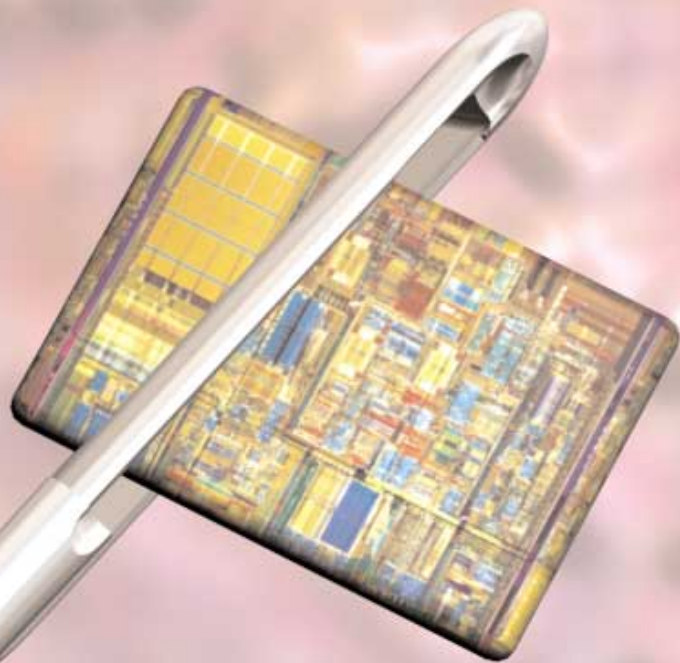


As metas da nanotecnologia: Aplicações e Implicações

Elvira Fortunato

Centro de Investigação de Materiais
Departamento de Ciência dos Materiais
Universidade Nova de Lisboa - FCT
Janeiro 2005



Nota prévia

As nanociências, as nanotecnologias e os nanomateriais são novas abordagens à investigação e desenvolvimento (I&D) que têm como objectivo controlar a estrutura fundamental e o comportamento da matéria a nível dos átomos e das moléculas. Estes domínios oferecem a possibilidade de compreender novos fenómenos e de criar novas propriedades que podem ser utilizadas à escala microscópica e macroscópica com funcionalidades excepcionais. As aplicações das nanotecnologias começam agora a surgir e terão um impacto na vida de todos os cidadãos.

As nanotecnologias estão a revelar-se um dos domínios de I&D mais promissores e de expansão

mais rápida para proporcionar um novo ímpeto à realização dos objectivos dinâmicos previstos na estratégia de Lisboa, em matéria de conhecimentos. É, todavia, crucial que seja criado um ambiente favorável à inovação, em especial para as pequenas e médias empresas (PMEs).

As nanotecnologias devem ser desenvolvidas de uma forma segura e responsável. Os princípios éticos devem ser respeitados e os riscos potenciais para a saúde, a segurança ou o ambiente devem ser estudados cientificamente, tendo também em vista a preparação de uma possível regulamentação. É necessário estudar e ter em conta os impactos sociais.

O que é a nanotecnologia?¹

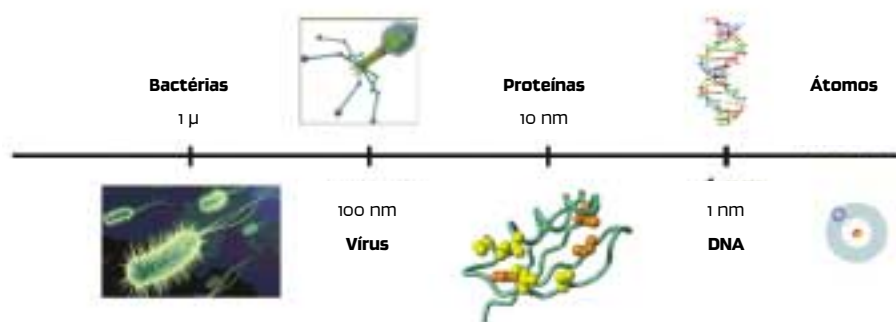
O prefixo “nano” indica extrema pequenez. Tão pequeno, de facto, que uma estrutura nanodimensionada tem de ser ampliada mais de 10 milhões de vezes para a podermos facilmente apreciar em pormenor a olho nu. A nanotecnologia refere-se a tecnologias em que a matéria é manipulada à escala atómica e molecular para criar novos materiais e processos com características funcionais diferentes dos materiais comuns. Não é apenas o estudo do muito pequeno, é a aplicação prática desse conhecimento.

$$\frac{1 \text{ metro}}{1 \text{ nanómetro}} = 10^9$$

(terra / bola de ténis)



¹ Retirado de: http://europa.eu.int/comm/research/leaflets/nanotechnology/index_pt.html



Fonte: National Institute for Nanotechnology, Canada

Há duas formas principais de entrar no nanomundo: o fabrico molecular envolve a manipulação de átomos individuais (que funcionam da base para o topo) e a ultra miniaturização que resulta em dispositivos cada vez mais pequenos (que funcionam do topo para a base).

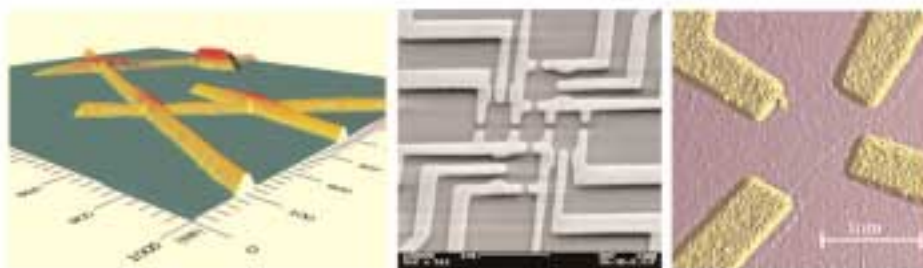
A nanotecnologia é verdadeiramente uma **ciência multidisciplinar**. Os cientistas de materiais, os engenheiros mecânicos e electrónicos e os investigadores médicos estão a trabalhar em conjunto com biólogos, físicos e químicos. A união da investigação à nanoescala deve-se à necessidade de partilhar o conhecimento sobre ferramentas e técnicas, assim como sobre conhecimentos periciais em matéria de interações atómicas e moleculares, nesta nova fronteira científica. Estão a convergir rapidamente de diferentes áreas de investigação novos e potentes conceitos e capacidades, tais como a representação por imagens e a manipulação à escala atómica, a auto-montagem e as relações biológicas estrutura-função, a par de ferramentas informáticas cada vez mais poderosas.

Por outro lado, as mudanças efectuadas nas propriedades à escala molecular de um material à nanoescala pode influenciar fortemente as suas propriedades físicas e químicas a grande escala. O próximo desafio consiste em aumentar proporcionalmente os métodos do nanofabrico para a produção em massa pela indústria. A investigação fundamental é essencial para explorar todo o potencial da nanotecnologia.

Na área da nanotecnologia, podem definir-se três vectores principais:

Nanoelectrónica

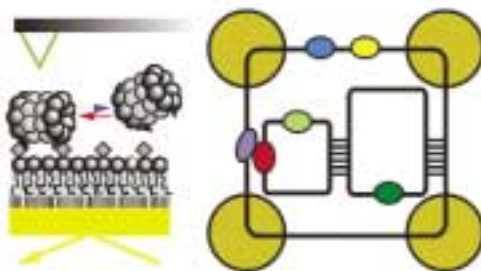
Proseguir o desenvolvimento em microelectrónica de ultra-alta compactação e miniaturização, especialmente para as tecnologias de informação e computação, mas a escalas significativamente mais pequenas, permitindo a manipulação de quantidades de informação extremamente grandes associadas a rápidas velocidades de processamento.



Fonte: School of Chemistry, University of Bristol, UK

Nanobiotecnologia

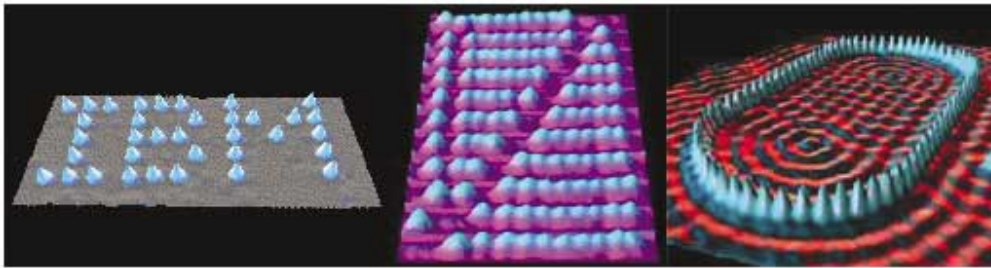
Combinar a engenharia à nanoescala com a biologia para manipular sistemas vivos ou construir materiais biologicamente inspirados a nível molecular. Promover novos bionanosensores para apoiar a investigação à escala molecular e implementar novas técnicas de diagnóstico.



Fonte: Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik (IBMT)

Nanomateriais

Controlar com precisão a morfologia à dimensão nanométrica das substâncias ou partículas para produzir materiais nanoestruturados. Ao envolver todos estes domínios que se sobrepõem, os instrumentos medem e manipulam estruturas ultra pequenas, como sejam por exemplo os microscópios de resolução à escala nanométrica.



Fonte: IBM

Importância da nanotecnologia?

As nanociências são frequentemente designadas como ciências transversais ou horizontais, dado poderem permear virtualmente todos os sectores tecnológicos. Reúnem frequentemente diferentes domínios da ciência e beneficiam com uma abordagem indisciplinar ou “convergente”, esperando-se que resultem em inovações que possam contribuir para a resolução de muitos dos problemas que a sociedade enfrenta actualmente, sendo de destacar as seguintes:

- As **aplicações médicas** incluem, por exemplo, meios de diagnóstico miniaturizados que possam ser implantados para um diagnóstico precoce de doenças. Os revestimentos de base nanotecnológica podem melhorar a bioactividade e biocompatibilidade dos implantes. Estruturas de apoio (*scaffolds*)

com capacidade de organização autónoma abrem o caminho para novas gerações de materiais biomiméticos e de engenharia tecidual, com potencial a longo prazo para a síntese de órgãos de substituição. Estão a ser desenvolvidos sistemas inovadores para administração orientada de medicamentos e recentemente foi possível canalizar nanopartículas para o interior de células tumorais, como forma de tratamento, por exemplo, térmico.

- As **tecnologias da informação** incluem meios de armazenamento de dados com densidades de gravação muito elevadas (por exemplo, 1 Terabit/polegada²) e novas tecnologias de visores plásticos flexíveis. A longo prazo, as actividades da nanoelectrónica molecular ou biomolecular, da

spintrónica e da computação quântica poderão abrir novas vias que ultrapassam as actuais tecnologias de informação e telecomunicações;

- A **produção e armazenamento de energia** podem tirar benefícios de, por exemplo, novas células de combustível ou de sólidos nanoestruturados leves com potencial para um armazenamento eficiente de hidrogénio. Estão também a ser desenvolvidas células solares fotovoltaicas eficientes de baixo custo (por exemplo, “pintura solar”). Prevêem-se poupanças de energia decorrentes de progressos em nanotecnologias que permitam um melhor isolamento e transporte, bem como uma iluminação mais eficiente;
- Os progressos no domínio da **ciência dos materiais** decorrentes da utilização de nanotecnologias são de grande alcance e espera-se que tenham repercussões em virtualmente todos os sectores. As nanopartículas já estão a ser utilizadas para o reforço de materiais ou para a funcionalização de cosméticos. As superfícies podem ser modificadas com a utilização de nanoestruturas, de forma a torná-las, por exemplo, à prova de riscos, impermeáveis, limpas ou estéreis. Espera-se que os enxertos selectivos de moléculas orgânicas por nanoestruturação da superfície tenham repercussões no fabrico de biosensores e dispositivos electrónicos moleculares. O desempenho dos materiais em condições extremas pode ser significativamente melhorado, o que fará avançar, por exemplo, as indústrias automóvel, aeronáutica e espacial;
- O **fabrico à escala nanométrica** exige uma nova abordagem interdisciplinar, tanto no que diz respeito aos processos de investigação como de fabrico. Conceptualmente, há duas vias principais: a primeira parte dos microsistemas e minituriza-os (“abordagem descendente”) e a segunda imita a natureza ao construir estruturas que partem do nível atómico e molecular (“abordagem ascendente”). A primeira pode ser associada à assemblagem e a última à síntese. A abordagem ascendente constitui uma fase de desenvolvimento inicial, mas o seu impacto é de grande alcance, com um grande potencial disruptivo para as actuais vias de produção;
- A **instrumentação** para o estudo das propriedades da matéria à escala nanométrica já está a ter um importante impacto directo e indirecto que está a estimular progressos numa vasta gama de sectores. A invenção do microscópio de varrimento com efeito de túnel (*Scanning Tunnelling Microscope*) foi um marco importante no surgimento das nanotecnologias. Os instrumentos desempenham também um papel essencial no desenvolvimento de processos de fabrico “descendentes” e “ascendentes”;
- A **investigação sobre alimentos, água e ambiente** pode avançar com progressos derivados das nanotecnologias, incluindo ferramentas para a detecção e neutralização da presença de microrganismos ou pesticidas. A origem de alimentos importados poderá ser identificada através de uma nanomarcção miniaturizada inovadora. O desenvolvimento de métodos correctivos derivados das nanotecnologias (por exemplo, técnicas fotocatalíticas)

pode permitir a reparação de danos ambientais e a despoluição (por exemplo, hidrocarbonetos na água ou no solo);

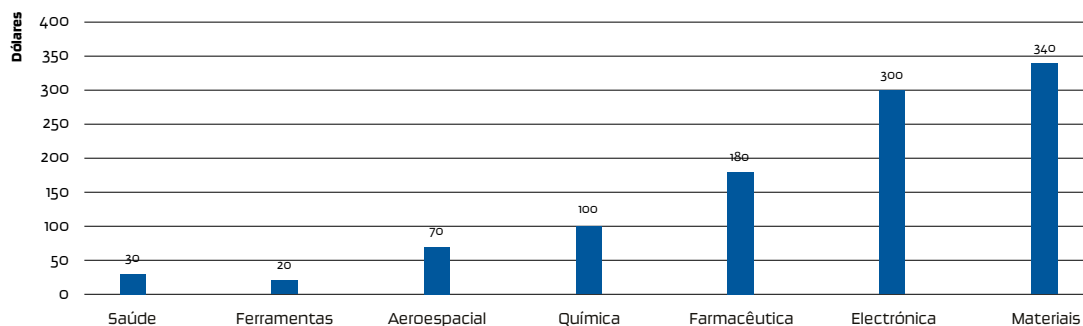
- Espera-se que a **segurança** venha a ser melhorada através, por exemplo, de novos sistemas de detecção de elevada especificidade que proporcionem um alerta precoce da presença de agentes biológicos ou químicos, até mesmo ao nível da molécula. Uma melhor protecção da propriedade, como notas de banco, poderia ser conseguida através da nanoidentificação. Estão também a ser desenvolvidas novas técnicas criptográficas para a comunicação de dados.

Já foram comercializados vários produtos derivados das nanotecnologias, entre os quais: produtos médicos (por exemplo, ligaduras, válvulas cardíacas, etc.), componentes electrónicos, tintas à prova de riscos, equipamentos de desporto, tecidos anti-rugas e anti-nódoas e cremes solares. Os analistas estimam que

o mercado para esses produtos seja actualmente de cerca de 2,5 mil milhões de euros, mas que este poderá aumentar para centenas de milhares de milhões de euros até 2010 e mais tarde para um bilião .

Na perspectiva de obter um melhor desempenho com uma menor quantidade de matérias-primas, em especial através do fabrico “ascendente”, as nanotecnologias poderão reduzir os resíduos em todo o ciclo de vida dos produtos. As nanotecnologias podem assim contribuir para a realização do desenvolvimento sustentável e dos objectivos fixados na “Agenda 21” e no “Plano de Acção sobre Tecnologias Ambientais” .

De forma a se ter uma visão sobre os impactos da Nanotecnologia, está previsto (fonte: *National Science Foundation*) que no ano de 2015 se atinjam rendimentos na casa de 1 trilião de dólares e divididos de acordo com o gráfico da figura. De realçar o papel preponderante que os materiais desempenham na área da Nanotecnologia.



Impactos Sócio-Económicos

De entre os vários impactos sócio-económicos derivados da Nanotecnologia, são de realçar os seguintes:

A) Ciências da Vida

- Diagnóstico rápido de doenças
- Tratamentos não invasivos
- Introdução de drogas “inteligentes”
- Nanomedicina (nanorobots)
- Tecidos artificiais
- Ligação entre sistema nervoso e circuitos integrados

B) Tecnologias da Informação e Comunicação

- Integração à escala atómica de circuitos integrados “inteligentes” e multifuncionais
- Integração de sistemas tradicionais com sistemas biológicos
- Dispositivos e sistemas à escala molecular
- Filmes ultra-finos para a electrónica e fotónica
- Dispositivos quânticos e de electrónica singular
- Electrónica transparente e flexível
- Mostradores

C) Energia, Transportes e Ambiente

- Nanopartículas e nanomateriais para a conversão e armazenamento de energia
- Novos revestimentos (tecidos) resistentes à corrosão
- Novas tecnologias de separação (membranas e catálise)
- Sensores
- Ecomateriais
- Materiais culturais

D) Aeroespacial

- Materiais nanocompósitos
- Células solares de elevado rendimento
- Sensores
- Materiais ultra leves e ultra resistentes
- Electrónica de baixo consumo

Anexo: Estimativa do financiamento público em nanotecnologias

(De salientar que os dados apresentados a seguir foram derivados de várias fontes²)

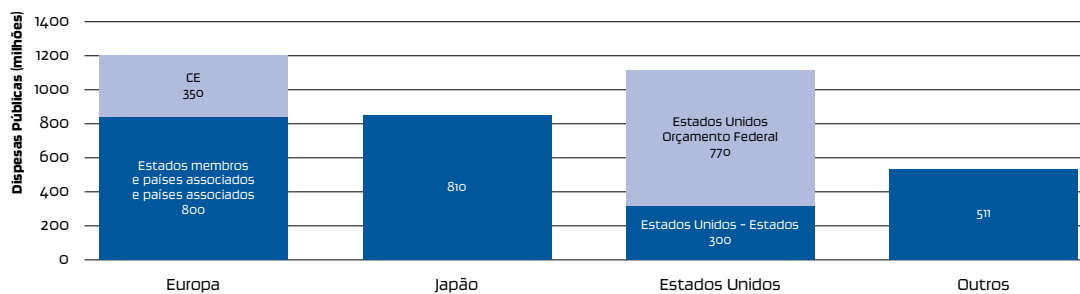


Figura 1 - Níveis gerais de despesas públicas em nanotecnologias em 2003 para: Europa (incluindo CH, IL e NO como países associados ao 6º PQ), Japão, EUA e outros (1€ = 1\$)

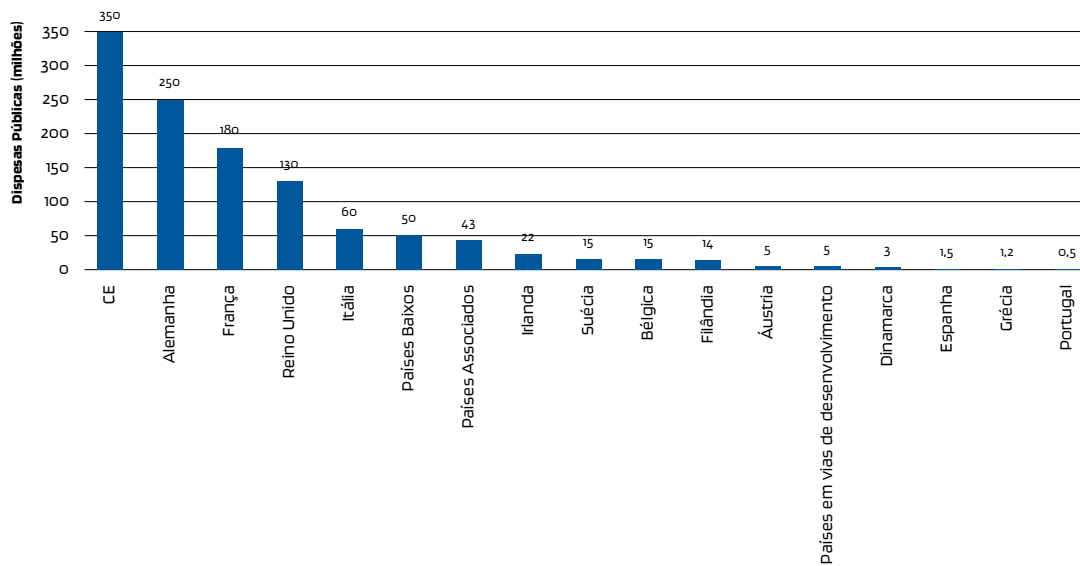


Figura 2 - Nível de financiamento para a UE-15 juntamente com alguns países em vias de adesão (CZ, LV, LT, SI) e os principais países associados (CH, IL e NO) e a CE, em euros em termos absolutos em 2003.

² Ásia (APNF ATIP, nABACUS); Europa [*Bundesministerium für Bildung und Forschung* (Alemanha), *Enterprise Ireland*, Secretariado-Geral para a Investigação (Grécia), *Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche* (França), Nanoforum, Pontos de Contacto Nacionais, base de dados CORDIS sobre nanotecnologias, várias fontes]; EUA (NSF); outros (várias fontes).

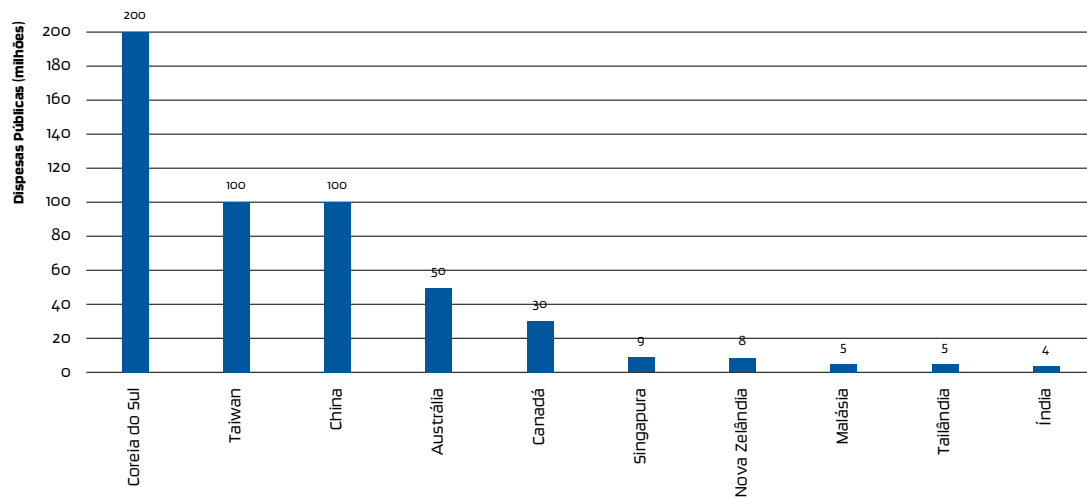


Figura 3 - Nível de financiamento de grandes países terceiros (excluindo os EUA e Japão) com programas de nanotecnologias, em dólares, em termos absolutos, em 2003. As potencialmente grandes diferenças no poder de compra devem ser tidas em consideração ao ler estes dados.

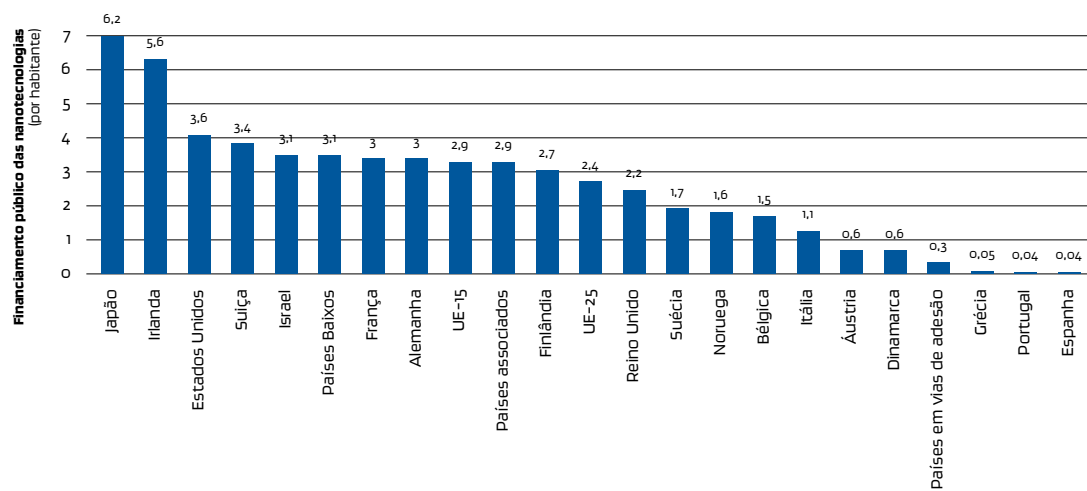


Figura 4 - Níveis comparativos de financiamento entre a UE-15, alguns países em vias de adesão da UE-25 (CZ, LV, LT e SI), principais países associados ao 6º PQ (CH, IL e NO), EUA e Japão, numa base per capita em 2003 (1€ = 1\$).