste modo, há a produção de chips menores e mais rápidos e com um custo menor.

China

Com vistas ao desenvolvimento industrial, o país investe bastante em ciência e educação. Desde 1985, há uma reformulação da área de pesquisa e desenvolvimento, que reformulou o trabalho dos centros de pesquisa, incluindo, a partir de 2001, a possibilidade de subcontratação de projetos de pesquisa a organizações privadas de pesquisadores.

Saliente-se que, assim como acontece em outros assuntos, não há informações oficiais disponíveis ou mais pormenorizadas sobre o orçamento destinado totalmente à nanotecnologia pelo governo chinês. Os dados foram obtidos, em geral, a partir de notícias e de documentos de pesquisadores, por consulta a meios eletrônicos.

As principais agências de financiamento de pesquisa em nano no país são a Academia Chinesa de Ciências, a Fundação Nacional de Ciências Naturais da China, o Ministério da Educação, o Ministério da Ciência e Tecnologia e o Comitê Nacional de Desenvolvimento e Planejamento. O financiamento da Fundação Nacional de Ciências Naturais e do Ministério da Educação volta-se para a pesquisa básica realizada, em sua maior parte, nas universidades.

Há cerca de 50 universidades, 20 instituições e mais de 100 companhias realizando pesquisa e desenvolvimento, de acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia. A China planejou gastar entre 250 e 300 milhões de dólares no período de 2001 a 2005 em nanotecnologia e ter iniciativas mais incisivas para alcançar a Coreia do Sul, em termos de fundos específicos destinados à área.

A Academia Chinesa de Ciências é a maior organização do país, com 110 instituições de pesquisa, dezenas de milhares de pesquisadores e quase

20 mil estudantes de pós-graduação. O seu orçamento anual é estimado em cerca de 600 milhões de dólares. Destaque-se que, em face do crescimento acelerado do produto interno bruto do país, o orçamento dedicado ao campo de nano poderia aumentar em escala significativa.

Mesmo assim, a verba dedicada à pesquisa em nanotecnologia é sempre muito baixa para o lugar que o país ocupa atualmente na economia internacional: dez anos de pesquisa lá são comparáveis ao orçamento de apenas um ano dos Estados Unidos.

A Academia Chinesa de Ciências obtém resultados importantes na pesquisa de nanotubos de carbono, nanopartículas e pós, bem como conduz pesquisas em nanomateriais fotocatalíticos com aplicações na descontaminação de água, superplasticidade e extensibilidade de nanomateriais de cobre e materiais super-anfifóbicos, mas ela necessita de maior investimento em pesquisa de nanodispositivos quânticos e moleculares.

A Academia Chinesa de Ciências é uma das instituições mais citadas na área de nanotecnologia, porém atrás da Universidade Berkeley e do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, ao figurar entre as instituições com mais de 100 artigos publicados no período de 1992 a 2002.

Nesse mesmo momento, a China ocupou a terceira posição em número de patentes depositadas, sendo responsável por 12% do total mundial, atrás de Estados Unidos com 32% e Japão com 21% respectivamente.

A fim de incrementar a comercialização de pesquisa e desenvolvimento, criaram-se muitas subsidiárias nas principais instituições. Muitas ainda adquirem experiência em negócios para crescer. Nos últimos anos, cerca de mil empresas foram criadas no país, segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia. A maior parte das empresas se concentra em Xangai (35%), Beijing/ Pequim (30%) e Shenzhen (15%).

Ao comparar-se com Estados Unidos e Japão, a China demandaria mais infra-estrutura para comercialização nas indústrias de alta tecnologia, principalmente no campo dos dispositivos (*devices*).

Todavia, na área de aplicação de materiais, o país é competitivo, mas há ainda uma substancial lacuna entre a pesquisa básica e a indústria eletrônica.

No campo da biotecnologia, as aplicações de nanotecnologia na medicina chinesa poderiam ser de interesse da indústria.

Há duas estratégias de implementação da nanotecnologia: curto e longo prazo. A primeira é integrar a nanotecnologia com indústrias tradicionais e desenvolver produtos com qualidade competitiva em relação aos consumidores.

Para conseguir a comercialização da nanotecnologia, a China estabeleceu o Centro de Engenharia e Indústria de Base, próximo da capital e de Xangai; no longo prazo, o desejo é reforçar a ciência básica e aumentar a competitividade global da nanociência e nanotecnologia no país.

Deste modo, o governo investiu 33 milhões de dólares para construção do Centro de Pesquisa Nacional de Nanociência e Tecnologia, que abrigaria as melhores instituições do país como a Universidade de Pequim e a Academia Chinesa de Ciência.

O crescimento nanotecnológico avança bastante nos últimos anos, especialmente por causa do aumento de verbas para pesquisa e desenvolvimento. A província de Beijing planejou gastar 2 bilhões de dólares até 2005, sendo metade do valor provindo da iniciativa privada.

No começo de 2004, China e Formosa iniciaram a construção do Parque Industrial de Nanociência e Tecnologia Industrial em Xian, capital da província de Shaanxi, na própria China. O centro já lançou 20 programas em pesquisa de supercondutores e nanotecnologia. Deste modo, Xian é um centro emergente de tecnologia.

China - Hong Kong²

O estímulo à pesquisa e desenvolvimento provém de duas fontes básicas: o Conselho de Apoio à Pesquisa e o Fundo de Tecnologia e Inovação. O primeiro financia primordialmente pesquisa básica em universidades enquanto o segundo apóia universidades, mas também empresas com o objetivo de melhorar a produtividade e a criação de novas

² Hong Kong atualmente é uma das duas regiões administrativas especiais, que são divisões políticas da China. A outra é Macau, administrado por Portugal até 1999.

empresas. Uma das preocupações dos dois organismos é evitar a superposição administrativa.

As verbas destinadas ao Fundo são maiores que as deslocadas ao Conselho. Seus projetos duram entre dois e três anos e referem-se, desde 2001, ao setor de nanomateriais, com emprego, por exemplo, na área têxtil. Nesse sentido, o vestuário poderia ser resistente ao ultravioleta, manchas e bactérias, isto é, seriam os tecidos inteligentes, adaptados a diferentes ambientes.

Destaque-se que o país é o segundo exportador de tecidos e roupa globalmente. Em 2002, a Comissão de Inovação Tecnológica lançou esforços para melhorar a convergência comercial entre os diferentes setores, com a finalidade de aproveitar o excelente potencial de cada um deles.

Coréia do Sul

O país é extremamente competitivo em setores como semicondutores, mas precisa investir mais em áreas de materiais e tecnologia básica. Nesse sentido, o governo aprovou um bilhão e 300 milhões de dólares para pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia entre 2001 e 2010. Desde 2003, o governo empreende esforços para implementar a Lei de Promoção ao Desenvolvimento Nanotecnológico. Do total de investimentos, cerca de 2/3 provêm do Estado sul-coreano.

Em 2003, a Sociedade de Pesquisadores de Nanotecnologia da Coréia do Sul passou a acompanhar o desenvolvimento da política de ciência e tecnologia do país. O seu objetivo é ser o primeiro em determinados nichos industriais.

Três ministérios participam na capacitação do setor: Ciência e Tecnologia; Comércio, Indústria e Energia; e Informação e Comunicação. O país já colhe resultados expressivos desde 2002, conforme o relatório da Agência de Patentes Coreanas.

Empresas também colaboram para o resultado. A LG, por exemplo, investe na nanotecnologia voltada para produtos de limpeza, beleza e cuidados com a saúde, ao avançar em campos como a desodorização, melhora da qualidade do ar e purificação da água.

Cingapura

A Agência de Ciência, Tecnologia e Pesquisa é o principal organismo financiador e, desde 2001, enxerga no setor nanotecnológico a possibilidade de fornecer inovações industriais. Nesse sentido, o alvo prioritário são os setores eletrônico, químico e biomédico.

O Comitê de Desenvolvimento Econômico de Cingapura é outro organismo que destina verbas para o setor industrial. Além do mais, ele busca atrair parcerias internacionais, de forma que possibilite aumentar o grau de comércio.

Formosa

Os programas nacionais de sistemas microeletromecânicos (SMEM) do país começaram em 1996, criados pelo Conselho Nacional de Ciência e pelo Ministério de Assuntos Econômicos. Eles já produzem resultados comerciais expressivos. Desde 1998, o Conselho estabeleceu três centros nacionais de sistemas microeletromecânicos, com facilidades de Pesquisa e Desenvolvimento.

Em 2003, o programa do sistema de microeletromecânico foi incluído no Programa de Tecnologia e Ciência Nacional em Nanotecnologia. Deste modo, o país subiu na classificação mundial em termos de investimento em alta tecnologia a partir de 2001 e conseguiu transferir rapidamente o conhecimento para o setor industrial. Houve forte interesse em desenvolver polímeros condutores de eletricidade que possam substituir resistores e capacitores.

O investimento em nanotecnologia iniciou-se em 2003 a partir da criação dos Laboratórios Nacionais de Pesquisa Aplicada, reunidos em seis módulos já existentes na área de investigação científica. Os Laboratórios Nacionais não têm fins lucrativos e seus recursos provêm do Conselho Nacional de Ciência.

Eles foram instituídos com o objetivo de construir uma organização nacional que coordenasse os trabalhos com mais eficiência e com mais flexibilidade, a fim de auxiliar o funcionamento do setor industrial do país, diante da concorrência crescente por mercados internacionais.

Os Laboratórios Nacionais de Dispositivos em Nano, estabelecidos em 1988, têm como função principal apoiar a indústria de semicondutores, particularmente em Cincho – o ‘Vale do Silício’ formosiano.

Tendo por base a nanolitografia, eles são um dos maiores do mundo em pesquisa e desenvolvimento de semicondutores e nanoeletrônicos. A par disso, as principais indústrias do país formaram com órgãos governamentais a Associação de Promoção da Industrialização em Nanotecnologia, voltada para a coleta e distribuição de fundos e subsídios para a pesquisa em nano.

Índia

A Iniciativa de Tecnologia e Ciência Nacional da Índia foi estabelecida em 2001 e tem por metas, além da pesquisa e desenvolvimento, a disseminação do ensino e da promoção da interação entre indústrias de nano e áreas conexas.

Colaborações internacionais acontecem nas áreas de nanocompósitos, nanopartículas e outros materiais nanoestruturados. Um exemplo é o Centro de Nanomateriais com parcerias com distintos países como Rússia, Ucrânia, Japão, Alemanha e Estados Unidos.

Situação similar à de outros países, a Índia reconhece a lacuna existente entre pesquisa e sua comercialização posterior. Havia poucas empresas *start-ups* no país, o que ensejou a necessidade de implementar incubadoras de nanotecnologia e de envolver pequenos e grandes investidores.

Atualmente, algumas companhias privadas investem em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, em universidades e em instituições governamentais, devido ao interesse em progredir mais substantivamente a nanotecnologia com finalidade comercial.

No entanto, o quadro mais comum são as universidades e centros de pesquisa com trabalhos implementados de modo isolado, o que naturalmente diminui a velocidade do crescimento tecnológico. A indústria acaba por utilizar os serviços e as facilidades dos laboratórios para resolver problemas bastante específicos no curto prazo.

Todavia, houve mudanças como a instituição de um laboratório privado de sistema microeletromecânico em 2001, parceria entre o Instituto Indiano de Ciência e Cranes Software International. O objetivo é criar uma nova cultura em negócios de micro e nanotecnologia, ao gerar sinergia entre instituições públicas de pesquisa e indústrias privadas.

Comparativamente, a Índia investe pouco na pesquisa de nanotecnologia. Os Estados Unidos, por sua vez, têm grande orçamento para a área e recrutam pesquisadores de várias universidades ao redor do mundo, especialmente os de etnia indiana. A intenção é reduzir a curva de

aprendizagem (*learning curve*), uma vez que se levam recursos e muito tempo na obtenção de profissionais especializados.

Malásia

A nanotecnologia é classificada como atividade estratégica pelo governo. O Instituto Malaio de Avanço Científico foi constituído com a finalidade de aprimoramento do grau de conhecimento científico dos doutores do próprio país.

Essa instituição envia os pós-graduados inclusive para o exterior, não obstante a qualidade já adquirida no país. Ressalte-se que o governo maláσιο almeja voltar as tecnologias para o setor industrial, de modo que intensifique o potencial de crescimento nas perspectivas comerciais.

Tailândia

Há alguns anos, o país estabeleceu o Centro Nacional de Nanotecnologia, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia e da Agência de Desenvolvimento de Tecnologia Nacional. Dentre seus objetivos, estabeleceram-se a coordenação das atividades acadêmicas, industriais e governamentais; a agregação dos pesquisadores e educadores da área e a identificação de nichos em nano, a fim de ampliar a competitividade.

Um dos problemas enfrentados em bionanotecnologia havia sido a falta de recursos humanos para promover a totalidade dos projetos de pesquisa. A saída foi enviar graduados para pós-graduação no Japão, Austrália e Estados Unidos, além naturalmente da Europa.

Além do mais, há mais seis universidades e cinco laboratórios tailandeses desde o início da década atual que se dedicam notadamente ao estudo de nanopartículas, nanotubos e sistemas microeletromecânicos.

Israel

O governo israelense possui um programa de nanotecnologia vinculado à “Iniciativa Nanotecnológica Nacional de Israel”, com ênfase na convergência de esforços entre academia, governo e indústria, visto que os recursos disponíveis são considerados insuficientes.

As áreas a que se destinaram mais importância foram defesa, eletrônica, energia, meio ambiente e dessalinização. Nesse sentido, foi necessário reforçar a infra-estrutura de cada área específica e, ao mesmo tempo, evitar a fragmentação dos projetos nas diversas instituições.

O governo busca ampliar os investimentos por meio de parcerias com a iniciativa privada e por meio de reorientação do Ministério da Defesa, visto que as indústrias de lá não teriam condições por si mesmas de financiar projetos desde o estágio inicial.

O papel das universidades israelenses é visto como crucial. Outrossim, destina-se grande importância para os setores de nanomaterial, nanobiotecnologia e nanooptoeletrônico.

Acrescente-se que uma das maiores preocupações de Israel é com a escassez de água potável não só na região médio-oriental, mas no mundo todo, tópico não observado com a mesma intensidade em outros programas de nanotecnologia de países avançados.

Assim, há um interesse grande em utilizar-se a nanotecnologia para a dessalinização da água em proporções significativas. Deste modo, o governo israelense espera tornar-se líder mundial em tecnologias de purificação de água.

Recentemente, anunciou-se a criação de uma parceria científica com o estado da Geórgia, nos Estados Unidos, ao visar ao estabelecimento do maior centro de nanotecnologia norte-americano. A finalidade desta parceria é tornar Israel o principal centro de nanotecnologia do Oriente Médio.

Como as start-ups recebem investimentos de fundos de capital de risco após dois anos de maturação, as futuras aplicações poderiam ser reduzidas, o que poderia comprometer o desenvolvimento de novas tecnologias e empresas.

África

África do Sul

O país não tinha até recentemente uma política exclusiva de nanotecnologia. A Iniciativa de Nanotecnologia da África do Sul foi instituída em 2002 com o objetivo inicial de mapear as necessidades nacionais, delinear as estratégias a serem utilizadas e determinar as fontes de financiamento para pesquisa e desenvolvimento.

Uma das principais preocupações do governo sul-africano é a endemia da síndrome de deficiência imunológica adquirida (AIDS/ SIDA), de forma que vários projetos, científicos e sociais, destinam-se ao controle da disseminação da doença.

Curiosamente, a maioria das patentes depositadas na África do Sul foi de empresas depositárias no Brasil, com as mesmas palavras-chaves. Isso se deve a dois fatos: como o Brasil, ela tem uma indústria química importante com presença de capitais nacionais e de tecnologias locais; como o Brasil, ela não dispõe de uma indústria importante de equipamentos de tecnologias da informação.

Oceania

Austrália

O Conselho de Pesquisa da Austrália é o principal organismo financiador de ciência e tecnologia no país. Uma de suas cinco prioridades é o estudo de nanomateriais, com destaque para o ramo da ciência fundamental.

O setor público desenvolve, em diferentes instâncias, ao lado da iniciativa privada, vários projetos comuns. Em 2001, o governo central lançou um programa de capacitação voltado para o longo prazo e cuja dotação destinava-se ao financiamento de pesquisa multidisciplinar e desenvolvimento da infra-estrutura.

Dentre os projetos, a área de materiais e partículas é um dos aspectos fortes, sendo um dos resultados obtidos as nanopartículas de óxido de zinco, que desfrutam da capacidade de absorver raios ultravioletas. Elas se tornaram muito populares no país, ao representar cerca de 60% do mercado de bloqueadores solares.

Setor privado

As referências sobre as diversas atividades desenvolvidas nos países descritos ao longo do texto foram amparadas em informações dos bancos de patentes e dos noticiários especializados. Deste modo, extraem-se, até o momento, as seguintes considerações:

Não há propriamente uma indústria de nanotecnologia, similar, por exemplo, à têxtil, automobilística, siderúrgica, eletrônica etc. Nesse sentido, ressalte-se que o debate em torno de curvas de crescimento em S não faria sentido;

A tecnologia de origem nano bastante é difusa, ao vincular-se a todos os setores da economia e influenciar o desenvolvimento de novos produtos e processos. Atualmente, os principais setores da indústria em que se aplicam a nanotecnologia são a química e a microeletrônica.

Destaque-se que isso é fruto do grau do conhecimento da nova tecnologia, obtido a partir de investimentos financeiros significativos ao longo de anos, e do porte global das empresas desses dois setores, o que permite aplicar, do ponto de vista geográfico, quase simultaneamente todas as inovações

Registre-se que, ao empregar a nova tecnologia, as taxas de crescimento superam as dos demais setores, onde há a utilização das técnicas ainda tradicionais. Naturalmente, o mercado assiste, de modo acelerado, à chegada dos produtos nanotecnológicos.

Acrescente-se apenas que parte dos produtos incorporou avanços não designados necessariamente como nano, visto que não há um consenso entre a indústria sobre como identificar os novos produtos – exemplo maior é o cruzamento em termos de linguagem entre nanotecnologia e biotecnologia.

Graças a ela, a indústria como um todo aguarda respostas específicas para as suas demandas, de maneira que muitos empregos futuros substituirão muitos dos atuais. Desta forma, esperam-se grandes inovações para alguns produtos e processos como em informática, telefonia, química, propriedades de materiais e manufatura de precisão, por exemplo.

Inúmeras empresas depositam suas patentes nos países em que tradicionalmente operam. Isto demonstra que as estratégias empresariais de desenvolvimento nanotecnológico vinculam-se às suas estratégias de acesso e preservação de mercados.

Por outro lado, há vários países em que o patenteamento interno é representado majoritariamente por instituições de pesquisa e universidades, muitas delas públicas. Destacam-se os Estados denominados sobre o acrônimo Brics (Brasil, Rússia, Índia e China).

Áreas prioritárias

O exame dos portfólios de patentes e das tendências de extensão das patentes permite que identificar os tópicos e os temas que reúnem as maiores expectativas de aplicação prática em nanotecnologia em todo o mundo. Ao referenciar o Brasil, por exemplo, destacam-se as seguintes instituições: Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ufrgs).

Dentre os termos encontrados com mais patentes, há as nanoesferas, nanocompósitos, nanocápsulas, nanofiltração, nanométrica e nanocristalino. No campo da tecnologia da informação (TI) e da microeletrônica, a ausência de empresas de porte deve-se à pouca produção brasileira em semicondutores e equipamentos de TI.

Uma suspensão das atividades de Nanotecnologia?

Mencione-se que há uma movimentação organizada com o objetivo de alertar os possíveis riscos da aplicação de nanotecnologia – para muitos, seria necessária uma suspensão ou mesmo a necessidade de banimento de produtos nano.

A fim de proteger-se disso, visto que há pessoas de destaque no movimento, várias empresas não empregam a palavra nano na descrição de seus produtos ou de seus processos. Outras privilegiam produtos e processos que utilizem matérias-primas bastante conhecidas - por exemplo, o número de patentes de nanocompósitos poliméricos com argilas é bem superior ao de nanocompósitos poliméricos com nanotubos de carbono.

Embora a nanotecnologia introduza materiais desconhecidos na natureza, não há isto, de modo geral, em relação às nanopartículas: as de ouro, por exemplo, são utilizadas há séculos; as de prata, desde a primeira metade do século XX; por fim, as de óxido de ferro existem nas águas de muitos locais pelo mundo, com destaque para a região Sudeste do Brasil.

Todavia, nanotubos de carbono e fulerenos são substâncias químicas recentes e o seu uso disseminado poderia ocorrer tão-somente depois de se conhecer o seu ciclo de vida no ambiente, bem como as suas propriedades toxicológicas. Na prática, isto significa que os produtos nanotecnológicos deverão ser empregados com o mesmo cuidado empregado em todas as novas substâncias utilizadas.

Últimas considerações

Todos os países inovadores têm programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes, no mesmo patamar ou muito próximos aos de biotecnologia, de tecnologias da informação e de meio ambiente. Em geral, todos os países têm alvos econômicos definidos.

A nanotecnologia é difusa, de modo que inúmeras empresas desenvolvem produtos com as novas tecnologias, embora, como já mencionado, por motivos distintos, algumas optem por não identificá-los como tal.

Dessa maneira, a gama de atividades que pode ser não só entendida como classificada como nanotecnologia abrange setores de pesquisas tradicionais como a química e a física, passando por campos que abarcam as ciências dos materiais, biotecnologia e outras, o que comprova as características altamente difusoras da nanotecnologia. Até há alguns anos, o Brasil não tinha presença tão constante na área, algo que se modifica correntemente.

Nesse sentido, ao ser a nanotecnologia uma área bastante interdisciplinar, não se observa, a princípio, uma visão precisa de todos os aspectos vinculados com cada uma das disciplinas relacionadas. Todavia, a fundamentação de seu desenvolvimento ampara-se, de modo intenso, nas atividades de cientistas e engenheiros.

Destaque-se que, na escala nanométrica, não seria mais possível distinguir, de modo extremamente preciso, as propriedades químicas e físicas na descrição dos nanossistemas, que dependem fundamentalmente da forma como são sintetizadas, arranjadas estruturalmente e aplicadas.

Assim, a divisão entre nanociência e nanotecnologia não tem, na prática, significado. Por isso que, em muitos casos, como na divulgação de novos produtos, o termo nanotecnologia recobre o vocábulo nanociência.

O crescimento previsto para os mercados de produtos nanotecnológicos é muito superior ao de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares. Desta forma, as aplicações atuais de nanotecnologia e as dos mercados nos próximos anos são mais evolucionárias que revolucionárias,

ao concentrarem-se nas áreas de determinação de propriedades de materiais, produção química, manufatura de precisão e computação.

Por fim, o Brasil não pode, de modo algum, subestimar as oportunidades que a nanotecnologia traz para o desenvolvimento dos processos industriais do presente e, em especial, do futuro. Seus avanços podem inclusive melhorar a qualidade de vida de toda a sociedade, ao possibilitar o aperfeiçoamento técnico da produção, de forma que haja um melhor aproveitamento no emprego das matérias-primas e, ao mesmo tempo, uma menor emissão de poluentes.

Nesse sentido, o Brasil já dispõe de boas condições para sobressair no cenário internacional na área de nanoprodutos. O que falta correntemente é uma maior sinergia entre os setores de pesquisa e desenvolvimento e os de produção e comercialização, de maneira que o país possa estar cada vez mais presente no comércio internacional.

Com produtos de maior qualidade e de menor custo, o Brasil só tende a ampliar a sua participação no mercado mundial em termos percentuais em um momento cada vez mais competitivo em um mundo, por sua vez, cada vez mais interdependente.