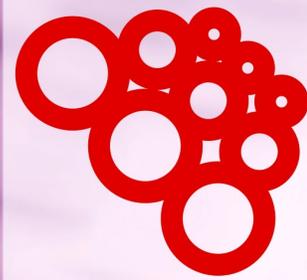


Nanotecnologia



Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República

Estudos estratégicos

Nanotecnologia

2004/2005

Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República

Esplanada dos Ministérios

Bloco "A" – 5º Andar

70054-900- Brasília, DF – Tel. (55.61) 34114811 – FAX (55.61) 33221303

<http://www.nae.gov.br> e-mail: nae@planalto.gov.br

As opiniões, argumentos e conclusões apresentadas nos documentos que compõe este Estudo são de exclusiva responsabilidade dos autores.

Estudos Estratégicos / Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.
(dez. 2004). — Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2004.

1.Nanotecnologia 2. Nanociência 3.Desenvolvimento científico

Sumário:

Parte I — Estratégia Institucionais e de Empresas	06
Introdução.....	06
Estados Unidos.....	08
National Science Foundation (NSF).....	10
Departamento de Energia (DOE).....	11
National Institutes Of Health (NIH).....	11
Japão.....	12
Alemanha.....	16
França.....	17
Reino Unido.....	19
Canadá.....	20
Espanha.....	21
Holanda.....	24
Suécia.....	26
Suíça.....	27
Ásia e Austrália.....	28
China.....	30
Hong Kong.....	38
Coréia.....	41
Austrália.....	47
Cingapura.....	49
Taiwan.....	57
Índia.....	64
Malásia.....	67
Tailândia.....	69
Israel.....	70
Irlanda.....	82
África do Sul.....	86
Comunidade Européia.....	88
Casos de Atividades Internacionais.....	91
Atividades de Empresas.....	92
Patenteamento em Nanotecnologia.....	93
Extensão de Patentes Para Outros Países.....	94
Portfólios de Patentes de Empresas Seleccionadas.....	108
Uma Moratória em Nanotecnologia?.....	117
Principais Conclusões.....	118
Parte II — Atividade Prospectiva em Nanotecnologia: Desenvolvimento Científico da Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos (janeiro1994 - julho 2004)	
Apresentação.....	121
Pressupostos Norteadores.....	122
Estratégia Metodológica.....	122

Definição de Termos-Chave de Busca e a Base de Dados.....	123
Visão Geral da Produção Científica em Nanociência e Nanotecnologia no Mundo.....	124
Análise da Produção Científica nos Países-chave.....	127
Análise de Produção Científica dos Países-competidores.....	131
A Situação do Brasil.....	138
Considerações Finais e Conclusões.....	141
Parte III — Atividade Prospectiva em Nanotecnologia: Mapeamento das Competências no País em Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos (1994 – 2004)	
Apresentação.....	144
Introdução.....	145
Estratégia Metodológica.....	145
Visão Global das Competências no País.....	146
Competências Identificadas na base Web of Science.....	148
Competências Identificadas na base Plataforma Lattes.....	150
Diretório de Grupos de Pesquisas (DGP).....	150
Bolsista de Produtividade do CNPq.....	155
Complementação do Mapeamento das Competências Nacionais.....	158
Considerações Finais.....	164
Parte IV: — Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia: NanoDelphi: Relatório Final	
Sumário Executivo.....	168
Apresentação.....	170
Introdução.....	171
Objetivo da Consulta Delphi.....	174
Metodologia utilizada.....	175
O método Delphi.....	176
A consulta Delphi em N&N.....	177
Quadro 01 – Definição de critérios, escalas e métricas associadas.....	181
Quadro 02 – Nível de conhecimento dos respondentes.....	182
A Consulta Delphi – Uma visão dos resultados.....	182
O Universo consultado.....	182
Quadro 03 – Universo consultado – 1ª Rodada.....	182
Quadro 04 – Universo consultado – 2ª Rodada.....	183
Quadro 05 – Áreas de formação dos respondentes.....	184
Quadro 06 – Gênero dos respondentes.....	185
Quadro 07 – Faixa etária dos respondentes.....	186
Setores x horizonte temporal.....	186
Quadro 08 – Os 5 setores mais votados.....	186
Áreas e tópicos de pesquisa x critérios.....	187
Quadro 09 – Lista de tópicos tecnológicos em N&N – Todos os critérios – Todos os respondentes.....	190
Quadro 10 – Lista de tópicos tecnológicos em N&N – todos os critérios conhecedores e Especialistas.....	191
Quadro 11 – Tópicos tecnológicos – Lista Final.....	193
Conclusões.....	194

Estudos Estratégicos

Parte I

Nanotecnologia: Estratégias Institucionais e de Empresas

Autores
Fernando Galembeck e
Márcia Maria Rippel

Instituto de Química da Unicamp
e
Instituto do Milênio de Materiais Complexos

Introdução

Este é o relatório final do estudo de prospecção tecnológica em nanotecnologia coordenado pelo CGEE, por encomenda do Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, enfocando as “estratégias adotadas em diferentes programas institucionais existentes no mundo para a promoção da inovação tecnológica baseada em nanotecnologias e análise dos investimentos realizados pelo setor privado”, contendo:

- Dados e análise de programas nacionais e internacionais. Neste caso, as informações foram obtidas de documentos oficiais, *sites* de Internet ou noticiário da imprensa ou de boletins especializados.
- Dados coletados sobre as atividades de P&D de empresas, à luz das patentes depositadas e de notícias sobre iniciativas e investimentos realizados pelo setor privado. Esta estratégia foi adotada face à óbvia dificuldade de se conseguir dados confiáveis dos investimentos realizados por empresas ou pessoas físicas, por duas razões. Em primeiro lugar, porque empresas não revelam suas estratégias, a não ser para provocarem reações do mercado e isso se aplica, obviamente, às estratégias de inovação. Em segundo lugar, porque há uma óbvia contaminação do noticiário com informações de partes interessadas.

A opção pela análise de patentes utiliza informação depositada em bancos de dados públicos, que, portanto é verificável e revela o elemento mais sólido do *pipeline* de inovação de qualquer empresa, que é o seu portfólio de propriedade intelectual. Obviamente, esta estratégia não informa sobre a parte sigilosa do portfólio das empresas, que de qualquer forma só é acessível *a posteriori*.

Ao longo do estudo, revelou-se a enorme distância que existe entre o noticiário sobre nanotecnologia contido na mídia leiga e a realidade da inovação em nanotecnologia, demonstrada pelas estratégias de patenteamento das empresas e pelo noticiário econômico. Ou seja, existe uma nanotecnologia *real*, geradora de produtos e processos, que já atinge (em 2004) muitos bilhões de dólares anuais, e, uma nanotecnologia *da mídia*. É muito importante notar que esta última afeta fortemente alguns programas nacionais, provavelmente elaborados por pessoal acadêmico ou funcionários de governo pouco informados sobre a dinâmica da inovação.

Essa observação fez com que as informações obtidas, tanto do noticiário leigo quanto do econômico, fossem sempre examinadas criticamente à luz das informações sobre patentes e vice-versa.

Já na fase final de elaboração deste relatório foram divulgados os documentos publicados pela Royal Society e Royal Academy of Engineering.¹ São dois documentos de altíssima qualidade, que colocam corretamente as questões centrais da nanotecnologia *real*, abordando com seriedade as questões científicas fundamentais que presidem ou limitam a nanotecnologia bem como as questões de natureza ética.

Uma outra observação metodológica é que este relatório reproduz dados, textos e expressões copiadas diretamente das fontes, sempre que possível. Este procedimento foi adotado para manter a maior fidelidade possível às fontes e para minimizar os erros de tradução ou mesmo de interpretação de termos.

¹ *RS Policy documents* 19 e 20/04, editados pela The Royal Society e Royal Academy of Engineering.

Programas nacionais

Nesta seção, são apresentados dados relativos aos seguintes países: Estados Unidos, Japão, Alemanha, Espanha, França, Reino Unido, Holanda, Suécia, Suíça, China, Hong Kong, Coreia, Austrália, Cingapura, Taiwan, Índia, Malásia, Tailândia, Israel, Irlanda e África do Sul.

O exame de documentos relativos aos programas nacionais permite algumas conclusões:

1. **Todos os países** inovadores têm programas em nanotecnologia, que é uma das principais áreas do fomento à P,D&I, ao lado da biotecnologia, tecnologias da informação e meio ambiente.
2. Os volumes de recursos dedicados à nanotecnologia são **crescentes** e estão na **mesma ordem de grandeza** dos dedicados às outras grandes áreas de fomento, mas são freqüentemente menores que os das outras três áreas (Figura 1).
3. Os programas são desenhados de maneira a engajarem **o maior número possível de participantes**, seja de empresas, seja de instituições acadêmicas ou de pesquisa.
4. Cada programa nacional tem **características próprias muito nítidas**, refletindo as peculiaridades da economia e do sistema de fomento de cada país, seja em aspectos tradicionais seja em tendências recentes.
5. Os programas estão fortemente **vinculados às estratégias nacionais de competitividade e desenvolvimento econômico**, refletindo claramente o efeito de alguns fatores: o perfil da atividade econômica do país, seus recursos humanos e a história recente de desenvolvimento tecnológico.
6. Os programas têm alvos de curto, médio e longo prazo que estão nitidamente associados às **perspectivas de aproveitamento econômico dos resultados**, em cada país.
7. Muitos programas têm elementos de **atração de pesquisadores de outros países**, seja por meio da oferta de emprego, seja com a disponibilidade de condições excepcionais de pesquisa, evidenciando que o principal insumo da nanotecnologia é o pessoal de P&D.

Portanto, **todos os países inovadores têm programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes e do mesmo nível que a biotecnologia, tecnologias da informação e meio ambiente. Todos os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade, portanto têm características próprias, mas sempre engajando o maior número possível de participantes. Todos têm alvos econômicos definidos, compatíveis com as características da produção industrial do país.**

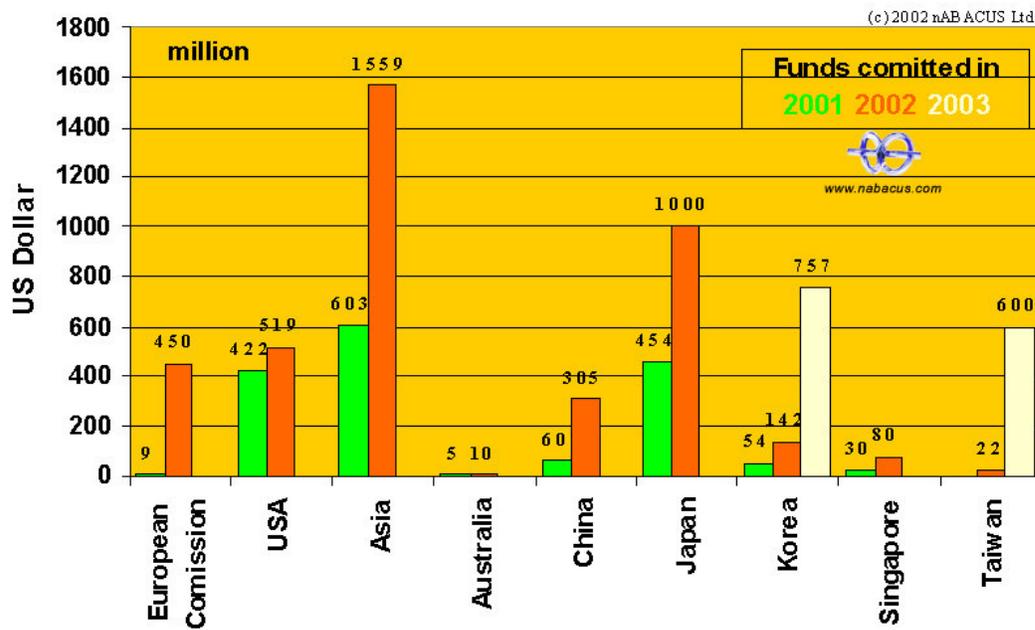


Figura 1.

Evolução recente dos orçamentos nacionais para as atividades de nanotecnologia. Apesar de ser reproduzido com uma certa frequência, este gráfico contém pelo menos um erro sério: o valor atribuído a Taiwan em 2003 é o total dos orçamentos de nanotecnologia de Taiwan, até esse ano.

Estados Unidos

O programa americano é um grande guarda-chuva motivador de atividades de P,D&I em áreas essenciais à competitividade econômica, mas que vinham tendo alguma dificuldade em manterem linhas importantes de fomento, como as ciências da matéria e engenharias. Essas áreas também mostravam dificuldades em atrair jovens pesquisadores, uma tendência que agora mostra sinais de inversão.

As atividades de prospecção e planejamento datam de 1996 e a NNI (*National Nanotechnology Initiative*) foi criada oficialmente em 2001, com uma dotação quadrienal.² Em 2005, será iniciado um novo quadriênio, com dotação global de US\$3,7 bilhões.³ A NNI é coordenada pelo grupo NSET (*Nanoscale Science, Engineering and Technology*) do NSTC (*National Science Technology Council*). Toda a administração federal do país participa da NNI.⁴

² Fonte: www.nano.gov

³ A lei, denominada *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*, foi assinada pelo presidente George W. Bush em dezembro de 2003. Fonte: Forbes/Wolfe Nanotech Report no site www.forbes.com

⁴ Participam o Department of Agriculture, Department of Commerce, Department of Defense, Department of Energy, Department of Health and Human Services, Department of Homeland Security (includes Transportation Security Administration), Department of Justice, Department of State, Department of Treasury, Center for Disease Control and Prevention, Environmental Protection Agency, Food and Drug Administration (FDA), Intelligence Community, National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Institutes of Health (NIH), National Institute of Standards and Technology (NIST), National Science Foundation (NSF), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Nuclear Regulatory Commission.

Esse maciço engajamento é justificado pelo relatório Murday,⁵ considerando que a nanotecnologia irá gerar negócios da ordem de US\$ 1 trilhão nos próximos 20 anos, em todo o mundo, especialmente nas áreas de materiais, eletrônica, fármacos e produtos químicos.

O programa concentra suas dotações no fomento a pesquisa e também apóia centros e redes de excelência, estimulando parcerias. Está prevista a criação de dez novos centros e redes de excelência, e de centros de instrumentação. Os primeiros terão dotação de US\$ 3 milhões cada um,⁶ com as seguintes prioridades: *fundamental research, grand challenges, educating future scientists and engineers* e fazendo a integração entre pesquisa e educação, reunindo universidades, laboratórios federais e o setor privado, verticalizando o conhecimento nanotecnológico. Os centros de instrumentação deverão estar disponíveis para os usuários de universidades, laboratórios e indústrias, criando uma oferta de serviços sofisticados de forma a agilizar a comercialização das inovações produzidas.

A evolução recente dos recursos está mostrada na Tabela 1.⁷

Tabela 1. Participação das agências e volume de recursos de fomento dentro da NNI (*National Nanotechnology Initiative*) (US\$ milhões).

Departamento Federal ou Agência	2003	2004 "Appropriated "	2005 "Requested"
National Science Foundation (NSF)	221	254	305
Department of Defense	322	315	276
Department of Energy	134	203	211
National Institutes of Health (NIH)	78	80	89
NIST ⁸	64	63	53
NASA	36	37	35
Environmental Protection Agency	5	5	5
Homeland Security (TSA) ⁹	1	1	1
Department of Agriculture	0	1	5
Department of Justice	1	2	2
TOTAL	862	961	982

No ano fiscal de 2005 as prioridades da NNI são:

- *research to uncover new phenomena and properties of materials at the nanoscale;*
- *research to enable the nanoscale as the most efficient manufacturing domain;*
- *innovative nanotechnology solutions to biological-chemical-radiological-explosive detection and protection;*
- *nano-biosystems and medicine;*
- *nanoelectronics beyond CMOS;*
- *development of instrumentation and standards;*
- *environmental and health issues;*
- *the education and training of the new generation or workers for the future industries;*

⁵ James S. Murday, Diretor do National Nanotechnology Coordination Office e chefe da Divisão Química do Naval Research Laboratory. Status Report on the (various) National Nanotechnology Initiative (s). **2003**, no site www.nano.gov

⁶ Somando-se aos outros já existentes, são 27 centros. Fonte: www.nano.gov/html/centers/nmicenters.html

⁷ Rocco, M. C. National Nanotechnology Investment in the FY 2005 Budget Request. Em www.nsf.gov/home/crssprgm/nano/2005budget.htm

⁸ National Institute of Standards and Technology

⁹ Transportation Security Administration

- *partnerships to enhance industrial participation in the nanotechnology revolution.*

National Science Foundation (NSF)

O orçamento desse órgão, de US\$5,5 bilhões em 2004, destaca os gastos em áreas prioritárias (US\$467 milhões em 2004) e concentra a maior parte desses gastos nas atividades de nanotecnologia, segundo a Tabela 2.

Tabela 2. Distribuição orçamentária por área prioritária na *National Science Foundation*¹⁰ (US\$ milhões)

	AF 2003	AF 2004	AF 2005 Requeste d	Incremento	
				AF 2004	
		Appropriated		Amount	Percent
Biocomplexity in the Environment	70,28	99,83	99,83	0,00	0,0%
Human and Social Dynamics	4,46	24,24	23,25	-0,99	-4,1%
Mathematical Sciences	60,42	89,09	89,11	0,02	0,0%
Nanoscale Science and Engineering	222,46	253,51	305,06	51,55	20,3%
Workforce for the 21st Century	N/A	N/A	20,00	20,00	N/A
Total	\$357,62	\$466,67	\$537,25	\$70,61	15,1%

Entre 2003 e 2004 houve uma redução de 7% na participação da nanotecnologia, mostrada na Figura 2, que foi compensada pelo aumento no volume total de recursos das áreas prioritárias, de cerca de 30%.

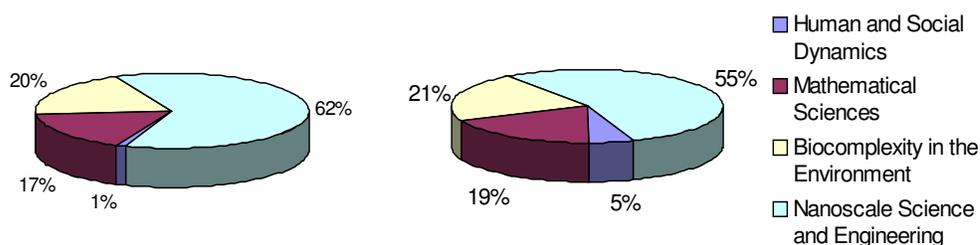


Figura 2. Distribuição de recursos entre as áreas prioritárias da NSF, em 2003 (esquerda) e 2004 (direita). O fato de o orçamento de a NSF ter-se mantido constante, entre

2003 e 2004, enquanto o orçamento das áreas prioritárias aumentou, mostra que esse aumento não pode ser atribuído a recursos novos, mas sim a uma transferência de recursos dentro do mesmo órgão. Por outro lado, a NSF é o principal órgão executor do orçamento americano de nanotecnologia, sendo responsável por mais de 30% da NNI.

Por sua vez, a distribuição de recursos dentro do *item Nanoscale Science and Engineering*, na NSF, está descrita na Tabela 3.

Tabela 3. Orçamentos das divisões da NSF *para Nanoscale Science and Engineering* (em milhões de dólares).¹¹

¹⁰ <http://www.nsf.gov/bfa/bud/fy2005/tables.htm#overview>

¹¹ <http://www.nsf.gov/bfa/bud/fy2005/tables/STRATEGICOUTCOMES/PITO-06.xls>

Nanoscale Science and Engineering					
(Dólares em milhões)					
				Incremento	
	2003	2004	2005	2004	
			Solicita do	Valor	%
Biological Sciences	2,98	5,31	5,85	0,54	10,2%
Computer and Information Science and Engineering	11,14	15,79	19,40	3,61	22,9%
Engineering	94,35	108,88	133,81	24,93	22,9%
Geosciences	7,53	7,94	7,94	0,00	0,0%
Mathematical and Physical Sciences	103,92	111,48	132,14	20,66	18,5%
Social, Behavioral and Economic Sciences	2,32	1,56	1,50	-0,06	-3,8%
Office of International Science and Engineering	N/A	N/A	0,26	0,26	N/A
Subtotal, Research and Related Activities	222,24	250,96	300,90	49,94	19,9%
Education and Human Resources	0,22	2,55	4,16	1,61	63,1%
Total	222,46	253,51	305,06	\$51,55	20,3%

A divisão de recursos obedece a cinco focos programáticos:

- 1) *Fundamental Research and Education*: US\$ 151, 7 M
- 2) *Grand Challenges*: US\$10, 1 M
- 3) *Centers and Networks of Excellence*: aproximadamente US\$45, 9 M
- 4) *Research Infrastructure*: aproximadamente US\$28, 7 M
- 5) *Societal and Educational Implications of Science and Technology Advances*: aproximadamente US\$12, 6 M.

Departamento de Energia (DOE)¹²

Nanotecnologia representará, em 2005, 0,9% do orçamento total (US\$24,3 bilhões) e 6,2% do orçamento de pesquisa (US\$3,4 bilhões) do DOE. Serão construídos cinco novos centros, focalizando três áreas: síntese e processamento de materiais, física da matéria condensada e catálise. Uma das principais unidades desse programa é a *Molecular Foundry*, no Lawrence Laboratory (seis andares, US\$85 milhões, 8.779 m²), dedicada ao projeto, síntese e caracterização de materiais biológicos, poliméricos, inorgânicos, microfabricados e à sua integração em arranjos complexos. Outros centros estão em Oak Ridge, Sandia, Los Alamos, isto é, os tradicionais grandes laboratórios nacionais estão assumindo missões em nanotecnologia.

National Institutes Of Health (NIH)

Os programas em nanotecnologia e nanociência são administrados pelos institutos e centros de pesquisa, sob supervisão do *NIH Bioengineering Consortium* (Becon). Há planos do NIH em aumentar as pesquisas em nanotecnologia em aplicações médicas e biológicas.

¹² Fonte: Office of Science- FY 2005 Budget Request- Testimony of James F. Decker- March 24, 2004. No site www.nih.gov/news/budget/FY2005presbudget.pdf

A criação e desenvolvimento dos NDCs (*Nanomedicine Development Centers*), dentro do *NIH Roadmap*, irá dispor de US\$6 milhões¹² e terá como metas:¹³

- *characterize quantitatively the physical and chemical properties of molecules and nanomachinery in cells.*
- *gain an understanding of the engineering principles used in living cells to “build” molecules, molecular complexes, organelles, cells, and tissues.*
- *use this knowledge of properties and design principles to develop new technologies, and engineer devices and hybrid structures, for repairing tissues as well as preventing and curing disease.*

Outras iniciativas dentro do NIH são os seguintes programas:¹⁴

- *Nanoscience and Nanotechnology in Biology and Medicine*
- *Bioengineering Nanotechnology Initiative*
- *Bioengineering Research Partnerships*
- *Exploratory/Developmental (R21) Bioengineering Research Grants*

Há ainda os programas criados dentro de alguns institutos, como por exemplo o *NHLBI Programs of Excellence in Nanotechnology do National Heart Lung and Blood Institute*.^{15,16}

Japão¹⁷

Considerando a nanotecnologia o alicerce da ciência e tecnologia do século 21, o *Japanese Council for Science and Technology* estabeleceu quatro áreas ou campos chaves de importância estratégica, que constam de seu *Science and Technology Basic Plan*, publicado em 2001.^{18,19} *Life Sciences, Information and Telecommunications, Environment e Nanotechnology & Materials.*

A Tabela 4 e a Figura 3 apresentam os orçamentos destinados a essas quatro áreas estratégicas e a sua evolução nos últimos dois anos. Nesta Tabela são somados todos os orçamentos submetidos por todas as agências e ministérios. O orçamento para *science and technology* não inclui os orçamentos das universidades e organizações inter-universitárias.²⁰

¹³ Fonte: Fisher, R. S. Nanomedicine Roadmap Initiative, May, 2004. No site www.nihroadmap.nih.gov/nanomedicinelaunch.

¹⁴ Informações completas sobre os programas em nanotecnologia da NIH podem ser encontradas no site www.becon.nih.gov/nano.htm

¹⁵ Fonte: <http://www.nhlbi.nih.gov/>

¹⁶ Atualmente estão em andamento nove projetos em nanotecnologia nos NIH: FUNCTIONAL TISSUE ENGINEERING OF MUSCULOSKELETAL TISSUES; NHLBI PROGRAMS OF EXCELLENCE IN NANOTECHNOLOGY; MEDICAL REHABILITATION RESEARCH INFRASTRUCTURE; DEVELOPMENT OF CELL-SELECTIVE TOOLS FOR STUDIES OF THE BLADDER, PROSTATE, AND GENITOURINARY TRACT; NOVEL APPROACHES TO CORNEAL TISSUE ENGINEERING; NINDS EXPLORATORY / DEVELOPMENTAL PROJECTS IN TRANSLATIONAL RESEARCH; SMALL BUSINESS BIODEFENSE PROGRAM; CUTTING-EDGE BASIC RESEARCH AWARDS (CEBRA); NEUROTECHNOLOGY RESEARCH, DEVELOPMENT, AND ENHANCEMENT

¹⁷ Fonte: Nanotechnology Researchers Network Center of Japan www.nanonet.go.jp/english/info/file/nano_budget2004.pdf

¹⁸ The Science and Technology Basic Plan (2001-2005), Government of Japan, 2001, no site www8.cao.go.jp/cstp/english/s&tmain-e.html.

¹⁹ Fonte: Nanotechnology in JST Basic Research. No site www.jst.go.jp/kisoken/nanoe.html

²⁰ “The budget for science and technology does not include that for universities (excluding research institutes of national universities and inter-university joint-use facilities) and projects carried out cross-sectionally, i.e. non-research budget, which sums up to \$12.5 billion. The budget for Energy (atomic energy) contains part of that for life science. The budget of

Tabela 4. Orçamentos das quatro áreas estratégicas definidas no Science and Technology Basic Plan (2001-2005).²¹

Field	2002	2003	2004*
<i>Life Science</i>	\$ 3,278 M 19,4%	\$ 3,390 M 20,1%	\$ 3,635 M 20,9%
<i>Information & Communication</i>	\$ 1,465 M 8,7%	\$ 1,461 M 8,7%	\$ 1,465 M 8,4%
<i>Environment</i>	\$ 838 M 5,0%	\$ 907 M 5,4%	\$ 979 M 5,6%
<i>Nanotechnology & Materials Science</i>	\$ 713 M 4,2%	\$ 753 M 4,5%	\$ 783 M 4,5%
<i>Total of 8 fields (L.S., I & C, Env., Nano&Mater, Energy, Manufacturing, Social Infra e Frontier)</i>	\$ 16,896 M 100,0%	\$ 16,832 M 100,0%	\$ 17,429 M 100,0%
<i>Science & Technology</i>	\$29,930 M	\$29,930 M	\$ 30,213 M

* Valores preliminares, em milhão de dólares, de acordo com o documento *Science and Technology Policy*²² em 29 de janeiro de 2004.

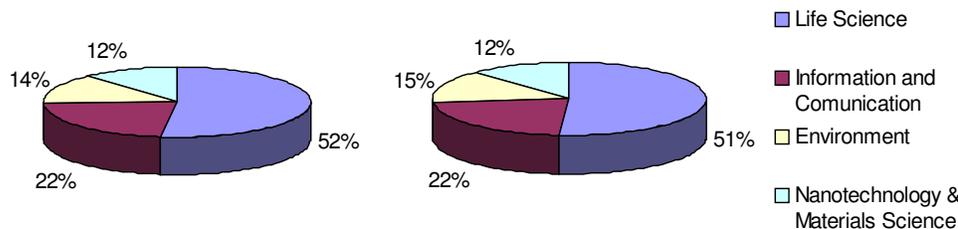


Figura 3.
Distribuição de recursos entre as principais áreas do Plano Básico de Ciência e Tecnologia do Japão, em

2003 (esquerda) e 2004 (direita).

Os dois principais ministérios, responsáveis por cerca de 90% do orçamento em nanotecnologia são o da Economia, Comércio e Indústria (METI) e o da Educação, Cultura, Esportes, Ciência e Tecnologia (MEXT)²³.

O METI, responsável pela promoção de P&D próxima da comercialização, tem um orçamento para 2004 de US\$101,4 milhões para nanotecnologia, maior do que os US\$96,7 milhões em 2003. O orçamento total do METI para ciência e tecnologia é de US\$1,15 bilhão, no qual *nanotechnology and related materials research* é uma das quatro áreas de prioridade juntamente com *information and communications*, *life science* e *environmental research*.

O MEXT financia pesquisa fundamental sem a expectativa de que novos produtos ou tecnologias industriais sejam geradas dentro de uma década. Seu orçamento para pesquisa em nanotecnologia é de US\$ 242,8 milhões (2004) registrando um aumento de 6,1% em relação ao valor destinado em 2003 que foi de US\$ 228,8 milhões. As áreas priorizadas nesse

Independent Administrative Institution is estimated from the data submitted to the Cabinet Office. The budget for competitive research fund is estimated by the Cabinet Office. The table contains about \$1.51 billion, self-funds of governmental corporations." www.jst.go.jp/kisoken/nanoe.html

²¹ Fonte: Budget for Nanotechnology & Materials Science in FY 2004. No site www.nanonet.go.jp/english/info/file/nano_budget2004.pdf

²² Contido na referência 24.

²³ Trata-se de um único ministério, com funções de quatro ministérios brasileiros.

orçamento foram: *fundamental materials research*, com um orçamento de US\$153,49 milhões e um novo programa de desenvolvimento de medicamentos (*drug-discovery program*).

Há ainda dentro do MEXT o projeto de pesquisa em nanotecnologia chamado *Virtual Laboratories* para o desenvolvimento de tecnologias estratégicas. Esse tem um orçamento de US\$ 430,7 milhões em 2004, superior aos US\$415,81 milhões destinados em 2003. O *Japanese Council for Science and Technology (JST)* estabeleceu dez áreas de pesquisa em três setores estratégicos, os quais foram propostos pelo MEXT em 2002. No total, são 106 temas de pesquisa em andamento nessas dez áreas de pesquisa como se verifica no Apêndice 1.

Uma outra atividade é o *Nanotechnology Researchers Network Centers of Japan Project*, lançado em 2002, pelo MEXT, para fornecer suporte financeiro a pesquisadores japoneses ligados à nanotecnologia, “*extending beyond the boundaries of single research fields and organizations*”. Esse projeto é gerenciado e operado pelo *NRN Project Center*. Ao todo, são 538 laboratórios de pesquisa, diretamente ligados à nanotecnologia.

O MEXT tem tomado medidas para promover a revitalização econômica do Japão por meio, por exemplo, do programa *Promotion of the Research and Development Project Aimed at Economic Revitalization (Leading Projects)* lançado em 2003.²⁴

Na área de *Nanotechnology and Materials* foram propostos os seguintes temas de pesquisa:

- “*New Elemental Device Development Utilizing Nanotechnology*” which defies all conventions of miniaturization for silicon semiconductor devices
- “*Realization of advanced semiconductor manufacturing technology such as extreme ultraviolet (EUV) development*” which creates the technological foundation for next-generation semiconductor manufacturing
- “*Development of artificial organs and artificial sensory organs that utilize nanotechnology-human body building*” which can substitute or supplement the human vital functions
- “*Development of measurement, analysis and evaluation equipment which will lead next-generation scientific technology*” that will contribute to a wide range of research and development
- “*Next-Generation Fuel Cell Project*” for the realization of high performance and low cost PEFCs (Polymer Electrolyte Fuel Cells) by high temperature operation”.

No METI é o NEDO (*New Energy and Industrial Technology*) que estabelece os programas em *Nanotechnology & Materials Science*. Atualmente os seguintes projetos estão em andamento:²⁵ *Nanostructured Polymer, Nanotechnology Glass, Metal, Particles, Nanostructure Coating, Synthetic Nano-Function Materials, Nanotechnology Material Metrology, Systematization of Nanotechnology Materials Program Results Project, Synergy Ceramics, Technology for Novel*

²⁴ “These projects have selected three viewpoints by setting a specific goal in research and development, to take the lead in an age with a breakthrough in each of projects and to acquire new markets and give an impetus to the economy, and are operated in cooperation between academies and industry from initial stage of a project, to make the most of their potential and advance research and development strategically”.

Fonte: Science and Technology: Promotion of the Research and Development Project Aimed at Economic Revitalization no site www.mext.go.jp/english/org/science/47.htm

²⁵ Fonte: Project Activities Concerning Nanotechnology and Materials, NEDO. No site www.nedo.go.jp/nanoshitsu/project/pro_act.pdf

High-Functional Materials Project, Super Metal, Frontier Carbon Technology, Advanced-Functional Materials Design Platform, Technology for an Innovative Casting Simulation System, Compound Semiconductors for High Efficiency Electro-Optic Conversion, R&D Project on Key Technologies for an Innovative Lightweight Structure.

No MHLW (Ministry of Health, Labour and Welfare) também há uma série de projetos de pesquisa em Nanotechnology & Materials nas seguintes áreas:²⁶ Nano Imaging, Nanodevices, Drug delivery systems e Public-offering-type Research.

O AIST²⁷ (The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), que é uma IAI (Independent Administration Institution²⁸) do METI começou a operar em 2001. É uma organização que reúne 15 instituições de pesquisa, sendo a maior organização de pesquisa pública do Japão e empregando cerca de 3.200 pessoas. Na área de *nanotechnology, materials and manufacturing*, os seguintes centros e institutos de pesquisa estão ligados à AIST:

- Correlated Electron Research Center
- Digital Manufacturing Research Center
- Research Center for Advanced Carbon Materials
- Nanoarchitectonics Research Center
- Diamond Research Center
- Nanotechnology Research Institute
- Research Institute for Computational Sciences
- Advanced Manufacturing Research Institute
- Materials Research Institute for Sustainable Development
- Micro-space Chemistry Lab

Em abril de 2004, um dos principais laboratórios nacionais do Japão, o National Institute for Materials Science (NIMS) lançou o ICYS, *International Center for Young Scientists Project*, destinado exclusivamente a atrair pesquisadores estrangeiros.²⁹

O trabalho deste laboratório é fortemente ligado às empresas. Por exemplo: o NIMS juntamente com a *Japan Science and Technology Agency* e a empresa NEC conseguiram desenvolver um novo nanodispositivo, chamado NanoBridge. O dispositivo usa tecnologia de liga-desliga (*switching technology*), em circuitos de estado sólido e programáveis, que utiliza uma ponte metálica em nanoescala. Por essa técnica é possível criar ou impedir um canal condutor elétrico, por alongamento da ponte metálica controlada por reação eletroquímica dentro do

²⁶ Nano Medicine Research Project. No site www.nanonet.go.jp/english/info/nanoproject/003mhlw_040303.pdf

²⁷ Fonte: site www.aist.go.jp

²⁸ *Independent Administrative Institutions* foram criadas em uma reforma administrativa, em 1997. Operam com interferência mínima dos ministérios ou agências competentes, com um alto grau de autonomia e independência para agir como entidade legal, sujeitas a procedimentos de avaliação, como as OSs e OSCIPs. JSPS Quaterly No. 3, 2002. No site www.jsps.go.jp/english/e-quart/03_winter/05.html

²⁹ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22 de junho de 2004, no site www.smalltimes.com

eletrólito sólido. Traduzindo: *chips* mais rápidos, menores e mais baratos.³⁰ Este é um dos primeiros casos concretos de uma eletrônica não-silício, de base nanotecnológica. Em 2003, muitos consórcios foram formados entre indústrias, universidades e governo, no Japão, para o desenvolvimento de nano e bionanotecnologias. Como exemplo, pode-se citar o consórcio formado pela Matsushita Electric Industrial Co. com o Tokyo Institute of Technology, Nara Institute of Science and Technology e Osaka University para o desenvolvimento de memórias de grande capacidade que utilizam circuitos de proteínas. Estão surgindo várias colaborações entre empresas, instituições e universidades não só no Japão, mas também em outros países, como é o caso recente da Itochu Corp. e universidades do Novo México.³¹

Alemanha

A Alemanha tem um programa abrangente de nanotecnologia, baseado em centros de competência que reúnem empresas, universidades e institutos de pesquisa. Os centros de competência são coordenados por universidades ou institutos de pesquisa e reúnem todos os tipos de atores do processo de inovação, como está mostrado na Figura 4.

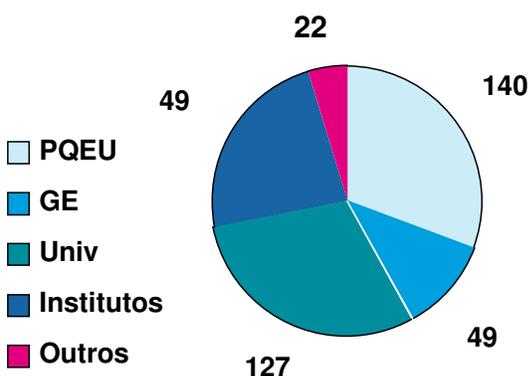


Figura 4. Distribuição dos vários tipos de participantes dos centros de competência em nanotecnologia, na Alemanha.

As designações, números de participantes e instituições coordenadoras dos centros de competência estão na Tabela 5.

Tabela 5. Os centros de competência do programa alemão de nanotecnologia.

Competência	Número de participantes	Instituição coordenadora
Filmes ultrafinos funcionais	88	Fraunhofer Inst. Dresden
Nanoopto eletrônica	59	TU Berlin
Funcionalidade via química ³²	113	Univ. Kaiserslautern

³⁰ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22 de junho de 2004, no site www.smalltimes.com

³¹ Leia mais sobre esse caso no tópico "Sistemas Cooperativos".

³² A seguir, estão listadas cerca de metade das empresas participantes desse centro, que reúne empresas de todos os portes e de todos os setores industriais: Across Barriers GmbH, Adam Opel AG, ADROP GmbH, Advanced Ferrite Technology (AFT), Backnang, BASF AG, Ludwigshafen, Bayer AG Dormagen, Bayer AG, Krefeld, Bayer AG, Leverkusen, Berlin Heart AG, BioTissue Technologies GmbH, BioTools, Blanco, GmbH & Co. KG, Oberderdingen, Bundesdruckerei GmbH, Capsulation Nanoscience AG, Golm, CeramTec GmbH, Plochingen, Chirbase, Universität Tübingen, Christian Pohl GmbH, Köln, Poral GmbH, CREAVIS-Gesellschaft für Technologie und Innovation mbH, DaimlerChrysler AG, DaimlerChrysler Aerospace, Degussa AG, Hanau, Demmel GmbH & Co, Scheidegg, Dermatologisches und Pharmakologisches Labor Freiburg, Docter Optics GmbH, Dr. Födisch Umwelt-Messtechnik GmbH, Kulkwitz, Drägerwerk AG, Lübeck, Dusar GmbH, Anhausen, EADS

Nanoestruturas laterais	76	Forschungszentrum Karlsruhe
Tratamento ultrapreciso de superfícies	53	PTB Braunschweig
Nanoanalítica	60	Univ. Hamburg

França

De uma forma geral, os programas de nanotecnologia na França recebem financiamento diretamente do Estado (MR³³, FNS³⁴ e FRT³⁵, Min EFI³⁶), por intermédio de agências de pesquisa (CEA³⁷, CNRS³⁸ e INSERM³⁹) e da ANVAR⁴⁰.

Segundo um relatório americano,⁴¹ até 1999 o CNRS foi o maior investidor em pesquisas voltadas para a nanotecnologia e nanociência na França. Programas de pesquisa em nanopartículas e materiais nanoestruturados receberam mais de US\$ 40 milhões por ano. Esse orçamento foi compartilhado entre mais de 500 pesquisadores e 60 laboratórios.

Esses investimentos resultaram na ampliação das atividades em nanotecnologia de grupos atuantes nas seguintes áreas: *molecular electronics, large gap semi-conductors and nanomagnetism, catalysts, nanofilters, therapy problems, agrochemistry, cement for ductile nanoconcretes*.

A França possui uma rede de cinco grandes centros de micro e nanotecnologia (LETI⁴², IEMN⁴³, LAAS⁴⁴, IEF⁴⁵ e LPN⁴⁶) além de outros centros localizados nas diversas regiões do país.

Dentre as empresas que produzem nanomateriais e realizam projetos de pesquisa em colaboração com centros de pesquisa públicos destacam-se: Thompson, St. Gobain, Rhodia SA, Air Liquide e IEMN.

Para facilitar as interações entre os centros de pesquisas industriais e públicos foram criadas três redes de interesse comum: RMNT⁴⁷, RNMP⁴⁸ e RNRT⁴⁹. Segundo o relatório *Nanotechnology and Nanoscience*,⁵⁰ a França possui um bom nível de pesquisa básica em

Deutschland GmbH, München, ECHAZ microcollections (EMC), Endress + Hauser Conducta, Gerlingen, Flachglas Automotive GmbH, GAIA-Akkumulatoren-Werke, Nordhausen, GAMBRO Dialysatoren GmbH & Co.KG, Hechingen.

³³ Ministère de la Recherche

³⁴ Fonds National de la Science

³⁵ Fonds de la Recherche et Technologie

³⁶ Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie

³⁷ Commissariat à l'énergie atomique

³⁸ Centre national de la recherche scientifique

³⁹ Institut national de la santé et de la recherche médicale

⁴⁰ Agence Nationale de Valorisation de la Recherche ou Agence Française de l'Innovation

⁴¹ Fonte: Nanostructure Science and Technology- A Worldwide Study. No site

<http://www.science.doe.gov/bes/IWGN.Worldwide.Study/welcome.htm>

⁴² Laboratoire d'Électronique de Technologie de l'Information

⁴³ Institut d'Électronique et de Microélectronique du Nord

⁴⁴ Laboratory for Analysis and Architecture of Systems

⁴⁵ Institut d'Électronique Fondamentale

⁴⁶ Laboratoire de Photonique et de Nanostructures

⁴⁷ Réseau Micro et NanoTechnologie

⁴⁸ Réseau National Matériaux et Procédés

⁴⁹ Réseau National de Recherche en Télécommunications

⁵⁰ Nanotechnology and Nanoscience

nanociência e nanotecnologia com ênfase na caracterização, manipulação e estudo de nanoobjetos aplicados em dispositivos magnéticos e eletrônica molecular. No *ranking* mundial de publicações científicas (1997-1999) e aplicação de patentes (1991-1999) em nanotecnologia a França ocupou o quarto e quinto lugares, respectivamente.

Entretanto, apesar da sua elevada qualidade técnica os projetos de nanotecnologia são desenvolvidos isoladamente, não considerando a sua natureza interdisciplinar e dificultando, dessa forma, a sua implementação nos diversos setores industriais.

A partir de 2002, com o objetivo de impulsionar ainda mais o desenvolvimento nanotecnológico francês, foi criado o Programa Nacional de Nanociência e Nanotecnologia⁵¹. Este programa é financiado pelo Ministério da Pesquisa, CNRS e CEA. O Ministério da Pesquisa investe US\$20 milhões anualmente nesse projeto. O *Réseau des grandes centrales en nanotechnologies* também é financiado pelo Ministério da Pesquisa, o CNRS e o CEA-DSM, com investimento de US\$ 172 milhões num período de três anos. O Ministério da Pesquisa investe mais US\$ 37 milhões por ano nesse programa. Um novo programa, *Nano 2008 e R&D nano-electronique* será lançado em 2007⁵². Esse programa será uma colaboração entre STMicroelectronics, Motorola, Philips, PMI-PMEs, CEA, Minatec e CNRS e orçamento para esse projeto será de US\$ 4,3 bilhões. Os principais programas franceses de nanotecnologia e os orçamentos dedicados a esses programas estão reunidos na Tabela 6.

Tabela 6. Principais programas franceses de nanotecnologia e respectivos orçamentos anuais. 1 Euro=1,23 dólar⁵³.

Description	Budget
Grands Programmes	
- "Nanosciences" et Grandes Centrales	33 M€/an
- "Nano 2008" + R&D Nanoélectronique	98 M€/an →
Soutien aux Programmes et Initiatives Européens	
- Euréka (MEDEA →, PIDEA ↘, EURIMUS ↘, ITEA →)	90 M€/an
R2IT: Réseaux de Recherche et d'Innovation Technologique	
- RMNT (micro et nano technologies)	3 M€/an (*)
- RNMP (matériaux et procédés)	9.6 M€/an (*)
- GenHomme, RNTS (biotechnologie)	30 M€/an (*)
Instituts de recherche (CEA, CNRS, INSERM, ..., Universités)	~120 M€/an →
Autres projets innovants associant les PMI-PME	1 M€/an ↗

(http://www.academie-sciences.fr/publications/rapports/rapports_html/RST18.htm)

⁵¹ <http://www.nanomicro.recherche.gouv.fr>

⁵² Le Marois, G.; Nanosciences-Nanotechnologies, Le soutien des pouvoirs publics français (www.industrie.gouv.fr/enjeux/pdf/nanosciences-170604.pdf).

⁵³ Fonte: <http://www.financeone.com.br/conversores.php>

Reino Unido⁵⁴

Os conselhos de pesquisa do Reino Unido (RCUK⁵⁵) têm concentrado esforços no setor de nanotecnologia, desde 1986. O NPL⁵⁶ e o DTI⁵⁷ criaram o NION⁵⁸ em 1986 para incentivar o desenvolvimento nanotecnológico em universidades, indústrias e laboratórios governamentais. Essa iniciativa antecipou a NNI americana por dez anos.

O EPSRC⁵⁹, principal agência de fomento destinada à pesquisa nas áreas de engenharia e ciências físicas, investiu US\$ 7 milhões entre os anos de 1994-1999 em projetos de nanotecnologia sendo que US\$ 1 milhão foi aplicado especificamente no setor de pesquisa em nanopartículas. O *Basic Technology Research Programme* gerenciado pelo EPSRC financia projetos básicos de tecnologia e alguns projetos ligados à nanotecnologia.

O BBSRC⁶⁰, principal agência de fomento de biociências não-médicas, financia projetos de bionanotecnologia que são reconhecidos como prioritários pelo governo inglês. Projetos de biotecnologia também são financiados pelo IRC⁶¹ que é uma colaboração entre as agências EPSRC, BBSRC e MRC⁶².

O Reino Unido tem pesquisa muito forte nos setores de nanotecnologia, nanofabricação e nanotecnologia molecular. Entretanto, a pesquisa na interface engenharia/medicina é pouco desenvolvida. Dessa forma, o EPSRC também tem financiado, juntamente com a BBSRC e MRC, projetos na interface entre a engenharia ou ciências físicas e as ciências da vida. Até o presente momento, o EPSRC investiu em torno de US\$ 1,2 milhão nesses projetos. BBSRC contribui com US\$ 900 mil em projetos de nanotecnologia interdisciplinar nos anos de 2002-2003. A Tabela 7 mostra como os recursos governamentais são distribuídos entre as principais agências.

Tabela 7. Recursos investidos pelos principais conselhos de pesquisa do Reino Unido nos setores de nanotecnologia. (US\$ milhões)

	1998-99	1999-2000	2000-01	2001-02	2002-03
BBSRC	10,8	10,6	14,8	19,7	25,8 (+ 62,3 <i>underpinning</i>)
EPSRC	20,6	20,9	22,9	36,0	57,3
MRC	17,6	21,4	26,3	31,4	37,9

O LNP⁶³ (1988-1998) foi criado no Reino Unido com um orçamento anual de US\$2 milhões. Esse programa foi mantido pelo DTI e pelo EPSRC. Esse programa priorizou projetos de pesquisa envolvendo colaborações entre universidades e indústrias. Nesse programa foram

⁵⁴[http://www.publications.parliament.uk/cgi-](http://www.publications.parliament.uk/cgi-bin/ukparl_hl?DB=ukparl&STEMMER=en&WORDS=nion+&COLOUR=Red&STYLE=s&URL=/pa/cm200304/cmselect/cm)

[bin/ukparl_hl?DB=ukparl&STEMMER=en&WORDS=nion+&COLOUR=Red&STYLE=s&URL=/pa/cm200304/cmselect/cmstech/56/5607.htm#muscat_highlighter_first_match](http://www.publications.parliament.uk/cgi-bin/ukparl_hl?DB=ukparl&STEMMER=en&WORDS=nion+&COLOUR=Red&STYLE=s&URL=/pa/cm200304/cmselect/cmstech/56/5607.htm#muscat_highlighter_first_match)

⁵⁵ Research Councils UK

⁵⁶ National Physical Laboratory

⁵⁷ Department of Trade and Industry

⁵⁸ National Initiative on Nanotechnology

⁵⁹ Engineering and Physical Science Research Council

⁶⁰ Biotechnology & Biological Sciences Research Council

⁶¹ Research Council Interdisciplinary Research Collaboration

⁶² Medical Research Council

⁶³ LINK Nanotechnology Programme

investidos US\$ 25 milhões pelos órgãos governamentais e industriais. Projetos realizados com financiamento desse programa produziram mais de 20 patentes e 90 artigos⁶⁴. Estima-se que as tecnologias desenvolvidas por meio desse programa resultarão em US\$ 750 milhões em vendas.

De uma forma geral, o investimento em pesquisa e desenvolvimento no setor de nanotecnologia em empresas multinacionais é muito baixo no Reino Unido em comparação com empresas localizadas na Alemanha e na Suíça. Entre as grandes empresas que realizam pesquisa e desenvolvimento no setor de nanotecnologia, destacam-se: Johnson Matthey, Pfizer e Unilever.

Desde 1997 várias colaborações na forma de recursos ou bolsas de estudo têm sido realizadas pelas indústrias. As principais empresas envolvidas em projetos de colaboração universidade-indústria, assim como suas principais atividades, são mostradas na Tabela 8.

Tabela 8. Principais empresas envolvidas em projetos de colaboração universidade-indústria.

Empresa	Atividade
Hitachi	Computadores
JohnsonMatthey	Células solares e catalisadores
Merck	Produtos químicos
Ranier Technology Limited	Dispositivos médicos

Entre os principais temas de interesse dos projetos financiados pelos programas voltados para o desenvolvimento do setor de nanotecnologia destacam-se:

- *electronics and communication*
- *drug delivery systems*
- *tissue engineering, medical research and devices*
- *nanomaterial (bio/medical functional interfaces)*
- *instrumentation, tooling and metrology*
- *sensors and actuators*

O ministério da defesa também financia alguns projetos de nanotecnologia de interesse militar. A agência responsável por esses projetos de pesquisa é o DERA⁶⁵. O fomento anual desse órgão fica em torno de US\$4,8 milhões. Os principais projetos são: *structural materials, electronic devices and quantum interference*.

Canadá

O Canadá é um dos poucos países industrializados sem um programa explícito de incentivo à iniciativa em nanotecnologia⁶⁶. Segundo uma estimativa do Canadian NanoBusiness Alliance, o

⁶⁴Fonte: site http://www.npl.co.uk/npl/cmmt/publications/newsletters/link_4.pdf

⁶⁵ Defence Evaluation and Research Agency

⁶⁶ NANO 'SWAT TEAM' ON MISSION TO WARM CANADA'S COLD SHOULDER By James R. Dukart, Small Times Correspondent. No site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=5785 .

"There is also a significant nanotechnology effort underway in Canada, though no National Initiative. There is strong support for R&D and a commitment from the various provincial governments. As well as

governo canadense investe apenas US\$ 13 milhões por ano em *nanotechnology*. Considerando a renda *per capita* canadense e a americana, o investimento em nanotecnologia canadense é seis vezes menor que o investimento americano. Até 2003, a nanotecnologia não era priorizada no orçamento do governo federal canadense. Embora as ações do governo federal para Pesquisa e Desenvolvimento Nanotecnológico sejam bem discretas, em 2001 foi criado o NINT⁶⁷, o governo de Québec criou o Nano-Quebec⁶⁸ e o NSERC⁶⁹ escolheu um diretor de pesquisa para a Nano Innovation Platform.

O NINT é uma instituição de pesquisa multidisciplinar criada pelo governo federal canadense, governo estadual de Alberta e Universidade de Alberta⁷⁰ (investimento inicial de US\$ 120 milhões). O NINT opera como uma parceria entre o NRC⁷¹ e a Universidade de Alberta. O principal objetivo do NINT é estabelecer a pesquisa e o desenvolvimento nanotecnológico canadense no âmbito mundial num período de cinco anos.

Quatro grupos de pesquisas foram estabelecidos no NINT:

- Nanoscale Devices
- Materials and Interfacial Chemistry
- Supramolecular Nanoscale Assembly
- Theory and Modeling

Espanha

A situação do desenvolvimento nanotecnológico na Espanha é bastante complexa^{72,73}. Existem vários grupos qualificados formados na Espanha ou em outras instituições estrangeiras, que desenvolvem projetos de pesquisas em temas relacionados à nanotecnologia. Entretanto, não existe uma política estratégica efetiva para impulsionar o desenvolvimento nanotecnológico e direcioná-lo para as necessidades das indústrias e mercados locais. Com bases nessa

the National Institute for Nanotechnology there is also Nano-Quebec: a nanotechnology initiative of the government of Quebec, a nanotechnology laboratory within the Quebec National Institute for Scientific Research, and Nano Innovation Platform under the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). Canada's core nanotechnology research is in the laboratories of the National Research Council and the major Canadian research universities."

⁶⁷ Fonte: site da [National Institute of Nanotechnology](#). "There is also a significant nanotechnology effort underway in Canada, though no National Initiative. There is strong support for R&D and a commitment from the various provincial governments. As well as the National Institute for Nanotechnology there is also Nano-Quebec: a nanotechnology initiative of the government of Quebec, a nanotechnology laboratory within the Quebec National Institute for Scientific Research, and Nano Innovation Platform under the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC). Canada's core nanotechnology research is in the laboratories of the National Research Council and the major Canadian research universities."

⁶⁸ Nanotechnology laboratory within Quebec National Institute for Scientific Research

⁶⁹ National Science and Engineering Research Council

⁷⁰ NRC National Institute for Nanotechnology (NINT), Edmonton, Alberta, **Understanding the World at the Nanoscale** (<http://nint-innt.nrc-cnrc.gc.ca>).

⁷¹ Fonte: site [National Research Council](#)

⁷² Ministerio de Educación y Ciencia, BOE 231, 31823 (www.mec.es).

⁷³ Informe sobre la situación de la Nanociencia y de la Nanotecnología en España y Propuesta de Acción Estratégica dentro de Plan Nacional de I+D+I (2004-2007). Red Española de Nanotecnología (NanoSpain)/ (www.nanospain.net).

realidade o Ministério da Ciência e Tecnologia aprovou uma Ação Estratégica em Nanotecnologia.

Segundo o Plano Nacional de Investigação Científica, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica a Espanha possui um programa de bionanotecnologia e uma ação estratégica interdisciplinar voltada para a nanociência e nanotecnologia (2004-2007). O objetivo dessa ação é apoiar a investigação e o controle de materiais em escala nanométrica financiando principalmente projetos de pesquisa que apresentem interesse industrial.

As principais áreas selecionadas são:

- *Preparación y fabricación de Nanosistemas*
- *Nanolitografía (electron beam +ion beam milling, SPM) incluyendo litografía UV óptica convencional y medios de pulido, corte, encapsulación y contactos en sala blanca.*
- *Sistemas de crecimiento sobre superficies por diversas técnicas [Sputtering DC y RF, Molecular Beam Epitaxy, Chemical Vapor Deposition, Laser Ablation o Pulsed Laser Deposition (PLD)].*
- *Técnicas blandas de nanofabricación como nanoimprinting o litografía en polímeros.*
- *Técnicas de vía húmeda (Biotecnología, Surfactantes o electroquímica, etc), técnicas de autoensamblado y autoorganización y Langmuir-Blodgett.*
- *Sistemas de nanofabricación por bombardeo de iones focalizados (FIB)*
- *Micromanipuladores.*

Os critérios para a atribuição de recursos estatais no fomento dos projetos estão mostrados na Tabela 9.

Tabela 9. Critérios de fomento estatal para projetos submetidos por diferentes entidades.

PROYECTOS	EMPRESAS	PYMES	ENTIDADES SIN FINES DE LUCRO
Proyectos de investigación industrial	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 60% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 60% del coste subvencionable del proyecto, en el caso de entidades de carácter público. Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto, en el caso de entidades de carácter privado
Estudios de viabilidad técnica previos a actividades de investigación industrial	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 75% del coste subvencionable del estudio.

Estudios de viabilidad técnica previos a proyectos de desarrollo tecnológico	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio	Hasta el 50% del coste subvencionable del estudio
Proyectos de desarrollo tecnológico	Hasta el 25% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 35% del coste subvencionable del proyecto	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto
Acciones complementarias	Hasta el 50% del coste subvencionable de la actuación	Hasta el 50% del coste subvencionable de la actuación	Hasta el 75% del coste subvencionable de la actuación. Hasta el 95% del coste subvencionable de la actuación si la Comisión de evaluación la califica de interés general
Acciones complementarias de cooperación internacional proyectos y actuaciones favorecedoras de la participación en los programas EUREKA, IBEROEKA, Programa Marco de la Comunidad Europea para IDT y otros Programas Internacionales de Cooperación en I+D.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% del coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% de coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.	Hasta el 75% del coste subvencionable de los proyectos de investigación industrial en la fase de definición. Hasta el 50% del coste subvencionable de los proyectos de desarrollo en la fase de definición.
Proyectos de equipamiento de infraestructuras de investigación y desarrollo de Centros Tecnológicos (Apoyo a Centros Tecnológicos)	---	---	Hasta el 50% del coste subvencionable del proyecto

A Espanha possui vários centros e universidades reconhecidas que realizam pesquisas básicas nos seguintes setores:

- *nano-objetos e nanocompuesto*
- *fenómenos quânticos, efeito túnel*
- *procesos de auto-ensamblaje*

- *hasta el desarrollo de sensores de aplicación biomédica*
- *nanoestructuras catalíticas para ahorro energético*

- *nanoelectrónica y nanofotónica*
- *magnetoeléctrica y nanomagnetismo*
- *moléculas funcionales*

Esses grupos de pesquisa (~ 112 grupos) que trabalham com temas diretamente relacionados à nanotecnologia formaram a rede NanoSpain para facilitar a troca de informações entre os vários grupos e incentivar as agências federais a investirem na criação de infra-estrutura, financiamento de projetos e criação de programas específicos voltados para o desenvolvimento nanotecnológico. A rede NanoSpain é financiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia. O financiamento anual é de US\$ 12 mil por ano. Além disso, outras iniciativas resultaram na criação de três centros de nanotecnologia:

- *Instituto de Nanotecnología y Nanobiotecnología, Parque Científico de Cataluña, en Cataluña.*
- *Centro de Nanotecnología de Aragon, en Zaragoza.*
- *Instituto de Nanotecnología y Diseño Molecular, Parque Científico de Madrid.*

Outro centro espanhol de destaque devido à sua atuação no setor de pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico é o CIDETEC⁷⁴. Entre as companhias espanholas atuantes no setor nanotecnológico destacam-se a Nanotec Electronica.

Holanda

Na Holanda o NWO⁷⁵ financia pesquisa científica nas universidades e institutos por meio de aproximadamente 140 programas de pesquisa e bolsas. O governo holandês considera a *nanoscience/nanotechnology* como um dos temas prioritários que receberá atenção especial e investimentos nos próximos cinco anos (2002-2005)⁷⁶. Os principais assuntos abordados serão:

- *EUROCORES-programme Self-organised Nano-structures*
- *Materials Specific Theory for Interface and Nano-Physics*
- *Nanostructured Opto-Electronics Materials*
- *Nanotechnology and Nanoelectronics*
- *Photon Physics in Optical Materials*
- *Quantum Optics of Small Systems*
- *Single-Molecule Detection and Nano-Optics*
- *Softlink: Technology-Related Soft Condensed Matter Research*
- *Solid State Quantum Information Processing*
- *NanoNed/nanoImpuls: microelectronics, macromolecular chemistry and biotechnology.*

Atualmente, o Ministério da Economia investe US\$ 66 milhões no programa NanoNed/Nano-Impuls no qual colaboram oito institutos⁷⁷. Um adicional de US\$67 milhões será investido em infra-estrutura experimental. Isso é uma continuação do investimento inicial de US\$ 17 milhões que foram destinados a cinco programas de nanotecnologia em 1999. Além dos investimentos do governo a *National Science Foundation*, *European Commission* e instituições privadas financiam programas de pesquisa em nanotecnologia. Entretanto, os investimentos das

⁷⁴ Centre for Electrochemical Technologies

⁷⁵ Netherlands Organization for Scientific Research

⁷⁶ Fonte: no site www.nwo.nl

⁷⁷ Fonte: site www.nanotec.org.uk/evidence/Netherlands.htm

empresas privadas são relativamente baixos. De fato, as grandes companhias como a Shell, Akzo, Unilever e Phillips não investiram o suficiente em pesquisa no setor de MEMS,⁷⁸ colocando a Holanda numa posição frágil com relação à aplicação e comercialização de pesquisa nesse setor que é um dos setores tecnológicos mais fortes da Holanda.

Os Centros de Pesquisas mais importantes na Holanda são:

- *DIMES*
- *Phillips Research Institute in Eindhoven*
- *SST Netherlands Study Center for Technology Trends*
- *Research Institute of University of Twente*

Os principais temas em nanotecnologia abordados pelas universidades e centros de pesquisa públicos são listados abaixo:

- *Nanoengineering*
- *Polymers as building blocks in Nanotechnology*
- *Lab-on-a-Chip*
- *Tissue Engineering*
- *Electrowetting*
- *Ion manipulation in nanochannels*
- *Microreactors*
- *Photonics*
- *Drug Delivery*
- *Self-Replication Systems*

Nos centros de pesquisa privados das indústrias desenvolvem-se principalmente os seguintes tópicos:

- A Phillips desenvolve nanotecnologia para *organic electronics* e *displays*.
- CV2, que é uma companhia de nanotecnologia exclusivamente holandesa, desenvolve pesquisas juntamente com o MESA e o Insitute for Nanotechnology (*the largest research institute of the University of Twente*) nos setores de *telecom* e *non-telecom OEMs* (original equipment manufacturers) que integra o uso de MEMS com *planar optics design software-Seamless Microsystem Engineering*.

Apesar de o ministério da Defesa não financiar projetos de nanotecnologia para fins militares, o ministério da Defesa americano financia o projeto BIOMADE do qual participa uma companhia holandesa. Esse projeto se baseia na construção de um biosensor capaz de identificar a presença de antraz. Esse biosensor será incorporado à roupa de soldados.

A Holanda não possui nenhum programa exclusivo de incentivo à nanotecnologia. Entretanto, em 2003 foi criada a Plataforma de Inovação que já recebeu US\$ 227 milhões. O objetivo dessa plataforma é incentivar a interação entre pesquisadores e empreendedores com a finalidade de criar novos produtos.

⁷⁸ Microelectromechanical Systems

Suécia

Pesquisa e desenvolvimento têm alta prioridade na Suécia⁷⁹, já que se trata de um dos países que investe a maior porcentagem (~4,3 %) do seu PIB em Pesquisa e Desenvolvimento. O Ministério da Educação e Ciência é responsável pela política que rege a educação e pesquisa no país e coordena as seguintes áreas⁸⁰:

- Área 15: sustentação financeira para estudantes;
- Área 16: sustentação financeira para educação e pesquisas acadêmicas;
- Área 17: sustentação financeira para cultura, mídia, comunidades religiosas e atividades de lazer.

As despesas do Ministério da Educação e Ciência com a área 16 são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10. Despesas do Ministério da Educação e Ciência com a área 16.

Área 16	Investimento (US\$ bilhões)
Educação	5,543
Pesquisa	0,445
Total	5,988

De uma forma geral, a pesquisa básica realizada nas universidades públicas, *colleges* e universidades privadas é financiada por investimentos fixos do Estado e investimentos flexíveis dos conselhos, agências e fundações específicas de cada área. A Tabela 11 mostra as fontes de financiamento e as respectivas áreas de pesquisa e desenvolvimento.

Tabela 11. Principais fontes de financiamento e as respectivas áreas de pesquisa e desenvolvimento.

Costs for R&D at Swedish universities 2001 by research topic and by source of funds, %

Subject area	Total	Block grants made by the government to the universities	Research councils	University foundations	Government agencies	Municipalities and county councils	Research foundations	Swedish non-profit organisations	EU	Other funding bodies*
Total, % of SEK 17,617 million	100	47	7	1	14	3	6	10	2	9
Humanities and religious studies	6	4	0	0	1	0	0	1	0	0
Juridical science/law	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Social sciences	11	5	1	0	2	0	1	1	0	0
Mathematics	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Natural sciences	19	9	2	0	3	0	1	1	1	1
Engineering	23	8	1	0	5	0	3	2	1	2
Forestry/Agricultural sciences	5	2	0	0	1	0	0	1	0	0
Medicine	27	13	2	1	2	1	1	4	1	3
Dentistry	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pharmacy	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Veterinary medicine	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Other research fields	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Not classified by field	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0

* Swedish and foreign companies, foreign non-profit organisations and other bodies.
Source: Statistics Sweden

Cada ano o *Swedish Research Council*, maior órgão de investimento em pesquisa básica da Suécia, distribui mais de US\$ 272 milhões. Em 2003, as patentes geradas a partir de projetos financiados pelo governo resultaram em mais de US\$ 3 bilhões.

A Suécia não apresenta um programa específico de incentivo à pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico. Entretanto, desde 2001 o governo considerou alguns temas correlacionados com a nanotecnologia como prioritários e está aumentando o investimento nesses setores. O

⁷⁹ Fonte: The Swedish Research System no site <http://www.sweden.se>

⁸⁰ Fonte: site www.sweden.gov.se

investimento total gasto com pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico, na Suécia, fica em torno de US\$ 10 milhões por ano. Os principais centros são:

- *Angström Consortium (Ångström Nano Centre)* em Uppsala
- *Nanometer Structure Consortium* em Lund
- *Cluster-based and Ultrafine Particle Materials* da Universidade de Uppsala e Royal Institute of Technology
- *Brinell Center* do Royal Institute of Technology

A Suécia também apresenta um programa de nanotecnologia militar que recebe cerca de US\$ 13 milhões a cada cinco anos para realizar pesquisa em nanotecnologia com propósitos militares.

Suíça

Com 7 milhões de habitantes, localizada na Europa central, a Suíça é extremamente forte em micro e nanotecnologia⁸¹. É conhecida sua tradição na fabricação de relógios e tecnologias de precisão. Em termos de renda *per capita*, a Suíça é o país que mais investe em nanotecnologia, cerca de US\$25 milhões por ano. Na Suíça, um sistema de inovação integrado por agências federais, regionais, industriais, acadêmicas e fundações de pesquisa e desenvolvimento privadas tem priorizado recursos para micro e nanotecnologia, desde 1990.

A Suíça possui três programas principais de pesquisa e desenvolvimento nanotecnológico. O *ETH-Board*⁸² e CTI⁸³ financiaram o programa TOPNANO21⁸⁴ (2000-2003) que foi o sucessor do programa MINASAT⁸⁵ (1996-1999). Esses programas de desenvolvimento nanotecnológico priorizam a colaboração entre universidades e indústrias. O programa MINASAT investiu US\$ 30 milhões em projetos de desenvolvimento nanotecnológico num período de quatro anos. Já o programa TOPNANO21 investiu US\$55 milhões num período de quatro anos em mais de 200 projetos envolvendo a colaboração de mais de 150 companhias entre as quais destacam-se⁸⁶: Sulzer Innotec, Unaxis, Serono, Dow Europe, Siemens, ABB, Nortel, Nestlé, NanoFeel, Concentris, Nanolight International Ltd., Mecartex, NanoSurf AG, VHF Technologies, Tissupor, GreatCell Solar SA.

Projetos financiados pelo programa TOPNANO 21 resultaram em vários produtos inovativos tais como: *self-cleaning windows, a real-time holographic 3D imaging system, superfabrics that resist cold and dirty, thin film solar cells and low-cost portable atomic force microscope.*

Com base no sucesso dos programas de apoio à nanotecnologia o *ETH-Board* e o CTI organizarão um novo programa de incentivo à nanotecnologia (2004-2007), com orçamento em torno de US\$ 30 milhões. Eles acreditam que mesmo um investimento relativamente baixo será suficiente para estimular o desenvolvimento industrial de novas nanotecnologias.

⁸¹ Fonte: <http://www.swissemb.org/ls/malsch.pdf>

⁸² The Board of Swiss Federal Institutes of Technology

⁸³ Commission for Technology and Innovation

⁸⁴ Swiss program around the role of the Nanometer in the world of science, technology and industry at the beginning of the 21st century

⁸⁵ Swiss Priority Program on Micro- and Nano- System Technology

⁸⁶ Swiss Successes Lead to More Government Money for Nanotech (www.smalltimes.com)

Outros programas voltados para pesquisa básica em nanotecnologia como NFP36⁸⁷ (1995-1999) e NFP47⁸⁸ (2000-2004) são financiados pela *Swiss National Research Programme*. O programa em vigência NFP47 recebe anualmente US\$ 2 milhões.

O NFP47 financia projetos relacionados aos seguintes tópicos:

- *Information Storage*
- *Molecular Switches*
- *Wires*
- *Electron and Photon Transport*
- *Sensor and Diagnostics Tools*
- *Molecular Magnets*

Outro programa importante é o *Nanoscale Science*⁸⁹ financiado pelo NCCR⁹⁰ que investe US\$ 15 milhões em projetos de nanotecnologia no período de 2001 a 2005. O *Nanoscale Science* é um programa interdisciplinar de longa duração envolvendo mais de 120 cientistas de universidades, institutos de pesquisas federais e industriais. Os grupos de pesquisa inseridos nesse programa dão ênfase aos seguintes tópicos:

- *Impact of nanoscale science on the life sciences and medicines*
- *Molecular nanoscience*
- *Quantum devices and systems for computing and communication*
- *Nanoscale science at the ultimate limits*
- *Nanomaterials ranging from biological systems, carbon-nanotubes to nanoclusters*

De uma forma geral, a Suíça apresenta competência nos seguintes setores:

- *Cantilever applications for AMF, STM, SPM, arrays, sensors*
- *Nanobiology: nano-containers, single molecule detection*
- *Nanofactory: machining, replication, assembling, handling, calibration*
- *Nanomaterials: powder, composites, fullerenes*

Os setores que mais recebem investimentos industriais são: *nano-surfaces, nanopowder, nano-replication, nanocomposites, nano-tips and probes, nano-instrument, nano-machining and nano-assembling*.

Ásia e Austrália

Visão Geral

A região dos países asiáticos do Pacífico está se tornando uma das regiões mais desenvolvidas em nanotecnologia no mundo. Mudanças significativas têm ocorrido nas políticas de ciência e tecnologia nesses países desde o anúncio do NNI americano em 2000, planejando e colocando a nanotecnologia como uma das áreas de prioridade no planejamento

⁸⁷ Swiss National Research Program 36 on Nanosciences

⁸⁸ Swiss National Research Program 47 on Supramolecular Functional Materials

⁸⁹ Fonte: site www.nccr-nano.org

⁹⁰ National Center of Competence in Research

de C & T. Os orçamentos para P & D em nanotecnologia têm aumentado consideravelmente e os recursos têm sido estrategicamente alocados.

O gasto público total desses países foi de aproximadamente US\$ 1,4 bilhão⁹¹ em 2003 e os investimentos privados estão aumentando, uma vez que tem se tornado clara a importância de se fazer P & D nas indústrias e nos negócios.⁹²

Detalhes específicos dos programas e iniciativas em nanotecnologia serão descritos para cada país, mas pode-se neste momento fazer uma comparação dos fundos destinados a esses programas/iniciativas nos países asiáticos, como apresenta a Figura 5, para o período 2003-2007.

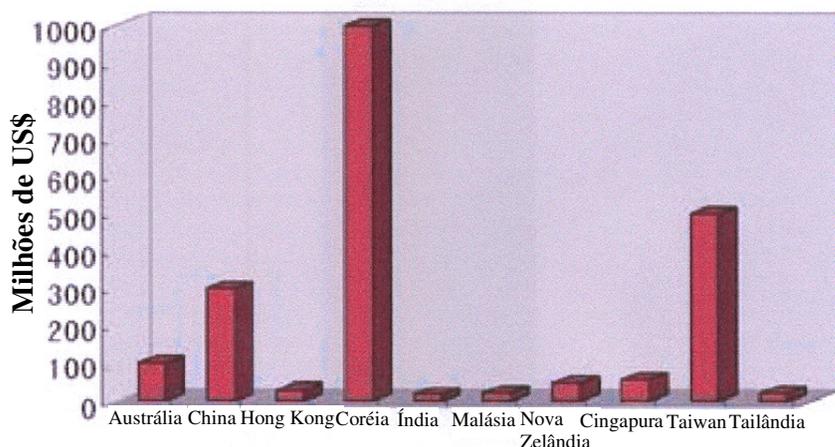
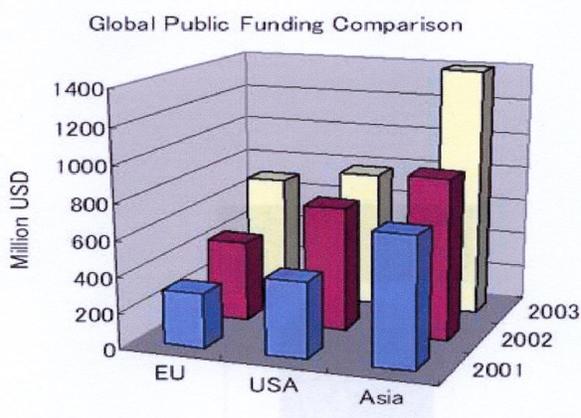


Figura 5. Comparação dos fundos destinados à nanotecnologia para o período 2003-2007 nos países da Ásia (Asia Pacific), com exceção do Japão.

A Figura 6 mostra uma comparação dos fundos para nanotecnologia entre a União Européia (EU), Ásia e Estados Unidos (USA) entre 2001 e 2003.



⁹¹ 70% desse valor corresponde aos gastos do Japão, ao câmbio de 100 ienes por US\$1.

⁹² Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, 2004, vol. 2, n° 5. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

Figura 6. Comparação dos recursos públicos destinados à nanotecnologia na União Européia (EU), Estados Unidos (USA) e Ásia.⁹³ No caso dos Estados Unidos, os valores apresentados não incluem microeletrônica e MEMS.

O gráfico da Figura 6 mostra um aumento de aproximadamente 40% nos recursos destinados, pelos países asiáticos, à nanotecnologia. É bastante clara a intenção dos governos asiáticos em fortalecer iniciativas e esforços para dirigir definitivamente seus países para o futuro da nanotecnologia. A Ásia tem-se tornado uma excelente região para estabelecer parcerias globais e há muitas oportunidades de negócios nessa área. Diferentemente da União Européia, ainda não há uma Comissão Asiática para coordenar as redes de trabalho e P&D em nanotecnologia, embora o Japão esteja se empenhando e vários encontros estejam sendo realizados para discutir o estado do desenvolvimento da nanotecnologia na Ásia, como por exemplo, o Nanotech 2003.

China

A política básica do governo chinês é promover ciência e educação para alcançar desenvolvimento econômico sustentável. O orçamento nacional de P&D foi reformulado em 1985, levando à privatização de institutos de pesquisa. Entre 1998-1999 242 institutos foram privatizados e as instituições sem fins lucrativos foram reorganizadas em 2000. Seguindo a privatização e a reorganização das atividades, um sistema de subcontratação de projetos de pesquisa teve início em 2001.⁹⁴ Não há informações oficiais sobre o orçamento destinado para nanotecnologia pela China, e as informações sobre recursos destinados foram obtidas de notícias e documentos de pesquisadores chineses na internet.

As principais agências de financiamento de pesquisa em nano na China são CAS (*Chinese Academy of Sciences*), NSFC (*National Natural Science Foundation of China*), MOE (*Ministry of Education*) e MOST (*Ministry of Science and Technology*). As fontes de recursos incluem o *National Committee for Development and Planning* (NCDP).

O financiamento do NSFC e MOE são principalmente para pesquisa básica e realizada nas universidades. O MOST tem vários programas incluindo o *National 973 Basic Research Program*, *National 863 Technology Transfer Program* e *National 5-year Industrialization Project*. No MOST os projetos em nano já foram iniciados na década de 80. O *National 863 Program for Nano Science and Technology* foi iniciado em 2002 com orçamento total de US\$ 20 milhões e inclui 63 projetos como *nano-electronics*, *nano-biotechnology*, *nano-environment*, *nano-energy*, *nano-functional materials*, *nano-structural materials*, *nano-detection instruments* e outros.⁹⁵

Os projetos da CAS incluem:

1. *Study of Carbon Nanotubes and Other Nanomaterials*
2. *Bond-selective Chemistry and Manipulation of Single Atoms*
3. *Molecular Electronics*
4. *Photocatalytic and Photoelectronic Chemistry of Nanosemiconductors*
5. *SPM Studies on Surface and Interfaces*

⁹³ A unidade é o US\$ e se admite que 100 ienes= US\$ 1 e 1 Euro= US\$ 1.

⁹⁴ China. The Economic and Technological Powerhouse of the 21st Century. Plausible Futures Newsletter, September, 2002, no site www.plausiblefutures.com

⁹⁵ More About the Status on China Nanotech R & D. *Asia Pacific Nanotech Weekly*, Vol.1-2, China (2003-2004). Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php>

6. Study Artificial “Super-atoms” and so on.

Há cerca de 50 universidades, 20 instituições (dentro da CAS) e mais de 100 companhias desenvolvendo P & D na China em *nanoscience and technology*, de acordo com o MOST.

A China planeja gastar US\$ 250-300 milhões no período de 2001-2005 em nanotecnologia e quer iniciativas mais agressivas para alcançar a Coréia, em termos de fundos destinados à nanotecnologia.⁹⁶ Apenas para comparação o governo chinês gastou US\$ 45 milhões no período 1999-2001.⁹⁷

A *Chinese Academy of Sciences* é a maior organização de pesquisa do país, com 110 instituições de pesquisa, 68 mil pesquisadores e 17 mil estudantes de pós-graduação. O orçamento anual da CAS é de US\$600 milhões.

Cerca de 50 universidades, 30 instituições e 300 empresas estão envolvidas em pesquisa na área nanotecnológica na China.

A pesquisa se concentra em materiais, enquanto que nanodispositivos e bionanotecnologia são áreas ainda bastante limitadas. Em 1999-2001 havia 573 projetos de pesquisa, e, destes, 73 projetos tinham somente US\$60 mil de financiamento. O orçamento dedicado à pesquisa em nanotecnologia é sempre muito baixo: dez anos de orçamento de pesquisa na China são comparáveis ao orçamento de apenas um ano do que os Estados Unidos gastam em pesquisa na área de nanotecnologia.

A CAS tem alcançado resultados importantes na pesquisa de nanotubos de carbono, nanopartículas e pós, bem como tem conduzido pesquisas em nanomateriais fotocatalíticos com aplicações na descontaminação de água, superplasticidade e extensibilidade de nanomateriais de cobre e materiais super-anfifóbicos. No entanto, necessita-se de maior investimento na pesquisa de nanodispositivos quânticos e moleculares.

A CAS e a *National Science Foundation China* (NSFC) criaram projetos de pesquisa básica em *Scanning Probe Microscopy* (SPM) e aplicações em nanociência, entre 1986-1987. Em 1990, o MOST (*Ministry of Science and Technology*) fundou o *Nanomaterials Project* dentro do *National Climbing Program Initiative*. Já em 1999, o MOST lançou o *National Key Basic Research Program* em “*Nanomaterials and Nanostructures*” que tem financiado pesquisa em temas importantes, como os nanotubos de carbono (CNTs).⁹⁸

Posteriormente, o *Applied Research on Nanomaterials Program* foi também lançado dentro do *National High-tech Development Program* (também chamado de programa 863). Em 2001, o *National Steering Committee on Nanotechnology* foi formado e a Nanotecnologia foi eleita como uma importante prioridade no 10th *Five-year Plan*. Com a aprovação do “*Outline of National Nanotechnology Development*”, elaborado em conjunto pelo *National Planning Commission*, MOST, MOE (*Ministry of Education*), CAS e NSFC, pelo *Chinese State Council*, houve um substancial aumento no volume de recursos do orçamento destinados à pesquisa, totalizando US\$250 milhões em cinco anos (2001-2005), bem como dos programas de

⁹⁶ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 5, 2004. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

⁹⁷ Fonte: Nanotechnology Organizations and Programs in China, 2003, no site http://www.atip.org/public/atip_reports.03/atip03.054.pdf

⁹⁸ Nanotechnology Centers in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, 2004, vol. 2, n°11. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

pesquisa em nanotecnologia. Metade dos fundos vem do MOST e o restante é financiado pelo *National Committee for Development and Planning, MOE (Ministry of Education), CAS e NSFC.*⁹⁹

A Tabela 12 apresenta uma lista dos principais centros de nanotecnologia na China.

Tabela 12. Principais Centros de Nanotecnologia na China.

Name	Location
<i>CAS Nanotechnology Research Center</i>	<i>CAS Beijing</i>
<i>Nanomaterials Development and Application Center</i>	<i>Institute of Solid State Physics, CAS, HeiFei</i>
<i>Beijing Univ. Nanoscience and Technology Center</i>	<i>Beijing University, Beijing</i>
<i>Micro and Nanotechnology Center</i>	<i>TsingHua University, Beijing</i>
<i>Surface Science, Nanotechnology and Engineering Center</i>	<i>Beijing University of Science and Technology, Beijing</i>
<i>Nano Science and Technology Research Center</i>	<i>Shanghai University</i>
<i>Shanghai Promotion Center for Nanotechnology and Industrial Development</i>	<i>Shanghai Region</i>
<i>Shen Yang Nano R&D Center</i>	<i>Shen Yang University</i>
<i>Micro and Nanotechnology Center</i>	<i>Shang Dong University</i>
<i>Nano and Biotechnology Center</i>	<i>Hunan University</i>
<i>Nanotechnology Center</i>	<i>Wuhan University</i>
<i>Guangzhou Southern Nanotech Center</i>	<i>Guangzhou Southern University</i>
<i>Nanotech Center</i>	<i>Xi Na Electronics Science and Technology University</i>

A *Chinese Academy of Sciences (CAS)* é uma das instituições de pesquisa mais citadas na literatura, na área de nanotecnologia (atrás de UC Berkeley, IBM e MIT), estando entre as instituições com mais de 100 artigos publicados em nanotecnologia no período 1992-2002. Nesse mesmo período 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%.¹⁰⁰

Nos últimos três anos, a China investiu na criação de cinco novos centros de pesquisa em nanotecnologia, como apresenta a Tabela 13. O investimento chegou a US\$58,4 milhões na criação de três dos cinco centros.

Tabela 13. Centros de pesquisa criados pela China para pesquisa e comercialização da nanotecnologia produzida.

Name	Founding date	Funding Source	Funding Size USD	Location	Description
National	Dec. 2002	Central	29,8	Beijing	Nanoscience

⁹⁹ China. The Economic and Technological Powerhouse of the 21st Century. Plausible Futures Newsletter, September, 2002, no site www.plausiblefutures.com

¹⁰⁰ Status of Nanotech Industry in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 24, 23 de junho de 2004. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

Center for Nanoscience and Technology		Government	million	City	and national platform for research strategy, coordination and international collaborations
National Nanotechnology Industry Base	Dec. 2000	Central Government and Tianjin Government	-	Tianjin City	Central facilities and incubation for R & D spin offs from Beijing and elsewhere
Beijing Nanotechnology and Industry Development	-	Beijing Government	4,8 million	Beijing City	Coordination of nanomaterials research projects in Beijing region
Shanghai Nanotechnology and Industry Development Promotion Center	Jul. 2001	Shanghai Government	-	Shanghai City	International application, commercialization and coordination in Shanghai region
National Center Engineering	Oct. 2003	-	23,8 million	-	Center focusing on Nanotechnology Application R&D

O National Center for Nanoscience and Nanotechnology (NCNN) é uma organização sem fins lucrativos (*non-profit*) sob administração autônoma com uma diretoria responsável pela estratégia de pesquisa do centro. O centro conta também com um comitê consultivo e um comitê acadêmico.¹⁰¹

O NCNN consiste de *nano-processing and nano-device laboratories, nano-materials and nano-structure laboratories, nano-medicine and nano-biotech laboratories, nano-structure characterization and test laboratories, coordination office e information office.*¹⁰²

Para acelerar a comercialização de R&D tem surgido na China¹⁰³ diversas subsidiárias (*spin-offs*) de instituições líderes de pesquisa. Muitas delas estão ainda por adquirir experiência

¹⁰¹ Nanotechnology Centers in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, 23/06/2003. Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/all2004.php>

¹⁰² O website do centro é www.nanoctr.cn

¹⁰³ In developing countries such as India and China seed investors and venture capitalists are not yet significant drivers of commercial technology developments. In addition, big business houses are not yet at the cutting edge of these technology developments, and the academic and government laboratories are not strongly tied up in an infrastructure that promotes the commercialization of the developed technology. Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

profissional em negócios para continuar a crescer. Um exemplo é a CAS Nanotechnology and Engineering Center Corporations Ltd. (CASNEC), fundada no final de 2002 como uma plataforma para acelerar a comercialização da P&D da CAS. A Tabela 14 apresenta alguns dados sobre esta empresa.

Tabela 14. Dados sobre a CAS Nanotech Engineering Center Co. Ltd.

Name	CAS Nanotech Engineering Center Co. Ltd., China
<i>Company Size</i>	<i>60 personnel</i>
<i>Founding Date</i>	<i>Nov. 2002</i>
<i>Technology</i>	<i>Superamphiphobic and Superamphiphilic Nanomaterials, Photocatalytic Nanomaterials, and SPMS from CAS</i>
<i>Capital/investment</i>	<i>USD\$ 8,5 million</i>
<i>Investors</i>	<i>Good Fellow Group (HK Listed Company)</i>
<i>Strategy</i>	<i>Technology licensing, R & D focus for industrials and partnering with companies with existing large market shares</i>
<i>Partners</i>	<i>Erdos (Cashmere Company), Beijing Glass Ltd, Shan Shan Suit Co. Ltd. and others</i>
<i>Product</i>	<i>Superamphiphobic and Superamphiphilic Textiles and Coating for windows, air cleaner, nanocompósito polyurethane and SPMS</i>
<i>Revenue</i>	<i>Positive, balanced</i>
<i>Uniqueness</i>	<i>Backed by CAS in terms of HR, R & D infrastructures and even research funds</i>
<i>Comments</i>	<i>China can be competitive in applications of nanomaterials to existing industries</i>

O principal investidor da empresa é o *Good Fellow Group*, de Hong Kong, que detém 55% de participação na empresa.¹⁰⁴ O CAS tem 20% das ações, os cientistas da CAS 15% e o YongFeng High Tech Park tem 10%. O conceito de negócios da CASNEC é produzir uma plataforma de transferência de tecnologia para a P&D da CAS. A principal fonte de receita provém da transferência de tecnologia para produção em média escala e de serviços de consultoria. A empresa assinou um contrato de licenciamento de tecnologia em 2003 com a ERDOS Group, o maior fabricante de cashmere da China, que ocupa cerca de 30% do mercado nacional.

Comparada a outras empresas de risco, a CASNEC destaca as seguintes vantagens:

- *direct access to the R & D results of CAS;*
- *access to pool of good human resources including the experienced and retired scientists and engineers from CAS;*
- *receiving stable financial support from government and*
- *no market risk*

A CASNEC emprega 26 PhDs, 112 estudantes de mestrado, 3 MBAs e sete técnicos. Além da CASNEC há quatro outras empresas *spin off* criadas pela CAS, descritas na Tabela 15.

Tabela 15. Outras companhias (*spin offs*) criadas pela CAS relacionadas com nanotecnologia e nanociência.

¹⁰⁴ The Chinese Academy of Sciences Leading the Way to Commercialising Nanotechnology. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 11, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/11.php

Name of company	Founding Time	Capital in USD	Products	Revenue in USD em 2002
<i>Beijing Zhong-Shang Century Nanotechnology Co. Ltd</i>	<i>Sept 2000</i>	<i>\$ 2,4 million</i>	<i>Super-amphiphobic/amphiphilic textile and coating materials</i>	<i>\$ 2.8 million</i>
<i>Beijing Nano-Plastic Co. Ltd</i>	<i>May 2001</i>	<i>\$ 0,72 million</i>	<i>Nano-composite PU for playground</i>	<i>\$ 1.0 million</i>
<i>Beijing Hua-Ben Photocatalytic Technology Co. Ltd</i>	<i>Oct 2001</i>	<i>\$ 1,2 million</i>	<i>Photo-catalytic technique for air cleaning and water treatment products</i>	<i>NA</i>
<i>Beijing Bem-Yuan Scientific Instrument Co. Ltd</i>	<i>1988</i>	<i>\$ 0,12 million</i>	<i>Scanning Probe Microscopes including STM, AFM and SNOM</i>	<i>\$ 0.24 million</i>

O governo central chinês alocou cerca de US\$12 milhões para a comercialização de produtos de nanotecnologia em 2002, que se distribuíram entre as seguintes áreas: plásticos 20%, têxteis 20%, cerâmicas 17%, revestimentos 13%, borracha 13% e outros 17%.

Aproximadamente 800 companhias de nanotecnologia foram criadas na China de acordo com o MOST (Ministry of Science and Technology). A Tabela 16 apresenta uma estatística da distribuição das companhias em diferentes áreas.

Tabela 16. Distribuição das companhias de nanotecnologia criadas na China entre 2001 e 2002.

Nanotechnology	Number of Companies	
	Julho de 2001	Julho de 2002
<i>Nanomaterials Process</i>	<i>68</i>	<i>83</i>
<i>Nanomaterial Application</i>	<i>33</i>	<i>48</i>
<i>Nanomaterial Device</i>	<i>11</i>	<i>19</i>
<i>Ultra-fine Powder Process</i>	<i>73</i>	<i>105</i>
<i>Ultra-fine Powder Application</i>	<i>112</i>	<i>136</i>

Conforme se observa na tabela anterior, a produção de pós-nanoestruturados, tanto em processo quanto em aplicação, é de grande interesse para a China. A maioria das empresas se distribui entre Shanghai (35%), Beijing (30%) e Shenzhen (15%). A província de Guangdong tem a maior porcentagem de companhias de *nanopowders*.

Comparando com países como Estados Unidos e Japão a China necessita de infra-estrutura para comercialização nas indústrias *high tech*, principalmente no campo dos dispositivos (*devices*). Já no campo de aplicação de materiais, a China é competitiva. No entanto, ainda necessita de infra-estrutura para materiais eletrônicos avançados e há ainda um substancial *gap* 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.¹⁰⁵

Há duas estratégias de implementação da nanotecnologia na China: de curto e longo prazo. A estratégia de curto prazo é integrar a nanotecnologia com as indústrias tradicionais e desenvolver produtos com qualidade competitiva e performance que beneficiem os consumidores e mude sua qualidade de vida. Para conseguir a comercialização da nanotecnologia, a China está estabelecendo o *Industry Base and Engineering Center* próximo a Beijing e Shanghai. O *Nanotechnology Industry Base* está sendo construído em TianJin, a cerca de 100 km de Beijing. A pesquisa aplicada das principais organizações de P & D na área de Beijing será transferida para Tian Jian quando o centro se tornar operacional.

A estratégia de longo prazo é reforçar a ciência básica e aumentar a competitividade global da nanociência e nanotecnologia na China. O governo alocou US\$ 33 milhões para construção do *National Research Center of Nano Science and Technology*. Esse centro integrará as instituições *top* em P & D da China tais como: Chinese Academy of Sciences, Beijing University, TsingHua University, Fudan University, Jiaotong University, Nanjing University e East China University of Science and Technology. O objetivo desse centro é *to perform better coordinated and world class scientific research in nano science and technology*.

Os destaques da realização nanotecnológica na China podem ser assim resumidos:

- a) *Nanomaterials (Quasi-1D nanomaterials including CNT, Nanocables, Nanochannels, and Nanowires; Advancement in Hydrothermal Synthesis Method; and Nanostructured Metal and Ceramics).*
- b) *Nanodevices (100 nm level MOS Devices at TsingHua University; Infrared Adsorbing Quantum Dot Embedded Superlattices and Quantum Dot Laser at the Institute of Semiconductor of CAS; Ultra-high Density Data Storage on Organic Films at the Institute of Physics of CAS.*
- c) *Detection and Characterization of Nanostructures (self-developed SPM at the Institute of Chemistry of CAS, Self-constructed UHV-SEM-STM-EELS, LT-SNOM Systems).*

O crescimento no desenvolvimento nanotecnológico na China tem avançado rapidamente nos últimos anos, especialmente pelo maior volume de recursos orçamentários alocados para P & D e também pela qualidade dos programas de pesquisa.

A província de Beijing tem planejado gastar US\$2 bilhões até 2005, e metade deste valor viria da participação privada.¹⁰⁶

Na China, há mais de 20 instituições e companhias fazendo P & D em nanotubos de carbono. As companhias *high-tech* são geralmente fundadas por investidores locais, companhias IPO, governos regionais, o MOST e grandes corporações de Hong Kong e Taiwan. A ShenZhen Nanoport (NTP) foi fundada em 2001 por um grupo de empresários acadêmicos da CAS e

¹⁰⁵ O maior depositante de patentes (466) em nanomedicina e nanobiologia, Yang Mengjun, é acusado de nanobiopirataria, uma vez que patenteia ervas medicinais da medicina chinesa por meio da preparação de pós-nanométricos, assegurando para si o monopólio sobre qualquer tipo de raiz, casca, folha e fruta que seja utilizada para fins medicinais. Site: www.captainhookawards.org/hook.html

¹⁰⁶ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

investidores da cidade de Shenzhen, estrategicamente localizada na Shen Zhen HighTech Park, com sua indústria de fabricação localizada em Wuhan.¹⁰⁷

Esse grupo, liderado pelo professor Zuo-Long Yu (especialista na síntese e aplicação de nanotubos de carbono), desenvolveu o “Fluidised-Bed Processing for Mass Producing Carbon Nanotubes by Catalyst Method” e “Moving-Bed Processing for Continuous Producing Carbon Nanotubes by Catalyst Method”, as quais são as tecnologias chaves da NTP para a produção em massa de nanotubos de carbono, incluindo nanotubos de carbono com *multi-wall*, *single-wall* e *double-wall*, com dimensões e características controladas.

Também demonstraram que nanotubos de carbono podem ser absorvedores de micro-ondas e ainda demonstraram propriedades de absorção de ondas eletromagnéticas de banda larga.

A produção anual é da ordem de toneladas de MWCNT, desde 2001, e tem sido reconhecida como uma das maiores fabricantes de nanotubos de carbono no mundo. Também já alcançou capacidade de produzir *single-wall* e *double-wall carbon nanotubes* em grande quantidade e com alta qualidade. A NTP começou com dez pessoas e hoje tem 40; destes, 60% são pesquisadores.

A NTP também trabalha em colaboração com grandes universidades e companhias ao redor do mundo, mas trabalha ativamente com universidades, laboratórios nacionais e indústrias nacionais para garantir sua liderança na pesquisa e imediatas aplicações industriais. No entanto, para o financiamento da pesquisa ainda se fazem necessários recursos do governo central e local que totalizam cerca de US\$1 milhão.

As principais tecnologias da NTP são:

- *Continuous batch process of various standards carbon nanotubes (core technology and patented in China¹⁰⁸)*
- *Dispersing technology of carbon nanotubes (well-developed)*
- *Applied technology for carbon nanotubes in coating industry (863 project jointly developed with CAS)*
- *Applied technology for carbon nanotubes in plastic industry (currently being developed).*

Os principais produtos desenvolvidos pela NTP são: *single wall carbon nanotubes*, *double wall carbon nanotubes*, *multi wall carbon nanotubes*, *light color/color anticorrosive electrostatic conductive coating*, *CNTs-filled master batches for electrically conductive PC (under developing)*, *CNTs-filled master batches for electrically conductive PA66 (under developing)* e *CNTs-filled master batches for electrically conductive PEEK (under developing)*.

No começo de 2004, China e Taiwan iniciaram a construção do *Nano Sci-Tech Industrial Park* em Xian, capital da província de Shaanxi, na China. O centro de pesquisa e desenvolvimento já lançou 20 programas em pesquisa de supercondutores e nanotecnologia, incluindo o desenvolvimento de *nanofilmed glass* para a indústria da construção. Xian é um centro emergente de tecnologia na China.¹⁰⁹

¹⁰⁷ China Nanotech Star-up: ShenZhen Nanoport. *Asia Pacific Nanotech Weekly*, Vol.1-2, China (2003-2004). Site <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php>

¹⁰⁸ Wang, Y., Qu, M., YU, Z. Method of increasing the length of carbon nanotube. Patent Number CN1432528, 2003.

¹⁰⁹ ASIA-PACIFIC GOVERNMENTS INVEST IN NANO LABS AND RESEARCH CENTERS. Small Times. 22/01/2004, no site

O presidente da Foxcom Corporation (a maior indústria privada em Taiwan e uma das maiores no mundo de IT) doou US\$ 37 milhões para o TsingHua-Foxcom Nanotechnology Research Center (TFNRC), construído no campus da TsingHua University (uma das mais prestigiadas universidades da China), pretendendo tornar-se referência mundial como centro de pesquisa em nanotecnologia, bem como ser uma espécie de ponte para a transferência de tecnologia.¹¹⁰

O centro conta com a direção do professor Fan Shou-Shan, um dos mais conhecidos no campo da pesquisa dos nanotubos de carbono, e diferentemente de muitos centros de pesquisa na China o TFNRC está aberto, com todas as suas facilidades, a pesquisadores nacionais e internacionais, bem como incentiva colaborações e pesquisas interdisciplinares com universidades e indústrias. O centro manterá sua pesquisa acadêmica, mas também direcionará para aplicação no campo das indústrias de TI tais como: *flat panel displays, efficient batteries, thermal, optical and electronic devices. Computer-aided design and modeling for nano-optics, functional materials and devices* estão também no foco do centro. Um dos recentes resultados conseguidos pelo centro foi a demonstração de que nanotubos de carbono podem ser bons candidatos como fontes de luz incandescente polarizada devido à sua alta estabilidade a altas temperaturas no vácuo, emitindo luz.¹¹¹

Hong Kong

Em Hong Kong o fomento de P & D provém de duas fontes principais: o Research Grant Council (RGC) e o Innovation and Technology Fund (ITF). O RGC financia principalmente pesquisa básica em universidades e o ITF financia pesquisa em universidades e indústrias nas regiões “*mid-stream*” e “*downstream*” para promover o avanço tecnológico, melhorar a competitividade da indústria já existente e criar novas indústrias em Hong Kong. Os administradores do RGC e ITF mantêm uma boa comunicação o que permite coordenar os programas financiados de forma a evitar superposições.¹¹² Os programas de nanotecnologia do ITF começaram em 2001 após a aprovação do *Development of Nanotechnology Initiative* pelo conselho legislativo.

Os principais objetivos da *ITF nanotech initiative* são:

- *Enable the excellent research groups to build on its existing area of strengths in the development of nanotech applications.*
- *Promote collaborative research and development among research groups in difference science and engineering disciplines to create greater impact.*
- *Encourage the integration of research activities through partnerships between academia and industries.*
- *Development of functional nanomaterials for commercial applications in energy storage, telecommunications, textile, environmental and biomedical areas.*

http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=7269&keyword=China%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=11

¹¹⁰ Leading Nanotech Research Center in China. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 23, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-23.php

¹¹¹ Zhu, Y.C., Bando, Y., Xue, D.F. Spontaneous growth and luminescence of zinc sulfide nanobelts. *Applied Physics Letters* **2003**, *82*, 1763-1765.

¹¹² Hong Kong Nanotechnology Initiative and Funding Programs. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 5, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/china.php

O financiamento de projetos pelo ITF tem duração de dois a três anos e a quantidade é geralmente maior que o auxílio dado pelo RGC. Os auxílios à pesquisa concedidos pelo ITF ficam entre US\$260 mil e US\$1,8 milhão. O orçamento total do ITF para pesquisa em nanotecnologia não é fixo, pois depende do número de propostas, mas para se ter uma idéia, o financiamento total destinado aos projetos de pesquisa em 2001 foi de US\$2,3 milhões e em 2002 chegou a US\$ 5,3 milhões. No período de 1998-2002 o total destinado pelo RGC e ITF para pesquisa em nanotecnologia nas universidades foi de US\$ 20,6 milhões, enquanto a indústria contribuiu com US\$ 4,7 milhões, totalizando US\$25,3 milhões.

Os quatro principais esquemas para financiamento pelo ITF são:

- a) *ITSP- Innovation and Technology Support Program which requires 10% industry matching fund*
- b) *UICP- University-Industry Collaboration Program which requires 50% industry matching fund*
- c) *SERAP-Small Entrepreneur Assistance Program*
- d) *GSP- General Support Program*

Os projetos financiados desde o final de 2001 são principalmente em nanomateriais visando indústrias de *coatings, textiles and displays*. Ainda em 2001, havia um projeto em andamento da Hong Kong University of Science and Technology (HKUST) no desenvolvimento de transistores em *Nanoscale CMOS e Non-CMOS*.

Em 2002, a *Innovation Technology Commission (ITC)* emitiu edital em nanotecnologia dentro do *Innovation Technology Support Programme (ITSP)* do ITF com o objetivo de criar sinergia, colaboração e maior impacto por meio da integração de esforços individuais no sentido de avançar a tecno-economia da Hong Kong. Objetiva ainda o desenvolvimento comercial de materiais funcionais para armazenar energia, telecomunicações, optoeletrônicos, têxteis, biomedicina, entre outros. Para ajudar a avaliar e estimar as possíveis aplicações, o *Nanotechnology Projects Vetting Committee (NPVC)* foi formado e consiste de industrialistas locais e especialistas internacionais em nanotecnologia. Duas das cinco aplicações foram recomendadas e aprovadas recentemente, sendo elas:¹¹³

- *Establishment of a Nanotechnology Center for Functional and Intelligent Textiles at Hong Kong Polytechnic University (PolyU) with total budget of USD\$1.88 million with USD\$ 1.6 million from ITF and the rest from local industries.*
- *Development of Functional Nanomaterials and Technologies from the Hong Kong University of Science and Technology (HKUST). The total cost of the project is USD\$ 8.11 million, USD\$ 7.3 million from ITF and the rest from local industries.*

Assim o valor total de fundos do ITF para nanotecnologia para 2003-2004 é de US\$ 8,9 milhões.

O projeto da PolyU objetiva melhorar as propriedades dos tecidos por meio da aplicação de *nano-finishing* (nanoacabamento) e nanotecnologia. O alvo do projeto é produzir produtos têxteis (tecidos) e de vestuário que exibam propriedades multifuncionais tais como: resistência ao ultravioleta, a manchas e que seja repelente a água e antibactéria. São os chamados

¹¹³ Hong Kong Launched Nanotech Centers. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 22, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/22.php

tecidos inteligentes que poderiam responder a diferentes ambientes. Além desses também se objetiva produzir fibras fotônicas nanoestruturadas para telas em tecido.

O projeto da HKUST objetiva as seguintes áreas no período de quatro anos:

- *Energy storage: microfuel cells based on ultra-small carbon nanotubes, fullerenes, nanoporous membranes and nanoparticles- Ecofriendly microfuel cells with nanostructured materials and miniaturized architecture for enhancing performance for portable electronic devices such as mobile phones and PDA.*
- *Nanoelectronics: Displays based on ultra-fine nanostructures made with organic and inorganic materials – application on nanotechnology to provide better performance displays for driving display technologies to advance progressively.*
- *Integrated manufacturing technologies for nanomaterials including CNTs and fullerenes, and nanoparticles including organic and inorganic compounds-lead to enabling technologies to produce high yield nanomaterial at low cost.*

O ITF designou US\$ 7,3 milhões para o HKUST para desenvolver nanomateriais funcionais e tecnologias por meio do estabelecimento do *Institute of Nanomaterials and Nanotechnology (INMT)*. As três áreas principais de pesquisa, que são: baterias (*energy storage*), transistores (*nanoelectronics*) e catalisadores (*environmental catalysis*) serão incorporadas às diretrizes do INMT para maximizar os benefícios sinérgicos.

O INMT desenvolverá capacidade de pesquisa em nanomateriais e nanotecnologia em Hong Kong por meio de:

- *establishing the Institute as a world-class nanomaterials and nanotechnology R&D center for technology development, technology transfer, industry partnership, and international collaboration;*
- *development core competence in critical areas of nanomaterials and nanotechnology that can lead to potentially new commercial products and processes and enhance foundation industries in Hong Kong and the region;*
- *enhance the nanotechnology human resources in Hong Kong scientists, engineers and entrepreneurs for the present and future demand of Hong Kong and the region;*
- *and acting as a regional and international hub for nanomaterials and nanotechnology R&D through multi-disciplinary and multi-institutional collaborative approach by providing lineage and cohesion to fundamental research, engineering processes and the industrial applications.*

Sendo Hong Kong o segundo maior exportador de tecidos e roupas do mundo é fácil entender o interesse em centros de pesquisa nessa área, a fim de desenvolver novas tecnologias para o aumento da competitividade global. Tanto o governo de Hong Kong, quanto as indústrias reconhecem que a nanotecnologia fornecerá ferramentas poderosas para o crescimento da economia. Nesse sentido foi criado em junho de 2003 o *Nanotechnology Center for Functional and Intelligent Textiles and Apparel (NTC)* junto a *Polytechnic University* pelo ITF e algumas empresas também colaboraram, como a *Artex Fashions Ltd (Asia)*, *Bondex International Ltd (HK)*, *Cha Textiles Ltd*, *Glorious Sun Holding Ltd*, *Link Dyeing Works Ltd*, *Sun Hing Elastic & Lace Fty. Ltd* e *Wah Tai Piece Goods Ltd*.¹¹⁴

¹¹⁴ Nano Textiles in Hong Kong. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 29, 2004. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-29.php

A missão do NTC é:

- *provide research and development infrastructure for textiles and apparel related nanotechnology;*
- *develop new nanotechnology and products for functional and intelligent textile materials and apparel;*
- *facilitate technology transfer to and collaboration with the industry, and*
- *provide training to postgraduate students and company technical personnel.*

O programa do NTC consiste de quatro subprojetos que são:

- *Nano-structured surface polymerization system*
- *System for precise manufacture of nano-particles*
- *Patterned electrical textile and devices*
- *Nano-structure photonic fibers and fabrics*

Os resultados até agora conseguidos pelo NTC são:

- *Optimized surface polymerization systems for UV-blocking, stain-, oil-, water-repellent, anti-bacteria finishing of cotton, polyamide and polybenzimidazole fabrics, and nano-pigment coloration system.*
- *Customer tailored synthesis for precise size and sensitivity control of nano-structures for functional finishing and photonic fibers.*
- *Optimized fabrication system for conductive textiles sensing devices for strain, temperature and relation humidity, and a prototype of electrical sensing apparel.*
- *Prototypes of photonic fibers that can regulate light intensity and color and a prototype of 2-colored display fabric made from such fibers.*¹¹⁵

Para os programas de pesquisa do NTC foram destinados US\$ 1,9 milhão no período 2003-2006.

Coréia

A Coréia é um país muito competitivo em áreas como *semiconductors* e *display technologies*, mas além de fortalecer uma forte P & D em nanotecnologias nessas áreas, também é necessário tornar o país competitivo em áreas de *materials* e *advancing basic technology development*.¹¹⁶

Dentro dessa diretriz, o governo sul-coreano aprovou recursos da ordem de US\$ 1,3 bilhão para P & D em nanotecnologia dentro do *Ten-Year Plan for Promoting of Nanotechnology*, de 2001-2010. Em 2002, houve um aumento de 400% nos gastos públicos em nanotecnologia comparados aos do 2000.¹¹⁷ O governo também anunciou o “*2003 Action Plan for Nanotechnology Development*” que inclui o “*Presidential Degree and Enforcing Regulation*” para implementação do “*Nanotechnology Development Promotion Act*”. O objetivo do *Act* é

¹¹⁵ Detalhes sobre as atividades e programas do NTC podem ser conseguidas pelo site www.nano-textiles.com

¹¹⁶ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

¹¹⁷ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

preparar uma sólida base de pesquisa para nanotecnologia e encorajar a sua industrialização, como sugere o seguinte resumo do Act:¹¹⁸

- *prepare and implement the Master Plan for NT development,*
- *make Technology Road Map for NT,*
- *select proper NTs that should be developed in Korea,*
- *plan 'education and training of workforces for NT',*
- *expand infrastructures for nanotech research, including nanofabs,*
- *designate several research institutes specialized in NT and have them serve as bases for NT research,*
- *construct a system for producing, circulating and managing NT technical information,*
- *establish the national standard for measurement regarding NT,*
- *establish 'research complexes for NT development',*
- *study the implication of NT in environmental, societal and ethical problems and apply the results to policy decision for NT development*

Desse valor total, 66% vêm do governo e os restantes 34% de empresas privadas. Os fundos destinados à nanotecnologia nesse plano de dez anos são divididos em três fases como apresenta a Tabela 17.

Tabela 17. Plano de investimento de recursos de fundos (*funding*) em nanotecnologia no período 2001-2010.¹¹⁹

Phase	1 st (01-04)		2 nd (05-07)		3 rd (07-10)		Sum		
	Gov	Civil	Gov	Civil	Gov	Civil	Gov	Civil	Sum
R/D	203	44	232	137	232	206	667	387	1,054
ED/Training	31	-	18	-	19	-	68	-	68
Infrastructure	64	28	28	11	23	10	115	49	164
Total	298	72	278	148	274	216	850	436	1,286

Em 2004, o orçamento total do governo coreano para nanotecnologia chegou a US\$ 250 milhões, o que é 15% superior ao orçamento de 2003, de US\$ 219 milhões. Metade do aumento se deve ao aumento de *nanotech applications and devices programs*. As metas para 2004 incluem:¹²⁰

1. *Enhancement of nanotech promotion system*
Road map on nanotech manpower, Activation KoNTRS
2. *Activation of technology-innovatio type R/D*
Focusing the R/D fund on the nationally competitive nanotech
Focusing the R/D fund on the application of nanotech to IT & BT
3. *Expansion and strengthening of nanotech infrastructure*

¹¹⁸ Dr. Sang Hee Suh. Strategy and programs for nanotechnology development of Korea, no site <http://cnmt.kist.re.kr> ¹¹⁹ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

¹²⁰ Korea National Nanotechnology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 37, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-37.php

Expansion of Nano-net, Intensifying Nano Fab Center appl. Program
4. *Emphasis on effective international networking*
Role of KoNTRS on the international networking

A KoNTRS (*Korea Nanotechnology Researchers Society*) é uma associação de pesquisadores coreanos exclusivamente dedicados à pesquisa em nanotecnologia. Criada em 2003, além de servir como plataforma de rede tem um papel muito importante em fazer recomendações sobre a política de ciência e tecnologia coreana.

Esse volume de recursos, cerca de US\$ 200 milhões por ano, é uma das metas da *Nanoscience and Technology National Initiative* para tornar a Coréia líder mundial em certas áreas competitivas e desenvolver nichos de mercado para o crescimento industrial. O programa coreano estabeleceu algumas "*core technologies*" como *Tera-level Integration of Electronic Devices*. O *Year 2002 Plan for Implementing Nanotechnology Development* foi lançado junto com outros dois *Frontier Research Programs*, *Development of Nanostructured Materials Technologies* e *Development of Nanoscale Mechatronics & Manufacturing Technologies*. Cada um desses programas teve orçamento inicial de US\$ 100 milhões por um período de dez anos.

Um resumo desses programas é o seguinte:

- R&D of nano-materials, devices and systems technologies for which highest industrial impact is expected ("Korea should be competitive within 10 years we have enough workforce at present").
- 4 Frontier Research Centers for Nanotechnology
Center for Nanostructured Materials Technology
Center for Nanoscale Mechatronics & Manufacturing
Tera-level Nanodevice Program
Intelligent Microsystem Center

Os objetivos do *Frontier Research Program for Nanostructured Materials Technology* são: "development of world-top-level nanostructured materials technologies for three main areas":

- High strength nanostructured materials
Nanostructured bulk materials
Nanostructured composite materials
Hard coating materials
- Environmental and energy storage materials
Catalysts for environment applications
Active materials for rechargeable batteries
- Optical materials for information technology
Nanostructured materials and devices for broad band optical communication
Nanostructured materials and devices for display applications

Outros programas de nanotecnologia desenvolvidos na Coréia são:

- NBIT Fusion Technology Programs
4 programs (2003)
- National Research Laboratories

- 20 Laboratories including Carbon Nanotube Research Laboratory, Ultrafine grained Structural Materials Laboratory and others*
- Creative Research Initiatives
 - 10 Centers including Center for Science in Nanometer Scale and others*
- ERC/SRC
 - 4 Centers including Quantum-Functional Semiconductor Research Center and others*

As funções dos três ministérios envolvidos no desenvolvimento de nanotecnologia são:

- *Ministry of Science and Technology:*
 - *Coordinate national nanotechnology development*
 - *Support mid- and long-term R&D activities for Nano Science and Technologies*
 - *Support establishing infrastructures for NT*
 - *Nanofab centers*
- *Ministry of Commerce, Industry, and Energy:*
 - *Establish infrastructure for helping industries develop and utilize NT*
 - *Support near- and mid-term R&D activities for NT with focus on commercialization*
- *Ministry of Information and Communication*
 - *Support R&D for IT related nanotechnologies*

Há também uma forte preocupação com a formação de profissionais capazes de desenvolver nanotecnologias, sendo três as estratégias adotadas pelo governo coreano:

- *Short term strategy*
 - Training existing workforces for NT*
 - Recruiting foreign workforces*
- *Mid- and long- term strategy*
 - Establish NT departments in universities*
- *Develop interdisciplinary education programs*
 - Recruit or reorient professors who would educate workforces for NT*
 - Train core workforces involved in NT R&D*

Além do Frontier Research Programs for Nanotechnology, a Coréia também lançou “Core”, “Basic” and “Fundamental” Nanotechnology Research Programs com orçamento total de US\$ 20 milhões pelos próximos seis a nove anos (2007 a 2010),¹²¹ cujas metas são:¹²²

- *For developing nanotechnologies in the areas in which, big impact on the national strategic industries is expected, technological basis should be expanded, long-term explorative research is needed, and creative experts in NT could be trained.*
- *Period: 6-9 years*
- *Budget*
 - Core NT program: ~2 M USD/y for each of 5 projects*
 - Basic NT program: ~1 M USD/y for each of 9 projects*
 - Fundamental NT program: 20 teams*

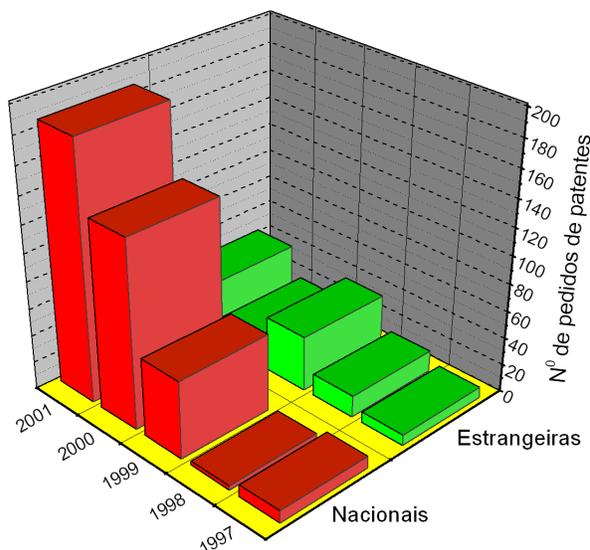
¹²¹ Nanotechnology Strategy in Korea. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 27, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/27.php

¹²² Dr. Sang Hee Suh. Strategy and programs for nanotechnology development of Korea, no site <http://cnmt.kist.re.kr>

Na área de infra-estrutura o governo coreano criou o National Nanofab Center (NNFC) em 2002 e que deverá estar concluído em novembro de 2004, com o objetivo principal de fabricar nanodispositivos. O centro fica localizado no Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), que também o administra. Um total de US\$ 165 milhões foram alocados pelo Ministry of Science and Technology (MOST) para este centro no período de 2002-2010. Os recursos do Centro são gerenciados pelo Korea Institute of Science and Technology Evaluation Policy (KISTEP).¹²³

O governo coreano também destinou um fundo de US\$ 380 milhões (19% do total gasto em nanotecnologia) para a *National Nano Industrialization Program* que inclui fundos de P & D industriais e fundos de capital de risco.

O Korean Patent Office publicou um relatório em 2002 em que mostra que houve um grande aumento no número de pedidos de patentes em nanotecnologia nacionais em relação aos pedidos estrangeiros desde 1999, como apresenta a Figura 7.



Ano	Coréia	Estrangeiros
1997	9	8
1998	3	16
1999	57	40
2000	137	22
2001	187	44

Figura 7. Números de pedidos de patentes em nanotecnologia na Coreia entre 1999-2001.

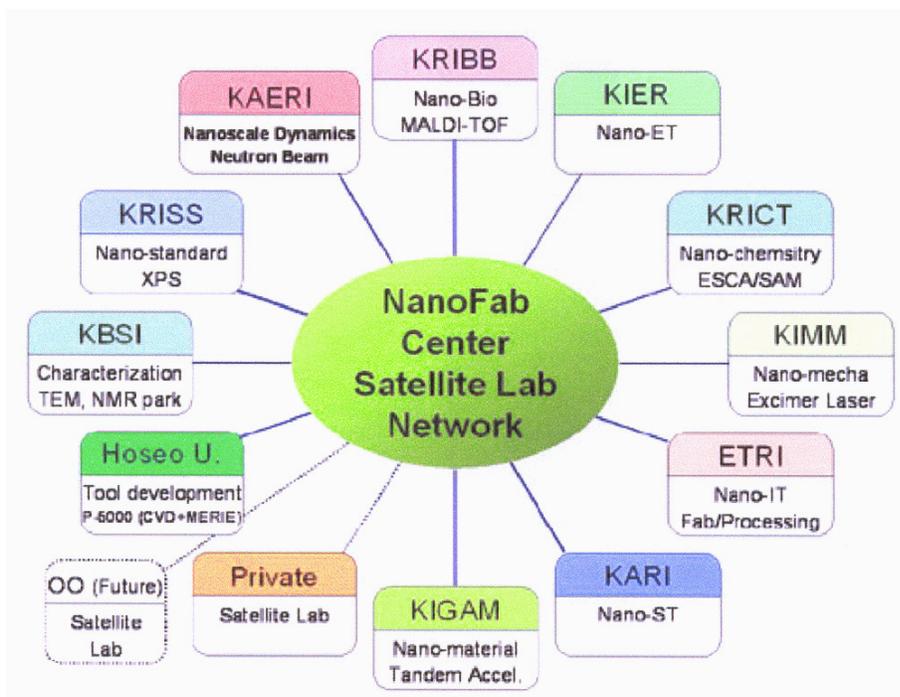
O número de empresas *start-up* de nanotecnologia criadas na Coreia aumentou substancialmente durante os últimos anos. O Ministry of Commerce, Industry and Energy (MOCIE) fez uma pesquisa para conhecer o status das companhias de risco no país e a Tabela 18 apresenta um resumo das principais companhias estabelecidas desde 2002.

¹²³ Korea National Nanotechnology Fabrication Center. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 14, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-14.php

Tabela 18. Empresas de *Nanotech Venture* coreanas.

Name	Item
Nanonex	Nanopowder, nanoceramic powder
Nanonix	Nanopowder, nano magnet
Nanohybrid	Vitabrid series
Nanotech	Nanoparticles
Anapro.com	ITO, BaTiO ₂ , SrTiO ₃ nano powder and sol
Nano Enc	Colloidal silver
Nanopac	Photocatalysis
Nanotech Korea	Nanocomposite, ULD, PTCR
Dinjini Semichem	Photoresist, packaging material
Biosera	Microbial agents, agricultural materials
Sukyung	Nanopowder for display and electronic components
Egkholdings	Nanophotodetector
Iijin Nanotech	Materials for CNT (carbon nanotubes)
PSIA	Advanced Scanning Probe Microscopes

O centro também recebe suporte financeiro da cidade de Daejeon¹²⁴ e de indústrias locais. Além das novas facilidades, o centro compartilha facilidades e equipamentos com outros laboratórios em toda a Coreia, chamados de laboratórios satélites, apresentados na Figura 8.



Legenda: ETR – *Electronics and Telecommunications Research Institute*; Hoseo U *Hoseo University*; KAERI – *Korea Atomic Energy Research Institute*; KARI – *Korea Aerospace Research Institute*; KBSI- *Korea Basic Science Institute*; KIER – *Korea Institute of Energy Research*; KIGAM – *Korea Institute of Geoscience And Mineral Resources*; KIMM – *Korea Institute of Machinery and Materials*; KRIBB – *Korea Research Institute of Bioscience &*

¹²⁴ Cidade ao centro da Coreia do Sul e com perfil científico semelhante ao de Tsukuba, no Japão.

Biotechnology;KRICT- Korea Research Institute of Chemical Technology; KRISS – Korea Research Institute of Standards and Science.

Figura 8. Laboratórios satélites do NanoFab que ficam dentro de um raio de 200 Km.

O gasto total do NNFC é de aproximadamente US\$ 290 milhões incluindo investimentos em equipamentos, construção da *Fab*, operação e manutenção com a propriedade (*land*), equipamentos para os laboratórios satélites e outros gastos.

Os principais equipamentos do centro são:

- *Litography (E-beam, i-Line Stepper, Mask Aligner, Nano-imprint, Microscope etc.)*
- *Etching (Oxide, Poly Etcher, Metal Etcher, PR Stripper, Deep Si Etcher etc)*
- *Difusion (LPCVD, RTP, Wet Station, Part Cleaner, Furnace etc)*
- *Thin Film (Sputter, ALD, Ion Implanter, CMP etc)*
- *Biochemical & New Materials (Bond Aligner, Chip Aligner, Laser Micro Machine, Fusion Bonder, Femto Second Laser, Nano Cluster Ganerator, Chemical Vapor Condensation, Nano Indentor XP etc)*
- *Metrology (FE-TEM, FE-SEM, FIB, AFM etc)*

O conceito do NNFC é produzir “*one stop service from idea generation to manufacturing engineering samples*” e estabelecer colaborações com os laboratórios satélites para otimizar a utilização das facilidades.

As áreas de pesquisa e serviços (*foundry service*) incluem *nanomaterials, nanobio, nanodevices, NEMS, fundamental physics* e *metrology*.

Há registros de desenvolvimentos autônomos por empresas. Por exemplo, a LG Household and Health Care Ltd. se dedica à pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia para limpeza, beleza e cuidados com a saúde. Os produtos produzidos pela LG utilizam *nano carbon ball materials*¹²⁵ que têm estrutura *core-shell* e são utilizados em produtos para desodorização e melhoramento da qualidade do ar. Além de sua alta capacidade de desodorização, as *nano carbon balls* apresentam excelente capacidade de purificação da água.

Austrália

O *Australia Research Council (ARC)*¹²⁶ é a principal agência financiadora para ciência e tecnologia no país. Focada em ciência fundamental, recebeu recursos adicionais de US\$ 537 milhões para um período de cinco anos, para duplicação dos fundos de concessão competitivos da ARC. Sob o *National Competitive Grants Program* quatro áreas de prioridade foram estabelecidas para o ARC 2003:¹²⁷ *Nano-materials and Bio-materials; The GenomPhenome Research; Photon Science and Technology; Complex/Intelligent Systems*

¹²⁵ Improving Quality of Life with Nanotechnology. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 31, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-31.php

¹²⁶ Fonte: http://www.arc.gov.au/arc_home/default.htm

¹²⁷ Asian Pacific Nanotech Weekly Summary for 2003. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-4.php

Para esse programa especificamente foram alocados US\$349,2 milhões para o período 2004/2005. Mais de 50% desse total é para financiar pesquisa de excelência (*research excellence*), 30% para pesquisa em colaboração (*collaborative research*) e infra-estrutura e os 20% restantes para centros de excelência nacionais selecionados.¹²⁸

Em 2002, o ARC lançou o programa de fundos para nanociência com um total de US\$38,57 milhões para o período 2002-2007. A Tabela 19 apresenta a distribuição desses recursos durante o período, especificamente para nanotecnologia.

Tabela 19. Distribuição de recursos do programa de nanociência entre os vários segmentos, no período 2002-2007.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Projects</i>	\$ 1,78 M	\$ 7,65 M	\$ 7,11 M	\$ 5,52 M	\$ 1,85 M	\$ 0,52 M
<i>Infrastructure & Equipment</i>	\$ 1,39 M	\$ 2,46 M	-	-	-	-
<i>Federation Fellowships & CSIRO postdocs</i>	\$ 1,64 M	\$ 1,68 M	\$ 1,68 M	\$ 1,68 M	\$ 1,64 M	\$ 1,64 M
<i>International Exchanges/Collaborations</i>	\$ 0,11 M	\$ 0,11M	\$ 0,09 M	\$ 0,02M	-	-
Total	\$ 4,92 M	\$ 11,9 M	\$ 8,88 M	\$ 7,22 M	\$ 3,49 M	\$ 2,16 M

Há ainda investimentos regionais como, por exemplo, o realizado pelo Estado de Victoria (sudeste australiano) que investiu US\$8,73 milhões no biênio 2002/2003, no *Nanotechnology Victoria*. Outro exemplo é o de Queensland que investiu US\$ 14,55 milhões no *Institute of Bioengineering and Nanotechnology*, localizado em Brisbane.

O CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research*)¹²⁹ tem aproximadamente 12 unidades de pesquisa em P&D diretamente ligadas à nanotecnologia. Seu gasto anual está entre US\$ 10,9 e US\$ 14,6 milhões em contratos de P&D em nanotecnologia. As áreas mais fortes de pesquisa são: *Materials Nanotechnology* e *Biological Nanotechnology* (especialmente em diagnósticos), dando ênfase a *biomimetics* e *interfaces*. A partir de 2004, os principais focos do CSIRO estarão na área tecnológica em *Environmentally Significant Separations* (*Desalination, H₂O/Ethanol, O₂ and CO₂/air*) e *Ambient Sensing (Intelligent and Adaptive Buildings/Textiles/Appliances Packaging)*. Todo o investimento feito pelo CSIRO em nanotecnologia já começa a dar resultados, já que oito patentes se tornaram produtos comercializáveis.

Cerca de US\$124 milhões foram alocados em 2003 para financiar projetos e centros por um período de até cinco anos. Para o programa *ARC Center of Excellence (COE)*, que foi iniciado em 2003, foram destinados US\$ 65,7 milhões durante cinco anos para oito centros localizados em diferentes pontos do país. A nanotecnologia dos COE inclui:

- *Quantum Computer Technology*
- *Quantum-Atom Optics*
- *Advanced Silicon Photovoltaics and Photonics*

¹²⁸ Australian Nanotechnology Funding and Strategy. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº 5, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-33.php

¹²⁹ Fonte: <http://www.csiro.au/>

- *Ultra-high-bandwidth Devices for Optical Systems*

Foram ainda comprometidos mais de US\$32,8 milhões em investimentos por parte dos governos estaduais, empresas de capital de risco e outros investidores. Em 2001, o governo australiano lançou o *Backing Australia's Ability*, um programa de longo prazo, com uma dotação orçamentária de US\$ 2,18 bilhões, para financiamento de pesquisa multidisciplinar e desenvolvimento de infra-estrutura. Os focos desse programa são:¹³⁰

- *a staged approach to nanotechnology development, with a well-developed R&D strategy focusing on short and long-term commercial outcomes;*
- *fostering creativity and innovation through national research priority setting and substantial research funding schemes;*
- *pro-active cross-discipline nanotechnology network development with collaborative research programs.*

As principais áreas de interesse nanotecnológico da indústria australiana são as seguintes:

- *New Materials/Particles, such as high-performance composites, polymers, self assembling molecules and membranes. These have specialized applications such as in automotive components, aerospace, medical implants and instruments;*
- *Medical and Pharmaceutical Devices and Processes, including diagnostic tests and devices, drug delivery, cancer treatment, and neurological disorder treatments;*
- *Manufactured Environmental and Agricultural Products, such as filters, sensors and indicators; and*
- *Nano-based Energy Products such as miniature energy sources and batteries.*

Desses, a área de materiais e partículas é um dos focos mais fortes de pesquisa e aplicação de produtos. Aproximadamente 70 grupos de pesquisa trabalham em nanotecnologia na Austrália e a grande maioria nessa área, seguido de *nano-biotechnology* e *environmental applications*. Outros nichos significativos são *nanoelectronics & photonics* e *quantum computing*.

Um exemplo interessante é o das *nanosunscreens*, nanopartículas de óxido de zinco, que tem grande capacidade de absorver raios ultravioletas e se tornaram muito populares na Austrália em 2001 chegando a representar 60% do mercado de bloqueadores solares nesse país.¹³¹

Cingapura

A principal agência financiadora para *Nanoscience and Technology* em Cingapura é a *Agency for Science, Technology & Research (A*STAR)*. A *A*STAR Nanotechnology Initiative* começou em 2001, tendo como principais metas caracterizar a pesquisa em nanotecnologia como um esforço contínuo para formar capacidades cumulativas e a promoção de inovações nas áreas importantes para as indústrias de Cingapura.¹³²

¹³⁰ Nanotechnology Australia. Capability & Commercial Potential. Australian Government/Invest Australia. 2004. No site <http://www.nanotechnology.gov.au/index.cfm>

¹³¹ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

¹³² Nanotechnology in Singapore. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 26, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/26.php

A*STAR desenvolve programas de pesquisa em nanotecnologia nas seguintes instituições:

- *Institute of Materials Research and Engineering (IMRE) – Photonics, Advanced Materials*
- *Institute of Microelectronics (IME) and Data Storage Institute (DSI) – Semiconductor, Electronics, Storage*
- *Institute of Bioengineering and Nanotechnology (IBN) – Bionanotechnology*

Os esforços desses programas estão direcionados ao desenvolvimento tecnológico de indústrias-chaves para Cingapura como as indústrias de eletrônica, química e biomédica.

O *Singapore Economic Development Board (EDB)* é outra agência financiadora de suporte à P&D em aplicações industriais, particularmente *funding nanotech start-ups and international joint ventures*. O EDB está tomando a iniciativa de estabelecer o *Nanotechnology Industry Application Center* onde as *start-ups* podem co-desenvolver aplicações com líderes de mercado em Cingapura. O EDB é ativo em promover as vantagens do país como um atrativo centro para negócios e investimentos e age como o principal facilitador de parcerias globais e para o crescimento da comercialização e mercado global de nanotecnologia.

A Figura 9 apresenta um gráfico da evolução dos fundos destinados a projetos de nanotecnologia e o número de publicações no período 1996-2006.

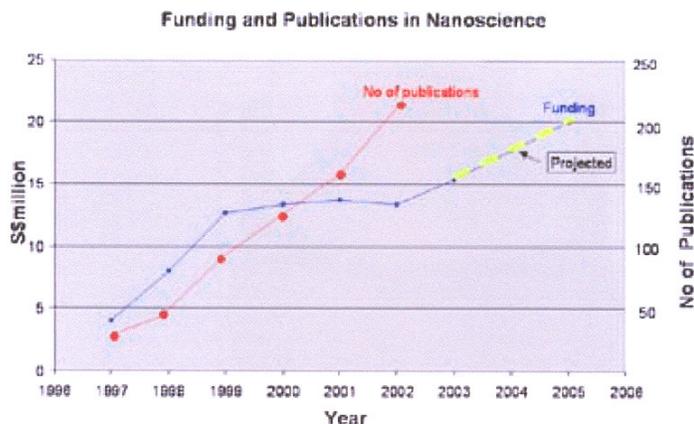


Figura 9. Perfil da evolução do número de publicações e dos fundos destinados a nanotecnologia em Cingapura. (S\$ 1,000= US\$ 0,5887)¹³³

De acordo com a figura acima foram investidos em 2002 cerca de US\$ 8,24 milhões em projetos de nanotecnologia e há uma tendência de crescimento no volume de recursos, devendo alcançar em 2004 quase US\$ 10 milhões. No período 2003-2007 os investimentos deverão ser da ordem de US\$ 100 milhões, de acordo com a Figura 5.

As instituições de pesquisa que têm atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia em Cingapura estão resumidas na Tabela 20.

Tabela 20. Instituições de Pesquisa em Nanotecnologia em Cingapura.

Name	Funding	R & D strength	Partnerships	Applications
<i>The Advanced Materials Research Center</i>	<i>USD\$12,4 M</i>	<i>Processing of Artificial bone using RF suspension plasma spraying: Spark Plasma Sintering</i>	<i>Industrial Manufacturing Institute (CA), National Research Council (CA),</i>	<i>Nanocomposites, Nanocoatings, Nanostructured Magnetic Materials,</i>

¹³³ Fonte: <http://www.financeone.com.br/conversores.php>

(AMRC), NTU		system capable of densifying Nanomaterial compounds at faster speeds and lower temperature than conventional methods	Ecole Nationale Supérieure Des Mines de Paris (FR), Montpellier Univ. (FR), Fraunhofer Institute for Advanced Metallics and Composites (DE), Cambridge Univ. Imperial College (UK)	Nanomaterials Synthesis and Characterization Techniques, Fuel Cells Bioglass, Carbon and other advanced Ceramics/composites
National Univ. of Singapore Nanoscience and Nanotechnology Initiative (NUSNNI)	NA	Bio-nanotech, Nanoelectronics, Nanophotonics, Nanomagnetism, Molecular self-assembly and devices, Nanostructures & Nanomaterials	Local: Faculty of Medicine (NUS), National Univ. Hospital, Johns Hopkins Singapore, Inst. Of Materials Research and Engineering. Institute of High Performance Computing, Data Storage Inst., Institute of Microelectronics, Agilent Technologies, Chartered Semiconductor Manufacturing Overseas: Univ. of Queensland, Hong Kong UST Hitachi MIT, Univ. of Illinois Johns Hopkins Univ. Georgia Inst. Of Technology, Univ. of Texas, Drexel Univ., UC Berkeley, UC Santa Barbara, IBM	Biotechnology Medicine Information & Communication Technology Engineering Science
The Precision Engineering and Nanotechnology Center (PEN), NTU	Since 1997, the order of USD\$8,83 M awarded from A*STAR and NTU	Micro-replication, Ultra-precision Machining, Femto-second laser, Micromachining, Nano-metrology Focused Ion Beam Machining Highlights: Nanoparticles and Nanodefects detection system for unpolished silicon	Sony, Infineon Technology, Hewlett Packard, HongGuan Technologies, AIST (JP)	Nanoscale Precision Machining, Nanometrology, Nanodefects Detection

		wafers; Next-generation "breathable" contact lenses		
The Ngee Ann Polytechnic	A*STAR	Nanomaterials production for use as active pharmaceutical ingredients	NanoMaterials Technology Pte Ltd	Nano-sized crystals of Ibuprofen
The Institute of Materials Research and Engineering (IMRE)	A*STAR	Micro/Nano systems, Molecular Materials, Opto Electronic Systems, Science and Characterization Lab	-	Nanocomposites, Nanopatterning, Nanostructure Characterization
The Institute of Microelectronics (IME)	A*STAR	IC and Systems; Semiconductor Process Technologies; Microsystems, Modules and Components	Georgia Institute of Technology, USA; NUS, Singapore	Memory Devices, Transistors, Nanochip Packaging, Photonics Devices, Front-end Power Devices, BioMEMS, High Density Interconnects
The Data Storage Institute (DSI)	A*STAR	Nano Spinelectronics, Nanomemory like MRAM, CRAM, Nanoprobes, Nanostructured Materials like Carbon Nanowalls and tubes, Laser Nanopatterning, Nanofabrication, Process for Media, Sliders, HGAs, Nanoparticles and Self-assembly Technique	-	Carbon Nanowalls, Nanosensors and Probe-based magnetic recording, Nanofabrication of magnetic media, Laser assisted nanofabrication
The Institute of Bioengineering and Nanotechnology (IBN)	A*STAR	Delivery of Drugs, Protein and Genes, Tissue Engineering, Organ Replacement and Assist Devices, Medical Devices. Biological and Biomedical Imaging, Nano-biotechnology	Genomics Inst. Of Singapore, Health Sciences Authority, IME, IMRE, NTU, NUS, National Cancer Center, National Univ. Hospital, Lawrence Livermore National Lab, SurroMed, Nanoplex Technologies	Encoded Nanoparticles (Nano-barcodes) for biomarker discovery, Nanostructured Materials, Electrodeposition, Microfluidics, Nanoparticle tags, Nanoparticle Functionalization
The Institute of High Performanc	A*STAR	Computational Chemistry, Computational	-	Modelling and Characterization of Molecular

e Computing (IHPC)		Electro-magnetics and Electronics, Computational Fluid Dynamics, Computational MEMS, High-end Computing		Electronic Nanostructures, Theoretical Study of Boron, Carbon and Nitrogen Ternary Nanoclusters and Nanotubes, Growth Modelling of low- Dimensional Quantum Structures
The Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech)	A*STAR	Forming Technology, Joining Technology, Machining Technology, Manufacturing Execution Technologies, Mechatronics, Precision Measurements, Production and Logistics Planning, Product Design and Development Technology	IHPC, NTU	Nanostructured Components Direct manufacturing. Nanostructured Materials

Dentro da NUSNNI (***National University of Singapore Nanoscience & Nanotechnology Initiative***¹³⁴), a NUS destinou aproximadamente US\$1,7 milhão em bolsas de estudo para formação de mestres em áreas relacionadas à nanotecnologia. A NUS possui seis patentes em nanotecnologia.¹³⁵

Os objetivos da NUSNNI são:

¹³⁴ NUS, in tradition of spearheading cutting-edge research programs, has launched the NUS Nanoscience and Nanotechnology Initiative (NUSNNI) to promote this area of research. The aim of NUSNNI is to initiate and coordinate long-term nanoscience and engineering research. Our objective is to achieve fundamental discoveries of novel phenomena, processes and tools. To do this, we tie-up collaborative efforts between various disciplines within the university faculties and interested research partners.

We provide the necessary support to facilitate efforts by faculties, researchers and students interested in pursuing this area of research. In the light of the University's commitment to nanoscience and nanotechnology research, NUSNNI's role to its development and promotion is to optimize resources and focus on multidisciplinary strategic programmes. No site <http://www.nusnni.nus.edu.sg>

¹³⁵Singapore Launch Nanoscience and Nanotechnology Initiative. Azonano.com, 9/7/2004, no site <http://www.azonano.com/news.asp?newsID=215>

- *To develop research human capital and long-term research capabilities in the strategic field of nanoscience and nanotechnology.*
- *To galvanize and coordinate multidisciplinary research effort (across departments, faculties and with the RIs) in nanoscience and nanotechnology.*
- *To help set research priorities and directions for high impact nanoscience and nanotechnology research.*

Os programas em nanotecnologia em andamento no NUSNNI são:¹³⁶

- *Academic Research Funds*
- *Biological Lab-on-a-chip for Monitoring Waterborne Pathogens*
- *Cell Nuclear Targeting Intracellular Delivery of Quantum Dot Based Nanoconjugates*
- *Construction of Low-Temperature STM for Fundamental Investigations of Nanostructures*
- *Development of a Novel Type of Magnetic Force Microscopy Tips for Nanometer Scale Magnetic Imaging and Probe Storage Applications*
- *Development of Carbon-Based Nano-Sensor for Bio-Molecular Detection*
- *Investigation of Self-Assembled InAs Quantum Dot Arrays and Molecules Grown by Molecular Beam Epitaxy*
- *Modeling and Characterization of Nanoscale Materials*
- *Molecular Assembly of Embedded Nanoparticles*
- *Molecular Understanding of Cell-Synthetic Nanofiber Extracellular Matrix (ECM) Interactions*
- *Nanoporous Ultra-Low-k Polyimide and Fluorinated Polyimide Films for Sub-micron and Nano-Level Electronics*
- *Organized Molecular Assembly of Polymeric Materials*
- *Processing and Characterization of Nanometer Scale Fibers*
- *Reduction of Copper Diffusion in Nanoporous Ultra-low-K Dielectrics via Interfacial Molecular Engineering*
- *Selectively Functionalized Nanowires for assembly Study*
- *Tribological Studies of Nano-Lubricants*

Strategic Research Programme, SERC (A*STAR)

- *Electrospun Polymer Nanofibres: Processing, Characterization, and Applications*
- *Growth, Interconnection & Characterization of Novel Nanostructures*
- *Size-controlled Synthesis of Surface-supported Nanoclusters from Organometallic Precursors*
- *Self-Assembly Approaches to 3D Photonic Crystal Heterostructures*
- *Development of Flash Memory Devices Using Quantum Dots Embedded in High-k Dielectrics*

Thematic Strategic Research Programme, (Nanomanufacturing:- Nanoelectronics - The Next Wave, SERC (A*STAR)

- *Multiscale Modelling of Polymeric Interfaces*

As companhias envolvidas em *Nanotechnology R & D e business* em Cingapura estão listadas na Tabela 21.

¹³⁶ Fonte: <http://www.nusnni.nus.edu.sg/researchProjects.htm>

Tabela 21. Companhias envolvidas em P&D em nanotecnologia, em Cingapura.

Name	Funding Source	Expert Areas	Partnership	Application & Products
NanoMaterials Technology	EDB and Juniper Capital Venture USD\$ 683,000	High Gravity Reactive Precipitation platform technology produce superior crystalline nanomaterials at a significant lower cost	Beijing Univ. of Chemical technology & has build manufacturing plants in Shanxi, China	Plastics, paints & coatings, ink, pulp & paper, rubber, adhesives and sealants; oral and inhalation drugs; multiplayer ceramic capacitors
NanoScience Innovation	SEEDS ¹³⁷ administered by EDB	Gas-phase nanopowder production route using hybrid plasma sources & Platform technologies capable of industrial-scale production of high quality nanopowders	NA	NA
NanoFilm	NA	Patented Filtered Cathodic Vacuum Arc Technology utilizing a coating species of pure ions with tunable energy to produce ultra-thin, diamond hard, low-cost and high-quality coatings.	NA	Ta-C films (higher grade of DLC), Oxide films (Al ₂ O ₃ , TiO ₂), Metal films (Cu, Al, Ti), FCVA sources, complete vacuum coating systems, customer specific in-house coating services, vacuum systems

¹³⁷ SEEDS- Startup Enterprise Development Scheme (SEEDS), no site http://www.sedb.com/edbcorp/sg/en_uk/index/startups/startupfinance/startup_enterprise.html

				<i>design, installation for sputtering equipment using ion-beam, magnetron CVA and FCVA technologies</i>
<i>PSiOncology</i>	<i>Joint venture formed by the Singapore General Hospital, Biotech Research Ventures (SG) and pSiMedica Ltd (UK)</i>	<i>Proprietary nanostructured Porous silicon known as BioSilicon™-active Agents carriers for direct intra-tumoural delivery</i>	<i>Singapore General Hospital, National Cancer Center of Singapore</i>	<i>Controlled Drug Delivery Orthopaedics Implant Packaging Tissue Engineering Neural Interfacing Biofiltration Gene/Vaccine Delivery Diagnostics</i>
<i>AMR Technologies</i>	<i>Signed 3 agreements with A*STAR, EDB, NTU worth USD\$ 1,18 M</i>	<i>Produce, process and develop rare earth and zirconium based engineered materials Sol-gel processing</i>	<i>School of Materials Engineering at NTU, a joint Research project funded by the A*STAR and Training and Attachment Program with EDB, AMR Nanotechnology Center in Oxford</i>	<i>Thermal barrier coatings Solid oxide fuel cells Structural ceramics Cell Phones display sreeens Computers Sensors Catalysts</i>

Foram recuperadas sete patentes depositadas em nanotecnologia e cinco destas (palavras-chaves: *nanotubes* e *nanofibers*) são de universidades de Cingapura. Entretanto, no site do EPO foram recuperadas 14 patentes depositadas em Cingapura com a palavra-chave “nano*”, e destas 11 são de empresas estrangeiras e apenas uma é de instituição nacional, conforme apresenta a Tabela 22.

Tabela 22. Depositantes de patentes em nanotecnologia em Cingapura.

Depositante	Nº total de patentes (Cingapura e	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas	Palavras-chaves
-------------	-----------------------------------	------------------------	------------------------------------	-----------------

	exterior)		em Cingapura	
<i>IBM (US)</i>	100.000	177	3	<i>Nanoparticle (s)</i>
<i>Ciba SC Holding AG (DE)</i>	7.796	12	2	<i>Nanodispersio n (s)</i>
<i>Nanosystems (US)</i>	71	38	2	<i>Nanoparticles</i>
<i>Vesifact¹³⁸ AG (DE)</i>	25	13	2	<i>Nanodispersio n (s)</i>
<i>Dow Corning (US)</i>	21.729	33	1	<i>Nanoporous</i>
<i>Microcoating Technologies (US)</i>	42	5	1	<i>Nanolaminated</i>
<i>Exxon Chemical Patents (US)</i>	9.644	11	1	<i>Nanometer-sized</i>
<i>UCB (BE)</i>	2.399	6	1	<i>Nanocapsules</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	1	<i>Nanostructure d</i>
<i>Mitre (US)</i>	83	2	1	<i>Fullerenes</i>
<i>Univ. Singapore (SG)</i>	655	7	1	<i>Fullerene</i>

Taiwan

Os programas nacionais de MEMS de Taiwan começaram em 1996, criados pelo NSC (*National Science Council*) e o *Ministry of Economic Affairs* (MOEA). A partir de 1998, o NSC estabeleceu três principais centros nacionais de MEMS que contam com facilidades de P&D e *core technologies*. A partir de 2003, o programa de governo do MEMS foi incluído no *National Science and Technology Program on Nanotechnology*. As aplicações dos MEMS se concentram em *information technology, industrial processes/devices, communication, consumer electronics, semiconductors e biomedical technology*.¹³⁹

Os MEMS de Taiwan já chegaram à produção comercial. O *Taiwan MEMS foundry business* começou em 2000 e há atualmente nove *foundries* em Taiwan. O investimento total para *MEMS foundries* é de aproximadamente US\$ 211 milhões. Os investimentos acumulados em negócios da MEMS são de US\$ 500 milhões. A Asia Pacific Microsystems Inc. (APM) é a principal *MEMS foundry* de Taiwan: fundada em 2001, com mais de 200 empregados, produz soluções para microsistemas. Começou com US\$ 50 milhões de capital, e usa tecnologia da fabricação e serviços de MEMS em aplicações para *Inkjet, Smart Transducer, Wireless, Optical, e Bio-MEMS*. A APM adquiriu uma *5-inch wafer foundry* para fabricação de chips CMOS da Winbond Electronics Corp., e a transformou em um avançado *6-inch CMOS* compatível com MEMS. Atualmente a APM fabrica 8.000 *wafers* por mês. Os maiores acionistas da APM são Chi Mei Industrial Co., Mobiletron Electronics Co., Universal Microelectronics Co., Wintek Corp, uma afiliada do Grupo Acer, e 30% do investimento é de capital de risco.¹⁴⁰

¹³⁸ As duas patentes da Vesifact são em conjunto com a CIBA SC Holding.

¹³⁹ Taiwan is MEMS Leading Foundry Business. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 15, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/15.php

¹⁴⁰ Detalhes sobre a empresa APM podem ser conseguidas no site www.apmsinc.com

Taiwan caiu da terceira posição para a quarta no mercado de alta tecnologia em 2001, quando o governo decidiu investir US\$ 600 milhões em nanotecnologia e US\$ 1,6 bilhão em biotecnologia. Cerca de 60 % dos fundos são reservados para o Industrial Technology Research Institute (ITRI) no desenvolvimento de programas de nanotecnologia *for fundamental research in raw materials, electronics, machinery and biomedicine* e, principalmente, para fazer a rápida transferência da tecnologia para o setor industrial. Há um forte interesse em desenvolver polímeros condutores de eletricidade que possam ser utilizados no lugar de resistores e capacitores.¹⁴¹ Outros recursos foram destinados à Academia Sinica e universidades como a *National Taiwan University* em Taipei e a *National Tsinghua University in Hsinchu*.¹⁴²

O investimento nos programas de nanotecnologia começaram em 2003 quando o Taiwan National Science Council (NSC) criou o *National Applied Research Laboratories* (NARL) que se reuniu aos seis laboratórios de pesquisa nacionais: o *National Nano Device Laboratories (NDL)*, *National Center for High-performance Computing (NCHC)*, *National Chip Implementation Center (CIC)*, *National Space Program Office (NSPO)*, *National Laboratory of Animal Center (NLAC)*, *National Center for Research on Earthquake Engineering (NCREE)*. O NARL é uma organização sem fins lucrativos com administração independente e seus recursos provêm do NSC. Seu orçamento total em 2003 foi de aproximadamente US\$ 143 milhões. Para nanotecnologia foram destinados 20% deste valor, ou cerca de US\$ 28,6 milhões divididos entre o NDL, o CIC e o NCHC.¹⁴³

O NARL foi criado com o objetivo de construir uma organização nacional que coordene melhor os trabalhos, com maior eficiência e uma administração flexível cobrindo áreas *top* como *nanotechnology, space science and industry, life sciences, computational sciences, IC design and seismic resistant technologies*.

O *National Nano Device Laboratories (NDL)* foi criado em 1988 e tem como uma função principal apoiar a indústria de semicondutores de Taiwan particularmente em Cincho (o *Silicon Valley* de Taiwan). O NDL também oferece facilidades para as universidades em pesquisa em nanodispositivos e facilita a colaboração entre a indústria no desenvolvimento de nanodispositivos avançados. Com suas facilidades avançadas em nanolitografia, o NDL é um dos maiores laboratórios do mundo em P&D de semicondutores e nanoeletrônicos.

O National Science Council planeja gastar US\$23,2 bilhões em nanociência e nanotecnologia entre 2003 e 2008.

O orçamento do *National Science and Technology Program for Nanoscience and Nanotechnology*, programa aprovado em 2002, para o período de 2003-2008 está apresentado na Tabela 23.¹⁴⁴

Tabela 23. Orçamento NSTP / NST (2003-2008)

	Unit: Million USD						
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Total
MOEA/Department of Industrial Technology	54.6	66.9	74.3	77.5	83.2	89.1	445.6
MOEA/Industrial Development Bureau	0.6	0.7	2.1	2.9	3.5	4.2	14.0

¹⁴¹ Latest on Nanotechnology in Asia. Insitute of Nanotechnology, 2002, no site www.nano.org.uk/thisweek41.htm

¹⁴² Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

¹⁴³ Taiwan Established National Applied Research Laboratories. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol.1, n° 30, 2003. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/30.php

¹⁴⁴ Fonte: Site <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/>

MOEA/Energy Commission	0.9	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6.9
MOEA/Bureau of Standards, Metrology and Inspection	0.9	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	8.3
National Science Council	18.0	20.0	20.9	22.4	22.4	24.1	127.8
Ministry of Education	0.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	8.1
Atomic Energy Council	0.6	1.2	1.8	1.8	1.8	1.9	9.1
Environmental Protection Administration	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.2
Department of Health	-	1.3	1.6	1.9	2.3	2.7	9.8
Managing office operation cost	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	3.0
Total	76.9	94.7	105.4	111.4	118.2	127.2	633.8

As metas do programa nacional de nanotecnologia de Taiwan são:

- *Through the establishment of common core facilities and education programs to achieve academic excellence, and promote industrial applications.*
- *Based on the national competitive technologies to bring up the academic excellence, and then create innovative industrial applications.*
- *Establish international competitive nanotechnology platforms.*
- *Enhance advanced innovative research to speed up the commercialization of nanotechnology.*

Como se observa na Tabela, cerca de 75% do orçamento total provém de recursos do MOEA (*Ministry of Economic Affairs*), com uma forte ênfase em *Industrialization Nanotechnology Program* (com 65,5% de dotação orçamentária ou USD\$ 412,8 milhões), cujas metas para promover a indústria taiwanesa são:¹⁴⁵

- *for basic (traditional) industry-create new products in materials, chemicals, machinery, energy storage and others;*
- *for information technology-help information technology industries overcome barriers and difficulties;*
- *for bio-medical industry-together with the genomic-medicine program to create new bio-tech industry.*

O *Industrialization Nanotechnology Program* a ser implementado tem as seguintes áreas de interesse:

- *Nanomaterials and processing techniques*
- *Nanoelectronic technology*
- *Nanomaterials and nanodevices for display technology*
- *Nano optical communication technology*
- *Nano packaging technology*
- *Data storage technology*
- *Nano technology for energy applications*
- *Nanomaterials application for traditional industries*
- *Nano biotechnology*

¹⁴⁵ Taiwan National Nanotechnology Initiative and Infrastructure Summary. Asia Pacific Nanotech Weekly. 2004. No site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

O subprograma *Academic Excellence Program* (com 13,8% do orçamento total de nanotecnologia), financiado pelo *National Science Council* (NSC) que contribui com 20,1% do orçamento total do programa tem os seguintes objetivos:

- *Basic research on the physical, chemical and biological properties of nanostructures*
- *Synthesis, assembly and processing of nanomaterials*
- *Research and development of probes and manipulation techniques*
- *Design and fabrication of interconnects, interfaces and system of functional nanodevices*
- *Development of MEMS/NEMS technology*
- *Nano-biotechnology*

Em 2003, 21 projetos de pesquisa acadêmicos receberam *grants* de cerca de US\$ 1,5 milhão para cada um, por um período de três anos.

Um total de US\$ 119,4 milhões (19% do orçamento total) foi alocado para a criação do *Core Facilities Program*, cujas metas são:

Set up Common Laboratories

- *Characterization/processing laboratory*
- *Nanomaterials simulation laboratory*

Nanomaterials synthesis/production laboratory

Set up electronic-networking system

Sponsor programs for innovative news tools design/manufacture

Os centros de *core facility* estão espalhados por toda Taiwan e a Tabela 24 apresenta um resumo destes centros com os principais instrumentos neles encontrados.

Tabela 24. Principais *Core Facilities* em Taiwan e os instrumentos neles encontrados.¹⁴⁶

Location	Name of facility	Instruments
<i>Center for Nanoscience and Technology at the National Taiwan Univ.</i>	<i>Center for Microscopy and Nano-analysis</i>	<i>FESEM, FESEM attachment-EBIC, STEM, TEM, STEM+EDS, STEM+EELS, STEM+monochromator, Ion Miller, Cryo stage, Heating, cooling and low-T holder, AFM.</i>
<i>Academia Sinica</i>	<i>Development of state-of-the-art Research tools for nano-science and technology</i>	<i>Dual beam focused ion beam sys., E-beam writer, Inductively coupled plasma etcher, Advanced in-situ characterizing nanofabrication system</i>
<i>Industrial Technology Research Institute (ITRI)</i>	<i>ITRI Nanotechnology Research Center (NTRC) Common Laboratories</i>	<i>Details can be found at http://www.ntrc.itri.org.tw/eng/index.jsp</i>
<i>Hsin-Chu Area – national Chiao Tung University (NCTU)</i>	<i>Core Facility for Nano Fabrication and Nano Characterization</i>	<i>Low Temperature/High Magnetic Field System, High-resolution transmission electron microscope, Veeco Gen II (MBE), ICP-RIE System of III-V Compound Device Production, X-Ray Diffractometer, Sb based molecular beam epitaxy</i>

¹⁴⁶ Taiwan National 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

Central Taiwan - National Chung Cheng University (CCU)	Infrastructure Project of Nanoscience and Technology Center in Central Taiwan	TEM (EDX), ICP reactive ion ether, High Pressure Stainless Reactor, MOCVD, Nanoparticle Evaporator, SPM, Vibrating Sample Magnetometer, Low Temperature I-V/C-V probe station, DIP-PEN, Fluorescence bio detection system, Physical Properties Measuring System
South Taiwan – National Cheng Kung University (NCKU)	Core Facilities for Southern Taiwan Nanotechnology Research Center	HRTM, Micro PL+Micro-Raman, FESEM, SPM, LPCVD, BEM, Nano Imprint, Fast Speed Laser Lithography System

O *Education Program*, com investimento total de US\$ 8 milhões (1,3 % do orçamento total) do MOE (*Ministry of Education*) tem como finalidade formar profissionais altamente capacitados em nanotecnologia por meio das seguintes diretrizes:

- *Establish interdisciplinary nanoscience and technology curricula*
- *Enhance basic science knowledge (from high school)*
- *Promote international collaboration and personnel exchange*
- *Recruit talents from abroad*
- *Promote academic-industry collaborating research and personnel exchange*

Além dos investimentos em programas nacionais, o NST vai destinar US\$23,2 milhões para programas de colaboração internacional em nanotecnologia com instituições estrangeiras durante os próximos cinco anos.¹⁴⁷

Ao final desse programa nacional de nanotecnologia espera-se alcançar as metas apresentadas na Tabela 25.¹⁴⁸

Tabela 25. Metas pretendidas pelo programa nacional de nanotecnologia de Taiwan em 2008.

<i>Goals for Year 2008</i>	
<i>Performance category</i>	<i>Measure (cumulative, 2003-2008)</i>
<i>Derived economical gain</i>	~ USD\$ 8.8 billion
<i>Induced private investment</i>	~USD\$ 4.1 billion
<i>Publications</i>	<i>Articles in reputable international journals</i>
<i>Human resource development</i>	<i>Enrollment in sessions for seed teachers in grade through high schools: 2000</i> <i>Students pursuing post-bachelor studies: 120</i>
<i>Participating industrial partners</i>	800 project partners

Indústrias líderes em nanotecnologia em Taiwan formaram juntamente com órgãos governamentais uma organização chamada *Taiwan Nanotechnology Industrialization Promotion Association* (TNIPA), determinada a coletar e distribuir fundos e subsídios para pesquisa em nanotecnologia. Os membros do TNIPA são o ITRI, o *National Science Council*, e o *Industry Development Bureau* do *Ministry of Economic Affairs*. US\$87 milhões já foram levantados pelo TNIPA. Os fundos levantados serão destinados à pesquisa de *Nano Solar Cells*, *Nanotech Organic Computers*, *Nano-Imprinting Lithography*, *Molecular Imaging Devices*, e *Quantum*

¹⁴⁷ Fonte: <http://web2.innovationworld.nite/biotechconnect/000342.html>

¹⁴⁸ Taiwan National, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-36.php

Cryptography Technology, entre outras áreas de pesquisa em nanotecnologia em crescimento.¹⁴⁹

O mais tradicional instituto de pesquisa de Taiwan é o ITRI (Industrial Technology Research Institute). O escopo da nanotecnologia no ITRI cobre aspectos de *electronics, data storage, packaging, energy, display, photonics, biotechnology, platform technology, application in traditional industries, and facilities build-up*.¹⁵⁰

O programa de P&D do ITRI foi estruturado como um portfólio de três partes, 20/60/20. Aproximadamente 20% dos recursos destinados aos programas irão para tecnologias que podem ser imediatamente comercializadas, dentro de um ou dois anos.

O ITRI prevê que muitas das aplicações da indústria tradicional como *nano-powders, pigments, coatings e inks, nanotechnology-reconstituted plastics e polymers, fibers for textiles, paper products, inorganics e ceramics*, como também *metals e alloys*, serão o mercado potencial para utilização da nanotecnologia em um futuro muito próximo.

Outros 60 % dos recursos irão para as chamadas "*major thrust*" technologies. Essas são as principais fronteiras de tecnologias, cruciais para a competitividade da indústria de Taiwan – como *ICs, displays, data storage, packaging, mobile communications, optical communications, biotechnology e energy applications*. Mas as incumbências do programa nessas categorias deverão ser muito bem estabelecidas de acordo com um rigoroso *roadmap* em P&D. Os 20% restantes irão para classe de nanotecnologia com implicações verdadeiramente revolucionárias, com potencial de comercialização em dez a 20 anos.

Foram recuperadas 295 patentes em nanotecnologia no *site* de busca *European Patent Office*, depositadas em Taiwan. A primeira patente depositada nesse país foi em 2000, pela Rhone Poulenc Chimie (FR), utilizando fragmentos de tamanho nanométrico.¹⁵¹ A Tabela 26 apresenta as principais instituições e empresas nacionais depositárias em Taiwan, o número total de patentes dessas empresas depositadas em todo o mundo, número total de patentes depositadas em Taiwan, número total de patentes em nanotecnologia no mundo e em Taiwan, e as palavras-chaves citadas nas patentes depositadas em Taiwan.

Tabela 26. Maiores depositantes nacionais de patentes em nanotecnologia em Taiwan, de acordo com o site EPO.

Instituição/ Empresa	Nº total de patentes (Taiwan e exterior)	Nº total de patentes em Taiwan	Nº total de patentes em nano	Nº de patentes em nano em Taiwan	Palavras-chaves
ITRI ¹⁵²	7622	1824	62	25	<i>Nanocomposite, Nanometer, Nanotube, Nano-scale, Nano carbon tube, Nano displacement, Nanoparticle, Carbon nanotube, Nanotube, Nanocomposite (s), Nano-dispersed, fullerene (s)</i>
National Science Council	ND ¹⁵³	308	20	12	<i>Carbon Nanotube, Nano-porous, Quantum Dot (s), Nano-scale, Nanometric, Nanometer, Fullerene (s)</i>

¹⁴⁹ Fonte: <http://web2.innovationworld.net/biotechconnect/000342.html>

¹⁵⁰ Fonte: www.itri.org.tw

¹⁵¹ Cementation slurry for encasing a reinforcement, in particular a prestressing steel armature. The invention concerns a cementation slurry for encasing a reinforcement. The cementation slurry comprises 1.5% to 3% by weight (with respect to the weight of the cement) of precipitated silica which are inert towards liquids, with a specific surface area of more than about 200 m squared/g and which can divide during mixing and/or injection into multiple fragments with sizes which can be as low as 5 nanometers and as high as 300 nanometers. The invention is of particular application in encasing prestressing steel armatures. Patent Nº TW380126.

¹⁵² ITRI: Industrial Technology Research Institute. www.itri.com

					<i>Quantum Dot (s)</i>
<i>Taiwan Semiconductor MFG</i>	5871	2340	7	4	<i>Nanometer, Nano-si-crystal dots, Nanoglass</i>
<i>National Cheng Kung University</i>	49	29	5	4	<i>Nanoparticles, Carbon nanotubes, Nanoscale, Nanocomposite</i>
<i>Delta Optoelectronics</i>	32	16	5	3	<i>Carbon nano-tube</i>
<i>National Taiwan University</i>	31	15	6	3	<i>Nanostructure, Nano-particles, Nanometer</i>

A Tabela 27 apresenta as principais instituições e empresas estrangeiras depositárias em Taiwan, o número total de patentes dessas empresas, depositadas em todo o mundo, o número total de patentes depositadas em Taiwan, o número total de patentes em nanotecnologia no mundo e em Taiwan, e as palavras-chaves citadas nas patentes depositadas em Taiwan.

Tabela 27. Maiores depositantes estrangeiras de patentes em nanotecnologia em Taiwan, de acordo com o *site* EPO.

<i>Instituição/ Empresa</i>	<i>Nº total de patentes</i>	<i>Nº total de patentes em Taiwan</i>	<i>Nº total de patent es em nano</i>	<i>Nº de patent es em nano em Taiwan</i>	<i>Palavras-chaves citadas</i>
<i>IBM (US)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1612</i>	<i>176</i>	<i>11</i>	<i>Nanocrystals, Nanoscale, Nanoparticles, Nanometer, Nanotube, Nanostructures, Nano-devices, Nanostep, Nanosteped</i>
<i>Allied Signal (US)</i>	<i>9453</i>	<i>88</i>	<i>104</i>	<i>10</i>	<i>Nanoporous</i>
<i>Sony (JP)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1401</i>	<i>104</i>	<i>9</i>	<i>Nano-indentation, Nano-aqueous, Carbon nanotubes, Fullerene (s)</i>
<i>Motorola (US)</i>	<i>55.971</i>	<i>478</i>	<i>45</i>	<i>6</i>	<i>Nanometers, Nanoclusters, Carbon nanotubes, Nanocrystal (s)</i>
<i>Infineon Technologies (DE)</i>	<i>13.708</i>	<i>727</i>	<i>60</i>	<i>6</i>	<i>Nanostep, Nanosteped, Nanostep, Nanosteped, Nanocrystallites, Nanotube, Nano-electronic, Quantum dot</i>
<i>Exxon Res. Eng. (US)</i>	<i>31.478</i>	<i>49</i>	<i>18</i>	<i>5</i>	<i>Nanocrystalline, Nanocomposite, Nanometers, Nanoporous</i>
<i>Bayer AG (DE)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>405</i>	<i>64</i>	<i>4</i>	<i>Nanoparticles, Nano-scale</i>
<i>Eastman Kodak (US)</i>	<i>75.768</i>	<i>73</i>	<i>95</i>	<i>4</i>	<i>Nanocomposite, Nanoparticulate</i>
<i>Japan Sci. &</i>	<i>5995</i>	<i>40</i>	<i>156</i>	<i>4</i>	<i>Nanostructural, Quantum</i>

¹⁵³ Supera 1.000 patentes.

<i>Tech. Corp. (JP)</i>					<i>dot, Carbon nanohorns</i>
<i>Matsushita Electric Ind. (JP)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>1605</i>	<i>46</i>	<i>4</i>	<i>Carbon nanotube, Nanometer, Nanosized</i>
<i>Basf AG (DE)</i>	<i>> 100.000</i>	<i>366</i>	<i>76</i>	<i>3</i>	<i>Nanoparticles, Nanodispersed, Nanometers</i>
<i>3M Innovative Properties (US)</i>	<i>10.093</i>	<i>142</i>	<i>45</i>	<i>3</i>	<i>Nanoparticles, Nanometers, Nanometer-sized</i>

Índia

O *India National Science and Technology Initiative* (NSTI) foi lançado em 2001, a exemplo de muitos outros programas e iniciativas ao redor do mundo, e tem como metas:¹⁵⁴

- *Research Areas – synthesis and assembly, characterization, applications [Nanolithography & Electronics, Drug/Gene Targeting Delivery, DNA chip, CNT (carbon nanotubes), Nanostructured High Strength Materials, Quantum Structures and etc.].*
- *Education – advanced schools, symposium and training workshops for research scholars/students for human resource development (HRD).*
- *Industry – strength interaction with industries in every area possible such as DDS, nanoelectronics, nanopowder/particle production, and surface coatings such as paints and pigments.*

As facilidades de infra-estrutura nacional estão principalmente na área de caracterização. Um grande número de facilidades estão sendo criadas, de *Field Emission TEM with CCD, Nanomanipulator with SPM, AFM/STM/TEM, MALDI, PPMS with 7T Magnet & VSM, EB Writing Facilities and Nanolithography, Optical Tweezers, Nanocluster & Ion Beam Sources, Nano Indentor, Atomic Absorption Spectrometer, Patterning Apparatus, Microarray Spotter & Scanning, Dual Patch Clamp Set-up with Fluorescence, Fluorescence Microscope, Single Molecule Fluorescence Set-up and others.*

As principais instituições de P&D em nanotecnologia na Índia financiadas pelo NSTI são:

1. *Indian Institute of Science (IISc) Bangalore*
2. *Jawaharlal Nehru Center for Advanced Scientific Research (JNCASR), Bangalore*
3. *National Chemical Laboratory (NCL), Pune*
4. *National Physical Laboratory (NPL), New Delhi*
5. *Indian Association for the Cultivation of Science (IACS), Kolkata (Calcutá)*
6. *Saha Institute of Nuclear Physics (SINP), Kolkata*
7. *Indian Institutes of Technology (IIT) located in Delhi, Bombay, Kanpu Kharagpur, Guwahati, Madras, and Roorkee*
8. *National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur*

¹⁵⁴ India National Science and Technology Initiative. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol.2, nº 20, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-20.php

As principais universidades financiadas pelo NSTI são:

1. *University of Delhi*
2. *Banaras Hindu University*
3. *University of Hyderabad*
4. *Anna University*
5. *Madras University*
6. *Pune University*
7. *Vidyasagar University*
8. *North Maharashtra University*
9. *Madurai Kamaraj University*
10. *Osmania University*

As áreas de pesquisa e competência na Índia são as seguintes:

- *Applications of SWCNT in fluid flow measurements (IISc)*
- *Synthesis and properties of nanotubes and nanorods of transition metal oxides, chalcogenides, III-V semiconductor nanowires (IISc)*
- *Templates synthesis of nanowires (IISc)*
- *Synthesis and applications of nanocomposites*
- *Metallurgical routes to engineer the hardness of bulk nanocomposites (NPL, IIT, IACS)*
- *Applications of nanoparticles particularly for targeting DDS, pigment paints, engineering materials, novel sensors, and etc. (Delhi Univ., NCL)*
- *Biosynthesis of gene regulation and nano-biotechnology*
- *Functional nanostructure films (IISc)*
- *Nanolithography, nano-imprinting and nano-manipulation (IISc, SINP)*

Os NSTI National and Technology Centers of Excellence serão alocados provavelmente no *SN Bose Center Kolkata, JINCASR Bangalore, NCL Pune, IISc Bangalore, IIT Chennai* e Kanpur, entre outros.

Colaborações internacionais têm acontecido nas áreas de nanocompósitos, nanopartículas e outros materiais nanoestruturados. Um exemplo dessa colaboração ocorre entre o *Center for Nanomaterials* em Hyderabad com instituições da Rússia, Ucrânia, Japão, Alemanha e Estados Unidos tendo as seguintes facilidades: *pilot-scale facilities for producing nanopowders, facilities for producing CNT (carbon nanotubes) e facilities for agglomeration of nanopowders.*

Como ocorre em outros países, a Índia também reconhece o grande *gap* que existe entre a pesquisa, ou o seu resultado, e a comercialização da tecnologia. No momento, há poucas *start-ups* na Índia e se entende que é necessária a criação de incubadoras de nanotecnologia e o envolvimento de pequenos e grandes investidores. O *National Chemical Laboratory (NCL)* planeja formar uma incubadora de nanotecnologia próximo ao campus com financiamento do *Department of Science and Technology (DST)* e do *NPO business facilitator IndiaNano*.¹⁵⁵ A *IndiaNano* é uma plataforma criada pelos Estados Unidos e *Indian US Community in the Silicon Valey* junto com a comunidade de P & D indiana que tenta coordenar todos os *stakeholders: indian academy, corporate, government & private labs, entrepreneurs, early-stage companies, investors, IP, joint ventures, service providers, star-up ventures e strategic alliances.*

¹⁵⁵ Informações mais detalhadas podem ser conseguidas no site www.indianano.com

Atualmente algumas companhias privadas estão investindo em laboratórios de P & D em universidades e instituições governamentais, devido ao interesse em desenvolver nanotecnologia na indústria. No entanto, o quadro mais comum é que as universidades e centros de pesquisa trabalham isoladamente, diminuindo assim a velocidade de crescimento tecnológico. A indústria acaba por utilizar os serviços e facilidades dos laboratórios como prestadores de serviço para resolver problemas bastante específicos a curto prazo, ficando para trás a possibilidade de contratos de longo prazo em que seria possível o desenvolvimento de produtos e de tecnologias. Mas esse quadro começa a apresentar mudanças desde a criação do *CranesSci MEMS Lab* em 2001, o primeiro laboratório de pesquisa em MEMS privado, uma *joint-venture* entre o *Indian Institute of Science* e a *Cranes Software International Ltd (CSIL)*. O objetivo é criar uma nova cultura em negócios de micro e nanotecnologia na Índia, criando sinergia entre instituições públicas de pesquisa e indústrias privadas. A CSIL é uma companhia com capital de US\$ 20 milhões e líder em *high-end science and engineering software products and solutions*.

A Índia tem investido pouco na pesquisa em nanotecnologia e, diferentemente dos Estados Unidos que tem um grande orçamento destinado a essa área, tem recrutado 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 levaria muito tempo e recursos a obtenção de profissionais especializados nessa área.¹⁵⁶

A Índia tem destinado valores modestos para pesquisa em nanotecnologia, cerca de US\$26 milhões. Há três anos, em 2001, o governo lançou o *National Program on Smart Materials* com orçamento de US\$ 15 milhões durante cinco anos, coordenando cinco agências governamentais e envolvendo dez centros de pesquisa com foco principal em MEMS technology. O tópico de nanomateriais foi incluído nesse programa e espera-se maior volume de recursos para expandi-lo.¹⁵⁷

Em 2002 o DST (Department of Science and Technology) lançou o National Nanotech Program com orçamento total aprovado de US\$ 10 milhões até 2005.

Duas empresas farmacêuticas da Índia, a Dabur e a Shanta Biotech, utilizam tecnologias de *nanodrugs-delivery systems* em escala comercial.

No site EPO foram recuperadas quatro patentes com palavra-chave “nano*” depositadas na Índia, mostradas na Tabela 28.

Tabela 28 Depositantes de patentes em nanotecnologia na Índia

Instituição	Nº total de patentes (Índia e exterior)	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na Índia	Palavras-chaves
<i>Council Scient Ind Res (IN)</i>	4366	18	2	<i>Nano-sized Nano dimensional</i>
<i>Univ. Delhi (IN)</i>	13	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Dep. of Atomic</i>	10	1	1	<i>Nanocrystalline</i>

¹⁵⁶ Iyengar, J. Asia's rising star: Nanotech. Financial Express. 4/24/2004. No site www.financialexpress-bd.com

¹⁵⁷ A Glimpse at the India Nanotechnology and Business Vision. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº12, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/12.php

Malásia

A nanotecnologia na Malásia é classificada como *Strategic Research (SR) of Intensification of Priority Research Areas (IPRA) Program* dentro do *Eight Malaysia Plan*¹⁵⁸ (2001-2005) fundado pelo *Ministry of Science, Technology and Environment (MOSTE)*. Os projetos SR têm os seguintes termos de referência:

- *within 60 months*
- *future competitive socio-economic environment or new breakthrough*
- *multi-institutional*
- *multi-disciplinary*
- *industry linkages*
- *commercialization potential*

Um orçamento de US\$ 263 milhões foi destinado para o IPRA durante a vigência do *Eight Malaysia Plan*. Os fundos para SR representam 35% do total destinado ao IPRA, aproximadamente US\$ 83 milhões. As quatro SR são:¹⁵⁹

1. *Design and Software Technology*
2. *Specialty Fine Chemical Technology*
3. *Optical Technology*
4. *Nanotechnology and Precision Engineering*

Para *Nanotechnology and Precision Engineering* o valor destinado para o período de cinco anos é de US\$ 23 milhões.¹⁶⁰ Um valor muito abaixo, por exemplo, em relação ao de Taiwan que tem praticamente o mesmo número de habitantes que a Malásia e irá destinar US\$ 620 milhões durante seis anos.

As áreas de pesquisa em nanotecnologia incluem *nanophotonics*, *nanobiosystems*, *nanoelectronics*, *nanostuctured materials* e *nanometrology*.

A curto prazo a estratégia é:

- *identify researchers in various areas of nanoscience with specific expertise;*
- *upgrade and equip nanoscience laboratories and the state-of-the-art facilities;*
- *prepare a comprehensive human resource development program for training nanoscientists.*

A longo prazo pretende-se:

- *nurture a nanoscience research culture among researchers*
- *develop world class National Nanoscience laboratory in Malaysia*
- *produce renown nanoscientists*

¹⁵⁸ Maiores detalhes do plano em http://www.epu.jpm.my/new%20folder/mtr/MTR_RMke8.pdf

¹⁵⁹ Nanotech Initiative in Malaysia (Part I). Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 17, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/17.php

¹⁶⁰ Nanotech Initiative in Malaysia (Part I). Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº 17, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/17.php

Atualmente as atividades desenvolvidas no programa de nanotecnologia da Malásia incluem o desenvolvimento de:

- *National Nanoscience Research Laboratories*
- *Undergraduate Program in Nanoscience and Technology*
- *Postgraduate Research Programs*

O IRPA já aprovou três programas em nanotecnologia e 17 projetos no total de US\$ 37,6 milhões para nanotecnologia.¹⁶¹

Será construído o *Malaysian Institute for Scientific Advancement* (MISA) para absorver os doutores formados para que possam fazer seus pós-doutoramentos e assim se tornarem pesquisadores no instituto, seja no país ou em instituições estrangeiras. Também serão criados *National Satellite Laboratories* (NSL), que ficarão subordinados ao MISA, e um deles será o *Nanoscience Satellite Laboratory* cujos objetivos a curto e longo prazos são os mesmos descritos acima.

Aproximadamente US\$ 2,6 milhões foram destinados ao centro durante os próximos três anos para compra de equipamentos para pesquisa.

A Tabela 29 apresenta os principais centros de excelência em nanotecnologia na Malásia.

Tabela 29. Centros de excelência em nanotecnologia em atividade na Malásia.¹⁶²

Name	Application	Funding (USD\$ million)/ Source
<i>Institute of Microengineering and Nanoelectronics (IMEN), UKM</i>	<i>MEMS</i>	<i>10,1/MOSTE</i>
<i>Ibnu Sina Institute for Fundamental Science Studies (IIS), UTM</i>	<i>Nanochemistry</i>	<i>5,3/IBD 2,9/MOSTE</i>
<i>Combinatorial Technology and Catalysis Research Center (COMBICAT), UM</i>	<i>Catalysts</i>	<i>4,0/MOSTE</i>
<i>Glycolipids Research Center</i>	<i>Nanomaterials/surfactants</i>	<i>3,0/MOSTE</i>
<i>SIRIM Berhad Advanced Materials Research Center (AMREC)</i>	<i>Nanocomposites</i>	<i>Unknown</i>
<i>School of Physics, USM</i>	<i>Electronics (Blue LED)</i>	<i>5,9/MOSTE</i>
<i>School of Medical Sciences, USM</i>	<i>Molecular Nanotech</i>	<i>0,6/MOSTE</i>
<i>Institute of Advanced Technology (ITMA), UPM</i>	<i>Electronics, Nanomedicine</i>	<i>Unknown</i>

¹⁶¹ Malaysia Nanotechnology Part 3. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, n° 28, 2004, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-28.php

¹⁶² Malaysia Nanotechnology Part 2. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, n° 28, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/28.php

UKM (University Kebangsaan Malaysia), **UTM** (University Technology Malaysia), **UM** (University of Malaysia), **USM** (University Sains Malaysia), **UPM** (University Putra Malaysia), **IBD** (Islamic Development Bank).

As estratégias do governo malaio para desenvolver a nanotecnologia no país são as seguintes:

1. *strengthening the policy making institutions and formulating policy guidelines.*
2. *formulating human resource development strategies*
3. *establishing supporting institutions and infrastructure*
4. *providing research grant for R & D in nanotechnology research fields.*

Uma premissa dos programas de governo para nanotecnologia, não só da Malásia, é focalizar o desenvolvimento de tecnologias naquilo que interessa à indústria.

No site EPO não foi recuperada nenhuma patente contendo palavra-chave “nano*” depositada na Malásia.

Tailândia

O país, por meio de seu MOST (*Ministry of Science and Technology*) e da NSTDA (*National Technology Development Agency*) só recentemente aprovou a criação de um centro de nanotecnologia, o *National Nanotechnology Center*¹⁶³ (NANOTEC). Esse centro tem como objetivos:¹⁶⁴

1. *to identify and focus on niche areas in nanotechnology, thus enhancing Thailand's competitiveness.*
2. *to assemble and produce a critical mass of researchers and educators on nanotechnology.*
3. *to act as a national coordinating body between academia, industry and government.*

O centro terá um orçamento total de US\$ 25 milhões no período de 2004-2008 e contará com 300 pessoas. As áreas de P & D focadas são *advanced polymer, nanocarbon, nanaoglass, nanometal, nanoparticles, nanocoating, nanosynthesis* com aplicações nas indústrias *automotive, foods, energy, environment, medicine and health.*

Um dos principais problemas enfrentados pelo país na área de bionanotecnologia é a falta de recursos humanos capazes de desenvolver projetos de pesquisa. O novo centro enviará 150 alunos de pós-graduação para países como Estados Unidos, Japão¹⁶⁵, Austrália, bem como países europeus durante os próximos cinco anos.¹⁶⁶

Além deste centro há atualmente na Tailândia 14 laboratórios em seis universidades e cinco laboratórios em duas agências governamentais que totalizam quase 100 pesquisadores.

¹⁶³ Site <http://www.nstda.or.th/nanotec/>

¹⁶⁴ Current Status of Nanotech in Thailand. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 1, nº19, 2003, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/19.php

¹⁶⁵ Já há cerca de 70 estudantes de pós-graduação estudando no Japão atualmente. Fonte: Science and Technology Collaborations Between Japan and Thailand. Asia Pacific Nanotech Weekly, vol. 2, nº16, no site www.nanoworld.jp/apnw/articles/2-16.php

¹⁶⁶ Fonte: Thailand's leader plants the seeds for a future in nanobiotech. Small Times, 2003, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=5588&keyword=nanotechnology%20and%20Thailand&summary=1&startsum=1

Nesses laboratórios as pesquisas se concentram principalmente em *nanoparticles, quantum dot devices, carbon nanotube, nanocoating and MEMS*.

Israel¹⁶⁷

O governo de Israel lançou, em 2002, o *Israel Nanotechnology Program* (INP) dentro de seu INNI (*Israel National Nanotechnology Initiative*) que terá duração de cinco anos (2003-2007) e que tem como focos:

- *Mission: Launch immediately a collaborative government/academia/industry/world Jewry initiative to allow Israel to efficiently reach critical mass in Nanotechnology*
- *Priority applications meeting Israel's economic needs: Defense, Electronics, Energy, Environment/Water Desalination and Nano-bio.*

Os desafios enfrentados por Israel residem em:

- *Strong infrastructure is critical*
- *Israel has special security and economic needs*
- *Israel's resources pale in comparison to global efforts*
- *Nanotechnology's potential scope is "too broad"*
- *Risk of fragmentation of efforts across institutions, subjects*

As atividades do INP, bem como dados de suporte financeiro e desenvolvimento de tecnologia estão resumidos na Tabela 30.

Tabela 30. Resumo do Plano de Investimento do INP.

	Research	Technology Development
<i>Target Result</i>	<i>Know-how and tools required for technology development</i>	<i>Opportunities ready for "transfer" to product innovation and commercialization, VCs, etc.</i>
<i>Effort led by....</i>	<i>Universities, research institutions, and national labs</i>	<i>Industry</i>
<i>In collaboration with ...</i>	<i>Industry</i>	<i>Universities</i>
5-year Investment		
<i>Infrastructure</i>	<i>\$100M+</i>	<i>\$25M</i>
<i>Prototyping Capability</i>		<i>\$100M+</i>
<i>Projects</i>	<i>\$15M+</i>	<i>\$75M</i>
<i>Source of Funds</i>	<i>Private Donors + TELEM (incl. Ministries of Defense, Industry) +matching funds, international collaboration (e.g., BSF, GIF)</i>	<i>Telem, Ministry of Defense, Ministry of Industry (Magnet, OCS), other public (to be negotiated), industry, global,</i>

¹⁶⁷ Final Report of National Nanotechnology Committee, 2004, no site http://www.nanotrust.org.il/pdf/INNI_Report.pdf

		<i>international collaboration (e.g., BIRD, EU programs)</i>
<i>Success Metrics (2007)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>40 graduates annually</i> • <i>High quality, interdisciplinary publications</i> • <i>100 patents</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>100 patents</i> • <i>\$40 industry funding</i> • <i>5 start-ups with \$150M in VC funding and 750 employees</i>

O National Nanotechnology Board será responsável pela alocação dos fundos, monitoramento do progresso da pesquisa e desenvolvimento e supervisão da implementação desse programa até 2007. No relatório do *Nanotechnology Committee* a nanotecnologia é vista como um ponto estratégico nacional para o desenvolvimento e crescimento do país. O governo de Israel entende que é necessário aumentar o investimento em nanotecnologia, mas também sabe que como outros países pequenos não pode gastar o mesmo que países como os Estados Unidos. Só em 2002 os governos investiram US\$ 2 bilhões em todo o mundo em P & D. Em 2001, Israel investiu somente US\$ 10 milhões, enquanto Estados Unidos investiram US\$ 696 milhões, Japão US\$ 550 milhões e a Europa Ocidental US\$ 225 milhões.

Alguns dados importantes sobre o status da pesquisa em Israel:

- *Capital spending: About \$ 80 million already spent on buildings, salaries and equipment; additional \$ 100 million required to bridge major gaps in basic instrumentation.*
- *Significant spending – required to “productize” initial research – has not been considered so far.*
- *Israel (with a total of over 120 key researchers in Nanotechnology) is at the scale of a single leading US center (e.g., UCLA or UC Santa Barbara)*
- *Israel is still one of the few developed countries lacking a national policy in Nanotechnology. Telem’s initiative in appointing the National Nanotechnology Committee is intended to establish such a policy.*

Como possíveis fontes de captação de recursos para o programa são citados:

- *Private donors have been approached with an application to support Nanotechnology infrastructure equipment in the universities.*
- *The Ministry of Defense is willing to fund research and technology development for targeted applications (e.g., in armors, explosives, bio/chem sensors, etc.) but not infrastructure*
- *No local industry seems to exist which could finance the innovation at an earlier stage.*

Mas o governo também entende que a limitação nos recursos serve como incentivo para maximizar a colaboração entre academia, indústria e governo, como também as parcerias internacionais.

Com o INP o governo espera conseguir um salto, de uma ordem de grandeza, na competência nanotecnológica de Israel e a medida do sucesso será realizada por meio dos seguintes parâmetros:

- *Academic excellence: Significant gains in the level of excellence of Nanotechnology-related academic publications, measured by content (merit), impact (citations), and effectiveness (interdisciplinary work, and/or cross-institution collaboration).*
- *Growing capability: Two-fold increase in the number of qualified graduates, reaching 40 (annually) by 2007.*
- *Tangible results: at least 200 new patents by 2007, consisting of 100 in Research areas and 100 in Technology Development.*
- *Active engagement with technology users: Industry funding of Nanotechnology research to reach at least \$5M by 2005 and \$20M by 2007.*
- *Economic impact: About 5 local Nanotechnology-related start-ups with \$30M each in venture capital funding by 2007; at least 750 employees engaged in Nanotechnology-related business.*

Algumas regras para pesquisa acadêmica e industrial foram recomendadas dentro do INP:

- *Expanded role for university: adopt academic culture to create environment of basic research together with start-ups contributing to national priorities.*
- *Influence industrial decision-makers (e.g., Chief Scientist) to incentivize start-ups, with an eye toward built-to-last enterprises (see Attachment 11)*
- *Common representation (single point of national and international contact) of Israeli Nanotechnology scientific and technological resources.*

Durante o período de cinco anos (2003-2007) de vigência do INP, o programa será operado via colaboração universidade/laboratórios nacionais/indústria nas atuais instituições, sendo que a atividade deverá ocorrer de duas maneiras:

- **Research** centered in the universities, with academy–industry collaboration.
- **Technology development** centered in industry (and start-up companies) with industry–academy collaboration.

As áreas de prioridades nacionais são divididas em dois tópicos:

A) Priority Fields of Research

- *Nano-materials*
- *Nano-bio*
- *Nano-electronics and Nano-optoelectronics*

B) Priority Technology Development (Problems) Areas

For civilian applications

- *Electronics*
- *Energy*
- *Environment / water desalination*
- *Nano-bio*

For defense applications

Ministry of Defense will fund necessary application work in addition to the above, leveraging civilian-driven research.

Uma das grandes preocupações do governo de Israel é a escassez de água potável no mundo, tópico não observado em outros programas de nanotecnologia estudados. Assim, há um interesse muito grande em utilizar a nanotecnologia como aliada na dessalinização da água.

Dentro do *Water Purification Initiative*, iniciativa criada para pesquisar exclusivamente tecnologias para dessalinização, o governo israelense espera tornar-se líder mundial em tecnologias de purificação de água conseguindo:

- *Commercial success and economic development*
- *Global cooperation and intergovernmental programs*
- *Humanitarian and environmental contribution*

Já há grandes avanços conseguidos com o desenvolvimento de tecnologias na [Ashkelon Desalination Plant](#) e no [Grand Water Research Institute](#).

Dentro da iniciativa proposta já começam a aparecer os primeiros resultados, em três áreas principalmente: *pure membrane technology, integration of energy and membrane components and development of nanosensors*. As pesquisas são realizadas nas seguintes universidades: [Weizmann Institute of Science](#), [Technion – Israel Institute of Technology](#), [Tel Aviv University](#) e [Bar-Ilan University](#).

O orçamento estimado para colocar Israel em uma melhor posição na área de nanotecnologia deveria ser de US\$ 300 milhões e dentro desse orçamento os recursos seriam alocados nos seguintes pontos:

- a) *Investment of \$115M for Nanotechnology research (\$100M in infrastructure and \$15M in projects)*
- b) *Investment of \$100M for Nanotechnology technology development (\$25M in infrastructure and \$75M in projects)*
- c) *Investment of over \$100M in a common prototyping facility containing significant new capital (subject to Board approval within a year 3)*
 - *The INP is targeted to increase the cumulative Nanotechnology infrastructure investment more than three-fold over five years, from \$80M today to over \$200M (without a prototyping facility) or over \$300M (with a prototyping facility).*
 - *A significant amount of the infrastructure investment would be necessary within the first three years of this Program (in order to enable necessary research and development); project work grants would be tied to emergence of attractive opportunities and availability of industrial partners.*
 - *A preliminary outline of the financial resources*
 - *The projected \$100M budget for most of the research investment consists of (not yet approved).*
 - Contribution from the private donors (equipment) \$ 25M*
 - University matching (salaries, building, equipment, donations) \$ 50M*
 - National resources (Telem) \$ 25M*
 - Total for research \$ 100M*
 - *The sources of additional budget of \$215M have to be identified (inside Israel as well as globally); they could include Telem, Ministry of Defense, Ministry of Industry (Magnet, OCS), other public (to be negotiated), private donors, Israeli and global industry, and international collaboration (e.g., BSF, GIF, BIRD, EU programs). However, there is no need to await the availability of all funds: existing funds should already be used effectively in a focused way.*

Mesmo com um orçamento previsto de US\$ 300 milhões tem sido publicado que Israel tem investido US\$ 150 milhões em nanotecnologia com um orçamento anual de US\$ 25 milhões, como informa o *Israeli Nanotechnology Trust*,¹⁶⁸ órgão que angaria os recursos e os distribui no INP.¹⁶⁹

Os Centros de Nanotecnologia existentes em Israel são apresentados na Tabela 31, e conta-se atualmente com 120 pesquisadores trabalhando diretamente em projetos de nanotecnologia.

¹⁶⁸ Maiores informações podem ser conseguidas no site Fonte: <http://www.nanotrust.org.il/about.asp>

¹⁶⁹ CANADIAN INVITES THE WORLD TO POOL ITS RESOURCES ON CLEAN WATER. Small Times, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=6959&keyword=Israel%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=1

Tabela 31. Centros de Nanotecnologia existentes em Israel.

University	Center Name	Mission
<i>Tel Aviv University</i>	<i>The University Research Institute for Nano- Science and Nano- Technologies</i>	<i>To provide a framework for the advancement of interdisciplinary research and development within the nano-scale dimension.</i>
<i>Technion</i>	<i>Multidisciplinary Board for Nanoelectronics and Nanooptics</i>	<i>The board will guarantee successful structuring, and coordination of all activity in nanoelectronics and nanooptics at the The board will generate educational activities, appropriate infrastructure and international symposia. Furthermore, the board will serve as a port to industry and other external agencies (universities, start ups etc).</i>
<i>Hebrew University</i>	<i>Hebrew University Center for Nanoscience and Nanotechnology (HUCNN)</i>	<i>To promote basic and applied research in nanoscience and nanotechnology to new grounds. To educate and train the future generation of leaders in nanoscience so that nanotechnology industries in Israel will become world leaders in the field.</i>
<i>Bar Ilan University</i>	<i>Bar Ilan Center for Advanced Materials (Nanoscience Initiative)</i>	<i>Develop new materials for energy biomedical environmental applications</i>
<i>Weizmann Institute</i>	<i>1. Braun Center for Sub-micron Research 2. Center for Nanoscale Science</i>	<i>1. Variety of projects in Low dimensional structures in semiconductors, III-V compounds, organic and inorganic fullerenes. The projects include complex fabrication and testing 2. Promote research in Nanoscale Science including Biological research</i>
<i>Ben Gurion University</i>	<i>Ilse Katz Center for Nanoscience and Nanotechnology</i>	<i>To integrate basic disciplines in Natura Science and Engineering to a coherent unit. To promote basic and applied research in nanoscience and nanotechnology to new grounds. Create conditions so that nanotech industries in Israel will become world leaders</i>

O nível de atividade nesses centros está resumido na Figura 10.

Relative Activity Level by Projects

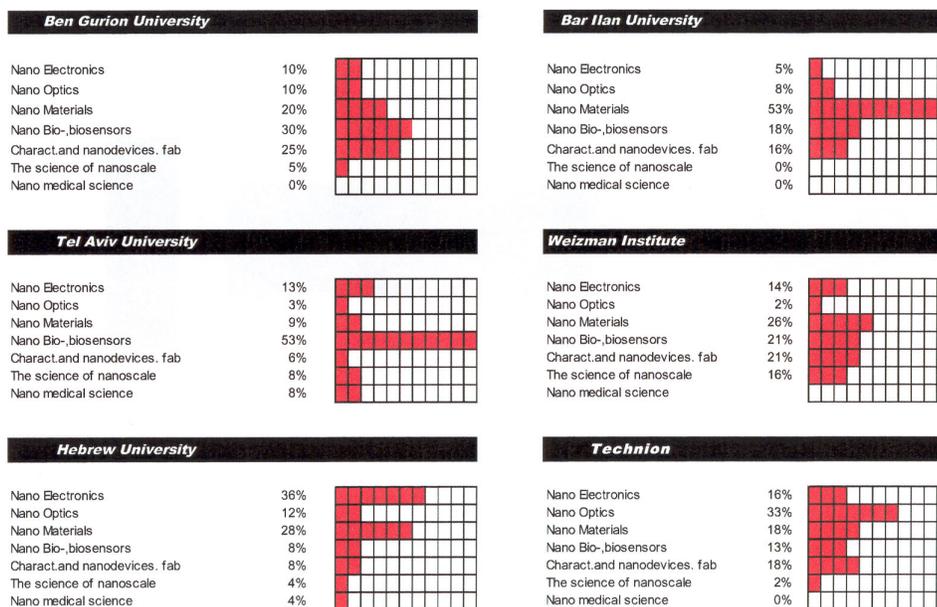
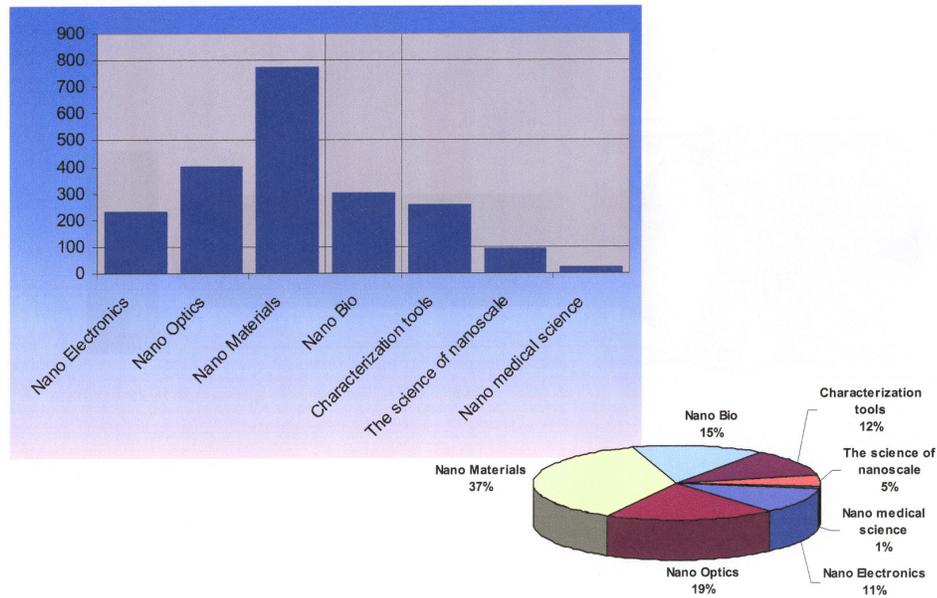


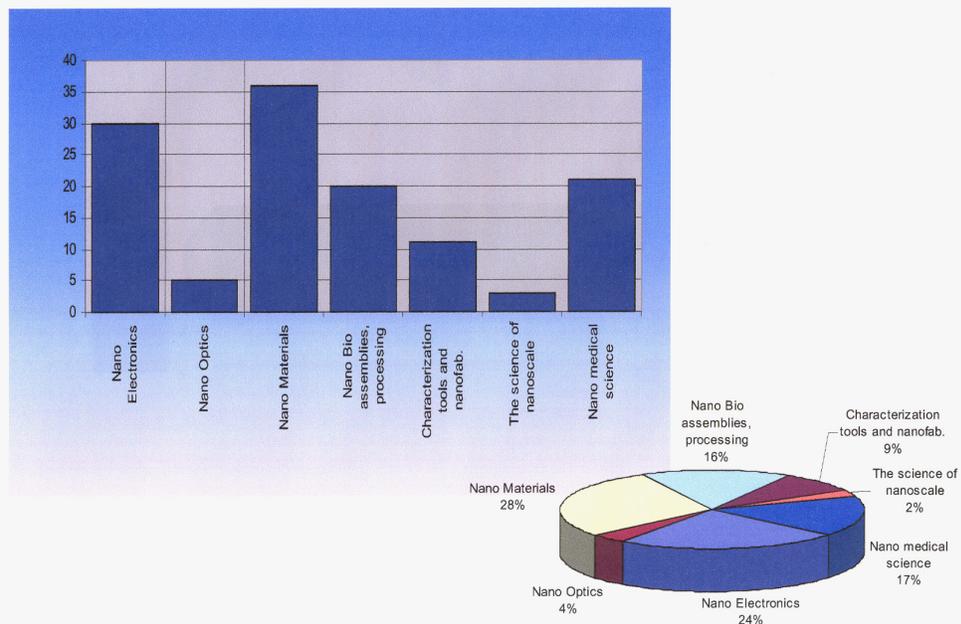
Figura 10. Nível de atividade em nanotecnologia nos centros relacionados na tabela 31.

Conforme se observa na Figura 10, as principais áreas de pesquisa em Israel são: *nanoelectronics*, *nano optics*, *nanomaterials*, *nanobio*, *characterization tools*, *the science of nanoscale* e *nanomedical science*. A Figura 11 apresenta gráficos de distribuição do número de artigos publicados e de pedidos de patentes nessas áreas em 2002.

Number of Publications by Research Field



Number of Patent Applications by Research Field*



* Partial list. Does not include TAU

Figura 11. Acima, número de publicações nas áreas de maior incidência de projetos e abaixo, o gráfico do número de pedidos de patentes por área de pesquisa.

A Figura 12 apresenta uma tabela que resume os investimentos solicitados pelos centros de nanotecnologia, bem como o orçamento de trabalho e o número de pesquisadores principais atuantes nesses centros.

Investment Summary

Institute	Existing Equipment (M\$)	Other Capital (M\$)	Requested Equipment (M\$)	Requested other Capital (M\$)	Operating Budget (M\$)	Number of Key researchers
TAU	3.50	1.00	4.70	3.15	0.75	12
HU	6.00	0.80	10.70	2.40	0.00	23
BIU	8.80	2.40	10.00	0.00	4.10	13
Technion	24.50	26.60	15.58	9.00	13.50	48
BGU	4.50		8.67	10.00		15
1.Weizmann	17.00	3.00	10.00	2.00	3.00	7
2.Weizmann	1.50	2.00	3.00	1.00		10
Total	65.80	35.80	62.65	27.55	21.35	128

Figura 12.

Resumos dos investimentos nos centros de nanotecnologia de Israel.

A Figura 13 apresenta gráficos de distribuição de equipamentos por área de aplicação e também o custo desses equipamentos.

Equipment Summary by Application

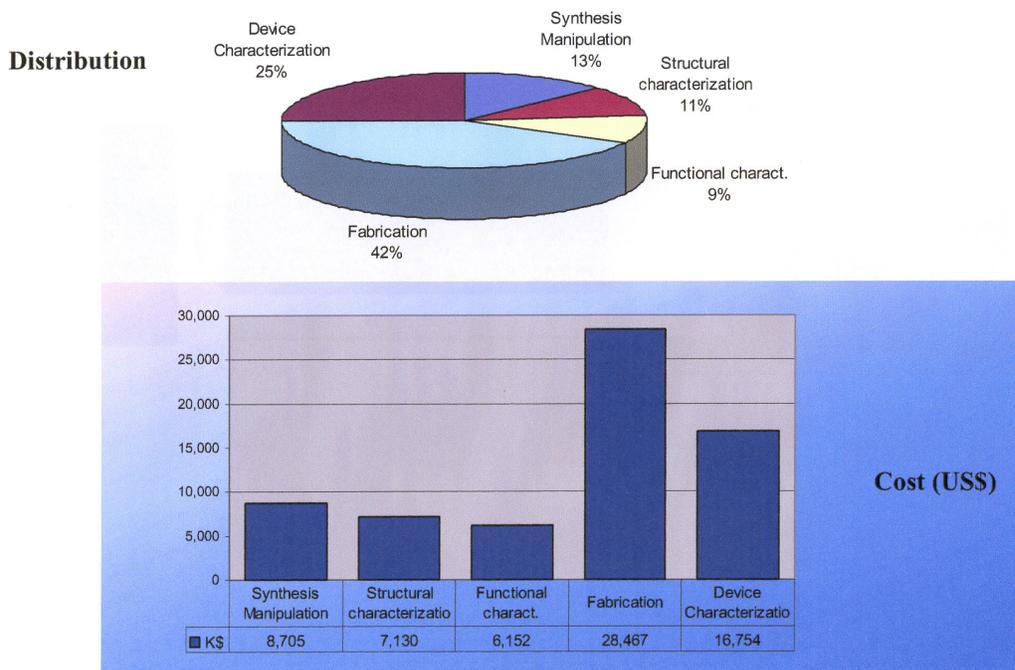


Figura 13. Gráfico da distribuição do percentual de equipamentos nas principais áreas relacionadas com a pesquisa em nanotecnologia, bem como o custo desses equipamentos.

Um quadro interessante que se apresenta em Israel é o número de empresas que mantêm cooperações com os centros de nanotecnologia, apresentados na Figura 14.

Industrial Co-operation - (1) *

Company	TAU	Technion	BIU	BGU	HU	Weizmann
Abbott					✓	
Amcol					✓	
Applied Materials		✓		✓		✓
Aprion			✓		✓	
Ashot		✓				
Cargill Denmark		✓				
Carmel Olefins			✓			
Dexxon, Israel					✓	
ECR			✓			
Eger		✓				
Electronics Ferro Corp		✓				
ELOP		✓	✓		✓	✓
ELTA						✓
Gal El						✓
General Motors		✓	✓			
Indigo			✓			
Intel	✓	✓		✓	✓	
Israel Aircraft Industries			✓			
Israel Ministry of Defence		✓	✓			✓
Kafrit Brom			✓			
Kamag		✓				
KLA		✓				
LG Korea			✓			
Lucent	✓					

(*) Main examples. Not a full list. Many other engagements exist with start-up companies

Industrial Co-operation - (2) *

Company	TAU	Technion	BIU	BGU	HU	Weizmann
Machtshim					✓	
Magma			✓			
Merck (Germany)			✓			
Nanonics					✓	
Nanopowders		✓	✓			
Nanozise			✓			
Nova		✓			✓	
Orbotech			✓			
P&G USA		✓				
PolyGene Ltd Israel					✓	
Rafael		✓				
Ranbaxy India					✓	
Research Cooperation		✓				
Savion Diagnostics			✓			
SCD		✓				
Scitex			✓			
Sensy					✓	
Sol-Gel Technologies		✓	✓		✓	
Tadiran			✓			
Tahasiot Laser			✓			
TI	✓					
Tower Semiconductor					✓	
Vitramon Corp		✓				

(1) Main examples. Not a full list. Many other engagements exist with start-up companies

Figura 14. Empresas que mantêm colaborações com os centros de nanotecnologia de Israel.

A Figura 15 apresenta as principais oportunidades em nanotecnologia em dois centros de nanotecnologia em Israel.

Key Opportunities Tel Aviv University

Nanotechnology Field	Military Applications	Civilian Applications	Rationale
Nano-bio technology	Anti-Non-conventional warfare Biological sensors	New bio-technologies for biological material synthesis and analysis. Functionality detection (as opposed to molecular detection)	Strong knowledge base at TAU
Nano-medical	Drug or vaccine release Selective treatment "smart" medicine.	Drug or vaccine release	Existing knowledge
Nano-materials	Novel coatings : super-hard, wear resistant	Novel thin films with unique properties: eg. high magnetization, improved adhesion, etc.	Combine nano- scale properties to improve micro and macro scale characteristics.
Nano-electronics	High speed devices High density low-cost arrays	Plastic based technology – low-cost, flexible.	
Integrated bio-chips (Integrate nano & MEMS)	Field deployable testing		Pragmatic approach High chance for success

Key Opportunities: Technion

Nanotechnology Field	Military Applications	Civilian Applications	Rationale
Nano electronics	Denser and faster electronics. Denser and larger memory	Same as military application	Fast, denser, low currents, inexpensive, utilizes novel effects
Nano optics	Tele-communication fast lasers, Optical switches and logic gates LEDs, IR detectors	Same as military applications	Fast, small, inexpensive, safer utilizes novel effects
Nano Bio	Detection of biological warfare	Healthcare, therapeutics, diagnostics, molecular computing, molecular electronics	Human and environmentally friendly, inexpensive, small, fast, utilizes novel effects
Nano materials	Harder materials, resistance to various external conditions and chemicals	Same as military application	Flexible chemical processing, inexpensive, molecular scale control, harder, more resistant, self repairing, environmentally friendly

Figura 15. Principais oportunidades existentes nos centros de nanotecnologia da Tel Aviv University e Technion de Israel.

Recentemente, anunciou-se a criação de uma *joint scientific venture* entre o Estado da Georgia (EUA) e Israel.¹⁷⁰ Com a construção de um moderno centro de nanotecnologia na Georgia pretende-se tornar esse Estado o maior centro de nanotecnologia nos Estados Unidos e a finalidade da formação dessa *joint venture* é tornar Israel o principal centro de nanotecnologia no Oriente Médio.

Por outro lado há uma forte preocupação com a formação de *nano start-ups*, pois o *Israel Incubator Program* teve forte corte no orçamento em 2004.¹⁷¹ A diretora do programa admite

¹⁷⁰ GEORGIA, ISRAEL EMBARK ON JOINT SCIENTIFIC VENTURE, Small Times, 16/06/2004, no site http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=8070

¹⁷¹ ISRAEL'S INCUBATOR PROGRAM AT RISK DUE TO BUDGET CUTS. Small Times, 28/07/2004, no site

que será impossível operar com tamanha restrição orçamentária, o que poderá prejudicar a pretendida ascensão de Israel no campo da nanotecnologia. O programa já tem 13 anos de operação e dois exemplos do sucesso do programa são as start-ups *NanoPass*¹⁷² e *NutraLease*¹⁷³. Em 2002, o orçamento destinado ao programa era de US\$ 40 milhões, enquanto em 2004 o mesmo caiu para US\$ 18 milhões. O programa nesses treze anos aprovou mais de 800 start-ups. Em 2003, foram 85. Como as start-ups recebem investimentos de fundos de capital de risco após dois anos de maturação, os futuros investimentos serão em muito reduzidos, o que poderá comprometer o desenvolvimento de novas tecnologias e empresas.

Embora haja um esforço grande de Israel em desenvolver sua nanotecnologia, no site da EPO foram recuperadas apenas 21 patentes com a palavra-chave “nano*” depositadas em Israel.¹⁷⁴ A Tabela 32 apresenta as instituições depositárias, número total de patentes, número de patentes em nano* e número de patentes em nano* depositadas em Israel bem como as palavras-chaves utilizadas.

http://www.smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=8187&keyword=Israel%20and%20nanotechnology&summary=1&startsum=1

¹⁷² NanoPass is a market-driven developer of painless MicroPyramid™ devices for drug delivery and diagnostics. The Company has registered twelve patents (two approved and ten pending) for the structure, materials, processes and systems for creating hollow micro-needles allowing easy bi-directional passage of biological materials through the skin, for multiple applications. Utilizing the most advanced MEMS (micro electro-mechanical systems) bioengineering that is used in silicon wafer micro-fabrication, the Company's founder, Dr. Shuki Yeshurun has developed a micro device that is sharp, robust and minute enough to penetrate the outer layers of the skin in a completely painless manner. This low-cost, disposable, biocompatible product may be used for the release of large molecules, including therapeutic proteins, antibodies, vaccines, genes and peptides in a safe and efficient manner that was impossible to date with existing drug delivery solutions. Site www.nanopass.com/

¹⁷³ NutraLease is a company was established by a scientific team from the [Casali Institute for Applied Chemistry](#) in the [Hebrew University of Jerusalem](#), headed by [Prof. Nissim Garti](#) and Dr. Abraham Aserin. The other main stock holders are [Yissum](#), the business arm of the Hebrew University, [Ashkelon Technological Industry](#), a scientific incubator of the Israeli's trade and industrial office, [Peerless Ltd.](#), an Australian manufacturer of premium quality edible oils, fats and margarines and [Adumim Food Ingredients](#) - a supplier of specialty and unique natural ingredients to the food industry. Platform: i) Enhances the [solubilization](#) capacity of different compounds in either water-based or oil-based environments (ii) Improves the [bioavailability](#) of some healthy compounds that are otherwise not functional in the human body. Mission: To implement its patent pending technology in different fields to improve performances of targeted compounds.

Site: <http://nutralease.com/index.asp>

¹⁷⁴ No site da EPO é possível saber quem deposita patentes em um determinado país por meio do *applicant number*.

Tabela 32 - Depositantes de patentes em nanotecnologia em Israel.

Depositante	Nº total de patentes (Israel e exterior)	Nº de patentes em nano*	Nº de patentes em nano* depositadas em Israel	Palavras-chaves
<i>Yeda Res & Dev (IL)</i>	3.960	22	2	<i>Fullerene</i>
<i>Univ Ramot (IL)</i>	840	3	1	<i>Nanostructure Nanoparticles</i>
<i>Yissum Res Dev (IL)</i>	2.210	14	1	<i>Nanosized Nano-materials Nanosize</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>	90	6	3	<i>Nanoparticles Nanocrystalline</i>
<i>Nanosystems (US)</i>	71	38	3	<i>Nanoparticles</i>
<i>Hyperion Catalysis (US)</i>	341	50	2	<i>Nanofibers Nanotubes Fullerenes</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	2	<i>Nanostructured</i>
<i>Protiveris (US)</i>	7	3	1	<i>Nanoelectrode Nano scale</i>
<i>Neose Technologies (US)</i>	78	4	1	<i>Nanofiltration</i>
<i>IGEN Inc (US)</i>	501	1	1	<i>Nanotubes Fullerenes</i>
<i>Novartis AG (CH)</i>	9.668	3	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Hoechst AG (DE)</i>	100.000	55	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Pharmos (US)</i>	52	3	1	<i>Nanoemulsion (s)</i>
<i>Brown University (US)</i>	11	2	1	<i>Nanocrystals Nanoparticles</i>
<i>Farmalyoc (FR)</i>	6	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Yamanouchi Europ (NL)</i>	109	5	1	<i>Nanoparticles</i>

Irlanda¹⁷⁵

O *Nanotechnology National Roadmap* segue três estágios, como apresenta a Figura 16, estendendo-se de 1980 a 2020. O primeiro estágio de 1980 a 2000 serviu para determinar e consolidar o setor de *nanotools* e reconhecer a existência de um setor de nanomateriais nascente. O segundo estágio, atualmente em vigor, quer consolidar o setor de nanomateriais e a fabricação de um grande número de *nanotools* e nanomateriais disponíveis em produtos e processos (*the marketing of a growing number of nanotools and nanomaterials enabled products and processes*).

¹⁷⁵ A Irlanda demonstrou, nos últimos 20 anos a possibilidade de qualquer país atuar em qualquer área tecnológica, não importa quão atrasado tenha ficado em uma ou outra área, desde que tenha políticas efetivas e objetivas. Deixou de ser um país pobre e retrógrado para ser hoje um autêntico "tigre" tecnológico e econômico, com forte base científica.

O terceiro estágio iniciado em 2000 se estende até 2020 e prevê o uso das *nanotools* e *nanomaterials* em muito setores, de forma muito ampla, levando a comercialização de produtos e processos novos e/ou aprimorados disponibilizados pela incorporação de *nanodevices* e *nanosystems*.

Estima-se que haja 114 pesquisadores em dez grupos de qualidade internacional atualmente envolvidos com a pesquisa em nanotecnologia na Irlanda, os quais têm conseguido atrair fundos para *facilities* (superior a US\$ 37 milhões) e projetos (da ordem de US\$ 74 milhões) tanto de fontes nacionais quanto internacionais.

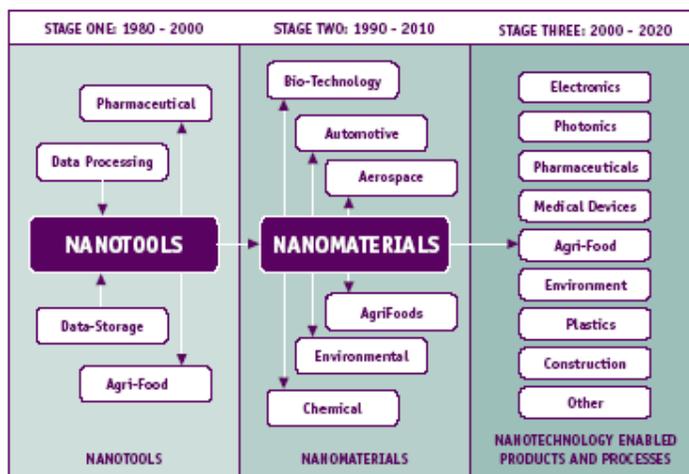


Figura 16. Nanotechnology National Roadmap da Irlanda.¹⁷⁶

As principais áreas de interesse do país em P & D em nanotecnologia são:

- *ICT-electronics*
- *ICT- photonics*
- *Healthcare-pharmaceuticals*
- *Healthcare-medical devices*
- *Agri-food*
- *Polymers and Plastics*
- *Construction*

Os primeiros quatro setores são dominados por empresas *start-ups* nacionais e também companhias multinacionais, enquanto os três últimos são dominados por empresas nacionais. Para as *star-ups* e multinacionais as principais oportunidades estão em desenvolver ou adotar antecipadamente *nanotools*, *nanomaterials*, *nanodevices* e *nanosystems* para desenvolver novos produtos e processos. Já para as empresas nacionais há muito estabelecidas ou tradicionais a principal oportunidade está em usar *nanotools* e *nanomaterials* já disponíveis para melhorar, aperfeiçoar produtos ou processos já existentes.

A competência nacional em nanotecnologia na Irlanda foi estimada por meio de quatro tópicos:

- *Third level Institutions*

¹⁷⁶ ICSTI Statement on Nanotechnology. Irish Council for Science, Technology and Innovation, 2004, no site http://www.forfas.ie/icsti/statements/icsti040714/icsti040714_nanotech_statement.pdf

- *New Indigenous Companies*
- *Established Indigenous Companies*
- *Multinacional Companies*

Por intermédio das *third level institutions* foi possível determinar o nível e a natureza da atividade de pesquisa em nanotecnologia, bem como a infra-estrutura disponível para os pesquisadores e identificar o nível e as fontes de financiamento. Como descrito, há aproximadamente 114 pesquisadores em dez centros de pesquisa envolvidos com nanotecnologia. Além dos pesquisadores há ainda um número grande de alunos de pós-graduação, 250, o que dá uma razão de dois alunos para cada pesquisador profissional.

As principais áreas de pesquisa nas universidades e instituições são em *nanotools*, *nanomaterials*, *nanodevices* e *nanosystems*. Em termos de infra-estrutura o HEA (*Higher Education Authority*) investiu US\$ 20,3 milhões no estabelecimento do *National Nanofabrication Facility* no NMRC que fica na *University College Cork* e outros US\$ 18,1 milhões na criação do *Institute for Advanced Materials* que fica no *Trinity College Dublin*. O HEA também aprovou uma verba adicional de US\$ 11,2 milhões para programas nas universidades de nível superior que tenham uma significativa componente nanotecnológica.

A grande maioria dos recursos e fundos disponíveis para financiar pesquisa, dentro das instituições, em nanotecnologia vem das seguintes fontes:

- *Higher Education Authority; through the Irish Research Council for Science, Engineering and Technology*
- *Science Foundation Ireland (SFI)*
- *Enterprise Ireland*
- *European Union*

O *Irish Research Council for Science, Engineering and Technology* alocou US\$ 2,43 milhões em 22 projetos de nanotecnologia ou relacionados. A *Science Foundation Ireland* fundou 15 projetos e alocou US\$ 56,56 milhões. A *Enterprise Ireland* aprovou 40 projetos e destinou US\$ 7,98 milhões. A *European Union* está financiando 16 projetos com orçamento total de US\$ 8,89 milhões.

Os demais tópicos utilizados para estimar a competência irlandesa em nanotecnologia refletem que ainda há um *gap* grande entre o que se faz nas universidades e o que vira produto ou processo na indústria.

Estima-se que o fundo anual de investimento do governo irlandês em nanotecnologia seja de US\$ 49,33 milhões por ano, de acordo com o *Nanotechnology Strategy Document 2003-2008*.

No *National Development Plan 2000-2006* há uma provisão de US\$ 3,07 bilhões para *Research, Technology, Development and Innovation (RTDI)*, sendo que deste total US\$ 860 milhões são para P & D nas universidades, US\$ 877 milhões são para implementação de *Technology Foresight (ICT/Bio)*, US\$ 597 milhões para pesquisa na indústria e US\$ 329 milhões para promover redes de colaboração.¹⁷⁷ Note-se que esses valores são gerais e não específicos para nanotecnologia. Os fundos disponíveis para P & D em nanotecnologia vêm de

¹⁷⁷ Crean, G. M. Nanotechnology in Ireland. Workshop on Nanotechnology Networking and International Cooperation. 2004, no site <http://www.nims.go.jp/ws-nanonet/Speakers/Crean-NMRC-Irelandr.pdf>

algumas fontes: US\$ 15,4 milhões por ano da SFI, US\$ 25,1 milhões da PRTL (HEA), US\$ 1,6 bilhão do Framework 6 (programa da União Européia).

As três metas desse *Nanotechnology Strategy Document 2003-2008* são:

- *Encourage and support 8 new high potential start ups;*
- *Encourage 40 established EI clients to investigate, adopt and apply nanotechnology in their products or processes with the objective of 20 companies succeeding within 5 years;*
- *Encourage a doubling in the number researchers working in nanotechnology from 130¹⁷⁸ to 260 researchers over the period.*

Foram recuperadas 13 patentes com a palavra-chave “nano*” no site do EPO, sendo seis de empresas estrangeiras e sete de instituições e empresas da Irlanda, conforme se observa na Tabela 33.

Tabela 33. Depositantes de patentes em nanotecnologia na Irlanda.

Depositante	Nº total de patentes (Irlanda e exterior)	Nº total de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na Irlanda	Palavras-chaves
<i>Elan Corp PLC (IE)</i>	415	6	2	<i>Nanoparticles Nanospheres</i>
<i>Lakeland Dairy Proc (IE)</i>	4	2	1	<i>Nanofiltration</i>
<i>Ntera¹⁷⁹ (IE)</i>	4	2	1	<i>Nanostructured</i>
<i>Univ Dublin (IE)</i>	49	5	1	<i>Nanoscale</i>
<i>Univ College Cork Nat Universi (IE)</i>	32	1	1	<i>Nanowires</i>
<i>Univ Limerick (IE)</i>	5	2	1	<i>Nanocomposites</i>
<i>Rhone Poulenc Rorer SA (FR)</i>	4.384	7	2	<i>Nanoparticles</i>
<i>Univ Texas Tech (US)</i>	93	4	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>	90	6	1	<i>Nanocrystalline</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	1	<i>Nanostructured</i>
<i>Eastman Kodak (US)</i>	76.161	123	1	<i>Nanoparticles</i>

¹⁷⁸ Esse é um valor estimado e não há um número final do número de pesquisadores trabalhando atualmente em nanotecnologia, como se observa ao longo do texto.

¹⁷⁹ A NTERA foi criada em 1997 pelo Prof. Donald Fitzmurice e é uma *spin-out* do departamento de química da University College Dublin. É uma companhia de nanomateriais que desenvolve *paper-quality display technologies*. O capital da empresa é de US\$ 24,6 milhões. Fonte: ICSTI Statement on Nanotechnology. Irish Council for Science, Technology and Innovation, 2004, no site http://www.forfas.ie/icsti/statements/icsti040714/icsti040714_nanotech_statement.pdf

África do Sul

A África do Sul ainda não tem uma política explícita de nanotecnologia. A SANi (*South Africa Nanotechnology initiative*) foi estabelecida em 2002 e está em fase de prospecção e elaboração das estratégias de P & D, de informar a indústria local e saber quais as necessidades do país, bem como determinar as fontes de financiamento para pesquisa e desenvolvimento.¹⁸⁰ As metas da SANi são:¹⁸¹

- *To generate awareness of nanotechnology at all levels of government and industry;*
- *To enhance cross-disciplinary partnership among the South African science & technology community through networks;*
- *To enhance capacity building of nanotechnologies & nano sciences in South Africa to ensure a required critical mass;*
- *To facilitate Academia-Industry partnerships & knowledge transfer in nanotechnology;*
- *To investigate new potential market opportunities for South African industry (focus on minerals) within the new emerging technologies;*
- *To act as a steering group and distribution body for government funding in nanotechnology.*

O gasto com C&T na África do Sul corresponde atualmente a US\$ 162 milhões em 2004. Com a implantação do *Science and Technology for Competitiveness Program* em 2003 investiu-se US\$ 51 milhões. No ano de 2003 foram fundadas algumas instituições pelo *Department of Science and Technology*, entre elas a *National Research Foundation* com US\$ 58,8 milhões. Uma das principais preocupações do país é com a questão endêmica da Aids, e vários projetos, científicos e sociais, são dirigidos ao controle da doença no país.¹⁸²

A África do Sul tem uma participação muito grande no FP6 (Framework Program 6) da União Européia, ficando atrás somente da Rússia entre os países não-europeus que recebem financiamento para seus projetos de pesquisa. No caso da África do Sul muito do que é aprovado se refere a projetos de pesquisa relacionados com a Aids, que já somam mais de US\$ 863 milhões. E atualmente há uma forte chamada aos pesquisadores para pleitear projetos na área de nanotecnologia também no FP6, como forma de fortalecer a pesquisa no país, com financiamento estrangeiro.¹⁸³

Foram recuperadas 44 patentes com a palavra-chave “nano” no EPO depositada na África do Sul, conforme apresenta a Tabela 34.

¹⁸⁰ South African Nanotechnology Initiative gains momentum. 2004, no site http://www.csir.co.za/plsql/ptl0002/PTL0002_PGE038_ARTICLE?ARTICLE_NO=7194520

¹⁸¹ Fonte: <http://www.sani.org.za/About/goals.asp>

¹⁸² Department of Science and Technology. Annual Report 2003/2004. No site http://www.dst.gov.za/news/annual_report/annualreport0304.pdf

¹⁸³ Nanotechnology in the EU's Sixth Framework Programme: Opportunities for South Africa. No site http://www.dst.gov.za/programmes/multilateral/_ppt/nano.ppt

Tabela 34. Principais depositantes de patentes em nanotecnologia na África do Sul.

Depositante	Nº total de patentes (África do Sul e exterior)	Nº de patentes em nano	Nº de patentes em nano depositadas na África do Sul	Palavras-chaves
<i>Texaco Development Corp (US)</i>	10.540	5	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Diagnostikforschung Inst (DE)</i>			2	<i>Nanoparticles Nanocrystalline</i>
<i>Mecagis (FR)</i>	20	5	2	<i>Nanocrystalline</i>
<i>Élan Corp PLC (IE)</i>			2	<i>Nanoparticles Nanospheres</i>
<i>Rhone Poulenc Chimie (FR)</i>	13.733	44	2	<i>Nanometric dimensions</i>
<i>Rhone Poulenc Rorer (FR)</i>			2	<i>Nanoparticles</i>
<i>Procter & Gamble (US)</i>	67.367	59	1	<i>Nano-sized</i>
<i>Pharmasol (DE)</i>	15	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>L'Oréal (FR)</i>	29.261	104	3	<i>Nanoemulsion (s)</i>
<i>Virsol (FR)</i>	20	3	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Dow Chemical (US)</i>	44.592	43	3	<i>Nanosize Nanoscale Nanocomposite (s) Nanofiller</i>
<i>Ciba SC Holding AG (DE)</i>	7.796	12	2	<i>Nanodispersion (s)</i>
<i>Vesifact AG (DE)</i>	25	13	4	<i>Nanodispersion (s) Nanosuspensions</i>
<i>Hyperion Catalysis (US)</i>	341	50	2	<i>Nanotubes</i>
<i>UCB (BE)</i>	2.399	6	1	<i>Nanocapsules</i>
<i>Hoechst AG (DE)</i>	100.000	55	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Farmalyoc (FR)</i>	6	2	1	<i>Nanoparticles</i>
<i>Minnesota Mining & MFG (US)</i>	56.374	46	1	<i>Nano-structured</i>

Curiosamente a maioria das patentes depositadas na África do Sul são de empresas depositárias no Brasil, com as mesmas palavras-chaves. Isso se compreende devido a dois fatos:

- 1) tal como o Brasil, a África do Sul tem uma indústria química importante (destacando-se a Sasol), com forte presença de capitais nacionais e com tecnologias indígenas;
- 2) tal como o Brasil, a África do Sul não tem uma indústria importante de equipamentos para as tecnologias da informação.

Programas supranacionais

Comunidade Européia

A Comunidade Européia tem um programa principal de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento nanotecnológico,¹⁸⁴ que é o FP6¹⁸⁵. Seu prazo é de 2002 a 2006 e se trata de um programa abrangente de fomento à pesquisa e desenvolvimento tecnológico, contribuindo expressivamente para projetos com ênfase em nanociência e nanotecnologia. Recursos provenientes desse programa podem ser solicitados por todos os países, entretanto diferentes regras são aplicadas a cada grupo de países (veja Tabela 35).

Tabela 35. Regras estabelecidas pelo FP6 para diferentes grupos de países.

Participant's country of establishment	Participation	Financing
European Union Member States ⁶ , Joint Research Centre)	No restriction	No restriction
Associated Candidate Countries ⁷	No restriction	No restriction
Other Associated Countries ⁸	No restriction	No restriction
International organisations of European interest	No restriction	No restriction
Russia, New Independent States, Mediterranean Countries, Western Balkans, Developing countries	No restriction over and above the minimum consortium composition	Within the limits of the budget available for specific measures in support of international co-operation
Third countries having a co-operation agreement ⁹	No restriction over and above the minimum consortium composition	If Community contribution is necessary and foreseen by the Work Programme
Other third countries	If participation is foreseen or if it is necessary for carrying out the project	If Community contribution is foreseen by the Work Programme or if it is essential for carrying out the project
Other international organisations	No restriction over and above the minimum consortium composition	If Community contribution is foreseen in the work programme or if it is essential for carrying out the

O programa FP6 é o sucessor dos programas FP5¹⁸⁶ (1998-2002) e FP4¹⁸⁷ (1994-1998). Seu objetivo estratégico é fortalecer científica e tecnologicamente as indústrias de forma a aumentar sua competitividade internacional. O Programa FP6 priorizou *integrated programs e networks of excellence*. O orçamento total desse programa é de US\$ 6 bilhões. O orçamento previsto para projetos em nanotecnologia é de US\$ 1,6 bilhão de dólares.

¹⁸⁴ The Sixth Framework Programme (<http://www.cordis.lu/fp6>).

¹⁸⁵ Sixth Research and Technological Development Framework Programme

¹⁸⁶ Fifth Research and Technological Development Framework Programme

¹⁸⁷ Fourth Research and Technological Development Framework Programme

O número total de projetos submetidos ao FP6 por país nos diversos temas relacionados à nanotecnologia é um indicador de atividade dos vários países nas diversas áreas nanotecnológicas¹⁸⁸. Essas informações são importantes para que os investidores identifiquem as potencialidades nanotecnológicas locais na Europa que estão resumidas a seguir:

- *Life science, genomics and biotechnology for health: Sweden, Denmark, Belgium, the Netherlands and the United Kingdom*
- *Information society technologies: Sweden, Norway, Belgium, Finland and Spain*
- *Nanotechnologies and nanosciences, knowledge-based multifunctional materials and new production processes and devices: Finland, Sweden, Belgium, the Netherlands and Austria*
- *Aeronautics and space: Belgium, Sweden, France, Greece and the United Kingdom*
- *Food quality and safety: Denmark, Belgium, Sweden, the Netherlands and the United Kingdom*
- *Sustainable development, global change and ecosystems: Sweden, Norway, Denmark, the Netherlands and Austria*
- *Social aspects of nanotechnology (health, quality life, science education, science and society): Belgium, Austria, France, Denmark and the Netherlands.*

Nota-se a ausência da Alemanha, o que indica que esses resultados mostram apenas quais são os países que mais solicitaram recursos da comunidade europeia por setor nanotecnológico, ou seja, os que têm mais oferta de serviços de pesquisa e maior demanda por recursos, como a Suécia e Bélgica. Por outro lado, a alta demanda de recursos ao FP6 também pode ser o fruto de uma falta de investimento dos respectivos programas de pesquisa nacionais no setor nanotecnológico. De acordo com o relatório inglês¹⁸⁹ os países europeus que mais investem em nanotecnologia são: Alemanha, Suíça e Reino Unido.

Os resultados concretos dos investimentos da comunidade europeia e programas nacionais no setor nanotecnológico são avaliados em função de publicações científicas, aplicações de patentes e transferência de tecnologia para os setores industriais.

Um exemplo de como os recursos obtidos pelo programa FP4, anterior ao FP6, foram alocados aos diversos programas de pesquisa em nanotecnologia é mostrado na Tabela 36¹⁹⁰.

Tabela 36. Fundos estimados para nanotecnologia no FP4.

¹⁸⁸ European Nanobusiness Association: How Nano is Europe? An analysis of Nanotechnology-based Expressions of Interest in the Sixty Framework Programme (<http://www.nanoeurope.org/publications.htm>).

¹⁸⁹ Worldwide Government Policy and Initiatives in nanotechnology 2004 (<http://www.nano.org.uk/govtcontents.pdf>).

¹⁹⁰ Malsh, I.; Nanotechnology in Europe: scientific trends and organizational dynamics, *Nanotechnology* (10) 1999, 1-7.

Programme ^a	Budget (in million ECU) ^b
ESPRIT long-term research: Advanced Research Initiative in Micro-Electronics (ARI-MEL)	11 + 5 to be allocated + 0.8 for networking (3 years)
BRITE/EURAM	≈ 8 (for three years)
Standards, Measurement and Testing (SMT)	> 0.6
BIOMED (biomedical technologies)	In the order of 5 (three years)
BIOTECH (biotechnology) structural biology	In the order of 10 (three years)
Training and mobility of researchers (fellowships, research networks and euroconferences)	Substantial, but not targeted to nanotechnology
Joint Research Centre	≈ 0.8 per year in 1996, with a foreseen rise in later years
ENV2C (environment)	Minor
JOULE/THERMIE (energy)	Minor
CRAFT for SMEs (small and medium enterprises)	Minor

^a The INTAS programme, dedicated to fostering collaborations of researchers from the EU with the countries of the former Soviet Union, has also funded some research on nanotechnology, according to one of the respondents in the survey.

^b Information collected in August 1996.

Com base na exigência de que os grupos que solicitem recursos ao FP6 sejam de localidades diferentes e preferencialmente organizados na forma de *integrated programmes e networks of excellence* muitos grupos europeus se organizaram na forma de redes. Os *European networks in nanoscience* mais conhecidos são mostrados na Tabela 37.

Tabela 37. *European research networks.*

O Plano de Trabalho 2005 do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) foi elaborado tendo como principais referências (1) a Política Nacional de Ciência e Tecnologia; (2) a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE); (3) o Plano Estratégico do Órgão Supervisor; e (4) reflexões e preocupações manifestadas no decorrer da execução de nossas atividades ao longo do ano anterior e, especialmente, os debates ocorridos no Conselho de Administração do CGEE, que refletem as visões e expectativas das entidades e dos segmentos sociais e governamentais ali representados.

Network	Area of research
PHANTOMS (ESPRIT, EU, since 1992)	Mesoscopic physics and technology
NANO (ESF, since 1995)	Aerosol based nanostructured materials for sustainable energy production
ECME (COST chemistry D4, 1992–1998)	Molecular electronics
Molecular materials and functional polymers for advanced devices (COST materials 518)	Materials

≈ 6 em 2006
o setor de

Network	Area of research
SBIP (structural biology industrial platform, BIOTECH, EU, since 1997)	Structural biology, including some work on linking with nanotechnology
EuSPEN (BRITE/EURAM, EU, since 1998)	Precision engineering
ECNM (COST action 523, in preparation since 1997)	Nanostructured materials
Supramolecular chemistry (COST chemistry D8, 1998–2003)	Supramolecular chemistry
COST <i>ad hoc</i> working group nanosciences (since 1998)	Horizontal, intergovernmental coordination of national research strategies at European level
Nanoscience for Nanotechnology (TMR, EU, 3 conferences in 1998–2000)	Horizontal coordination of research, fostering smaller clusters of researchers on individual topics

s at

¹⁹¹ Communication of the European Commission: "Towards a European strategy for nanotechnology" (<http://www.cordis.lu/nanotechnology/src/communication.htm>).

¹⁹² Seventh Research and Technological Development Framework Programme

Casos de atividades internacionais

A natureza pervasiva da nanotecnologia e a multiplicidade de competências exigidas pelos projetos têm originado muitas iniciativas de cooperação internacional, das mais variadas naturezas.

Algumas são especialmente interessantes:

1. Em Taiwan, o NST vai destinar US\$23,2 bilhões para programas de colaboração internacional em nanotecnologia com instituições estrangeiras durante os próximos cinco anos.¹⁹³
2. Em outubro de 2003 a Malásia abriu a InventQjaya¹⁹⁴, um laboratório de P & D criado como uma *joint venture* pelo governo da Malásia e a empresa Reveo, uma incubadora de tecnologia do Estado de Nova York (EUA).
3. Um desenvolvimento complexo é o do acordo entre a Itochu Corp. e o governo do Estado do Novo México, nos Estados Unidos. O acordo prevê que a Itochu colabore com os laboratórios nacionais de Sandia e Los Alamos e também com a Universidade do Novo México, a New Mexico Tech and New Mexico State University.¹⁹⁵ *"Itochu plans to invest in companies and venture funds, create licensing and distribution agreements and form collaborations with research facilities to bring new technology to the global market. Itochu's primary areas of interest are nanotechnology and biotechnology, which it said are two of New Mexico's strong research areas, he said. "This is an important step that will allow New Mexico to convert the \$6 billion dollars of research and development in our state into new jobs, new products and new companies," declarou o Gov. Richardson, who was in Tokyo, said in a statement. The agreement resulted from four meetings over 17 months between the state's Economic Development Department and Itochu, both in New Mexico and Japan. Officials from Itochu visited New Mexico in April for briefings by representatives of the labs and universities."*¹⁹⁶
4. Em abril de 2004, um dos principais laboratórios nacionais do Japão, o *National Institute for Materials Science* (NIMS) lançou o *ICYS, International Center for Young Scientists* project, destinado exclusivamente a atrair pesquisadores estrangeiros.¹⁹⁷

¹⁹³ Fonte: <http://web2.innovationworld.nite/biotechconnect/000342.html>

¹⁹⁴ Fonte: <http://www.inventqjaya.com>

¹⁹⁵ JAPANESE FIRM, STATE OF NEW MEXICO SIGN DEAL TO COMMERCIALIZE TECHNOLOGY. Small Times, 15/06/2004, no site www.smalltimes.com

¹⁹⁶ Leia mais no tópico Sistemas Corporativos.

¹⁹⁷ JAPAN'S NANO PROGRAM ENCOURAGES INTERDISCIPLINARY COOPERATION. Small Times, 22/06/2004, no site www.smalltimes.com

Atividades de empresas

As estratégias e atividades de empresas de vários países, especialmente os que não são usualmente considerados como "países-chaves", já foram descritas nos capítulos relativos a cada país.

No caso dos países-chaves, as atividades de empresas já são extremamente vultosas e globalizadas. Por essa razão a sua análise foi feita usando-se principalmente as informações dos bancos de patentes, além do noticiário técnico e econômico em boletins, publicações abertas e internet.

Essa análise, associada à análise de dados nacionais, produz algumas conclusões:

- 2) **Não existe uma "indústria de nanotecnologia"**, análoga às indústrias têxtil, automobilística, siderúrgica, eletrônica, etc. A discussão de curvas de crescimento em S, que se observa em alguns documentos, carece de qualquer sentido.
- 3) A nanotecnologia é **pervasiva**, ela interessa a todos os setores da economia, incluindo agricultura, extração mineral, indústria e serviços. Dentro de qualquer empresa, um novo desenvolvimento tecnológico pode impactar vários produtos e processos.
- 4) Os principais setores industriais de aplicação da nanotecnologia serão justamente os maiores setores da indústria atual: **química e micro(nano)eletrônica**. Isso resulta da natureza do conhecimento nanotecnológico e do porte dessas indústrias, em escala global.
- 5) As **taxas de crescimento** esperadas para os produtos nanotecnológicos dos vários setores industriais são **muito superiores** às taxas médias de crescimento da economia.
- 6) **Já há muitos produtos nanotecnológicos no mercado** e novos produtos estão sendo introduzidos em ritmo acelerado. Esses produtos são resultados de desenvolvimento incremental que já vinha ocorrendo sob outras denominações que não a de nanotecnologia. Isso demonstra que a nanotecnologia não começou em uma data definida e que ela não obedece a nenhuma hierarquia intelectual estrita.¹⁹⁸
- 7) Todos os setores industriais esperam da nanotecnologia **respostas para demandas** que não foram ainda satisfeitas, especialmente devido à falta de materiais adequados.
- 8) Há empresas que identificam como nanotecnológicos produtos que outras empresas não identificam desta forma. Esses casos demonstram que, freqüentemente, nanotecnologia é uma questão de **linguagem**, mais do que de real novidade conceitual.
- 9) Alguns produtos classificados como **biotecnológicos** podem ser classificados também como nanotecnológicos, e vice versa.
- 10) Há expectativas de **criação de muitos empregos novos** (cerca de 2 milhões em dez anos) mas também da **extinção de muitos empregos** devido à substituição de produtos e processos.

Portanto, **a nanotecnologia é pervasiva e empresas de todos os setores industriais estão desenvolvendo produtos nanotecnológicos, embora algumas optem por não identificá-los como tal. O crescimento previsto para os mercados desses produtos é muito superior ao crescimento de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares. As aplicações atuais de nanotecnologia e as que estarão atingindo os mercados nos próximos anos são evolucionárias, mais do que revolucionárias,**

¹⁹⁸ Para ser absolutamente claro: a vinculação da criação da nanotecnologia à visão de um personagem muito respeitável, como Feynman, e vinculação da sua expansão à visão de um personagem muito discutível, como Drexler, desrespeitam a história da nanociência e nanotecnologia.

estando concentradas nas áreas de *determinação de propriedades de materiais, produção química, manufatura de precisão e computação*.¹⁹⁹ Espera-se o aparecimento de aplicações revolucionárias, a médio e longo prazo.

Patenteamento em nanotecnologia

Praticamente todas as grandes empresas inovadoras já incorporaram aos seus portfólios algumas patentes nanotecnológicas, como apresenta a Tabela 38.

Tabela 38. Grandes empresas que depositam patentes em nanotecnologia.

Empresa	Nº total de patentes	Nº de patentes em nano*
Procter & Gamble	74.242	59
L'Oreal	29.195	103
Honeywell ²⁰⁰	37.713	39
Rohm and Haas	21.003	48
Dow Chemical	53.056	32
Eastman Chem.	5.101	23
Rhodia Chimie	1022 ²⁰¹	28
Solutia ²⁰²	514	10
Bayer AG ²⁰³	>100.000	57
Nederland Org Toeg-TNO	3479	8
Intevp	924	5
Shell International Research ²⁰⁴	149/65874*	6/15*
Osmonics	58	2
IBM ²⁰⁵	>100.000	175
Hewlett-Packard ²⁰⁶	38.679	64
Intel ³²	17.344	20
Motorola	56.885	51
Siemens ³²	>100.000	39
Samsung ³²	>100.000	116
ITRI (TW)	7.622	60
Bridgestone Corp. ²⁰⁷ (JP)	23.438	8

¹⁹⁹ Não existe, neste momento, nenhuma possibilidade razoavelmente bem definida para o uso de nanomáquinas capazes de fabricar materiais montando-os átomo por átomo, apesar dessas máquinas ocuparem muito espaço nos textos e na imaginação de divulgadores.

²⁰⁰ Embora a Honeywell seja mais conhecida pela sua atuação no setor eletro-eletrônico, ela realizou recentemente investimentos no setor de fibras de nylon e adquiriu a Kolon (coreana), do setor de filmes especiais de nylon. Isso está ligado a uma estratégia de médio prazo que pode resultar em mudanças significativas em todo o setor de embalagens de alimentos, nos mercados ocidentais.

²⁰¹ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index, pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 83 patentes.

²⁰² A depositante do grupo Solutia no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca na base EPO foi feita apenas para esta empresa. Incluindo todas as empresas do grupo, esse número sobe para 914 patentes.

²⁰³ Todas as empresas do grupo estão incluídas.

²⁰⁴ Incluindo todas as empresas do grupo Shell.

²⁰⁵ A recuperação das patentes inclui também IBM com outras terminações, por exemplo: IBM Deutschland, IBM INTERNAT BUSINESS MACHINES.

²⁰⁶ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

²⁰⁷ Somente a Bridgestone Corporation, entre todas as empresas "Bridgestone", depositou patentes em nanotecnologia.

Fuji Photo	>100.000	32
Canon	>100.000	36
Hitachi ²⁰⁸	>100.000	101 ²⁰⁹
Mitsubishi ²¹⁰	>100.000	99
Matsushita Electric	100.000	51
General Electric (US)	100.000	22
LG (KR) ²¹¹	69.385	78
Kolon (KR)	2.702	5

Por outro lado, há certamente empresas importantes que depositam patentes em assuntos de nanotecnologia, mas não usam palavras-chaves indicativas. Um caso bem definido é o de uma grande empresa de cosméticos, a Shiseido (JP). Essa empresa não tem patentes contendo palavras-chaves em "nano", ao contrário da L'Oréal, do mesmo setor. Entretanto, o número de patentes da Shiseido em *titanium oxide* [26], *zinc oxide* [19], *particles* [23] e *ultraviolet absorber* [36], que são também palavras-chaves dominantes no portfólio da L'Oréal, soma 104 patentes (contra 101 da L'Oréal). Portanto, a diferença entre os portfólios das duas empresas está na nomenclatura usada por cada empresa e não nos seus conteúdos.

Extensão de patentes para outros países

O exame do processo de extensão de patentes para outros países, realizado pelas empresas, é muito revelador, como se observa examinando patentes estendidas por empresas, para Taiwan e para o Brasil, apresentadas nas Tabelas 38 a 40.

Portanto, os maiores depositantes de patentes em Taiwan são empresas dos setores de TI/eletrônica e químico. Entre essas, só depositaram patentes no Brasil a Exxon e a Eastman Kodak.

Por outro lado, foram estendidas para o Brasil mais de 200 patentes por empresas estrangeiras, que representam 90% do total de patentes usando palavras-chaves "nano" depositadas no INPI e estão resumidas na Tabela 39.

Tabela 39. Patentes depositadas no INPI por empresas estrangeiras, organizadas segundo a maior frequência de patenteamento.

Termo	Empresas
Nanocompósitos/ Nanocompósita	Rohm & Haas [4], Solutia [4], Eastman Chemical [4], Nederlandse Organisatie Voor Toegespate - TNO [3]

²⁰⁸ Inclui várias empresas, Hitachi Metals, Hitachi Chemical, Hitachi Science, etc.

²⁰⁹ As empresas do grupo Hitachi que patenteiam em nano são: Hitachi Metals [33], Hitachi Ltd [22], Hitachi Europe [20], Hitachi Software Eng [10], Hitachi Chemical [4], Hitachi Global Storage Technol. [3], Hitachi Device Eng [1], Hitachi Instruments Service [1] e Hitachi Maxwell [1]. A Hitachi Global Storage Technology é uma empresa nova criada pela Hitachi e IBM em 2003. Há duas patentes dessa empresa com a palavra-chave "nanocrystalline", que se referem à fabricação de filmes finos magnéticos utilizados em *disk drive* contendo camada de CrTi nanocristalino. Site www.hgst.com

²¹⁰ As empresas do grupo que patenteiam são: Mitsubishi Rayon [6], Mitsubishi Chemical [21], Mitsubishi Materials [7], Mitsubishi Gas Chemical [8], Mitsubishi Electric [7], Mitsubishi Heavy [5] e Mitsubishi Cable [2].

²¹¹ As empresas patenteadoras são: LG Electronics [50], LG Chemical [10], LG Household and Health Care [3], LG Semicon [3], LG Chem Investments [2] e LG Philips Displays [1].

[27]	(instituto de pesquisas tecnológicas, privado), Dow Chemical [2], Vantico ²¹² [1] (setor químico), Exxon Research [1], Exxonmobil Chemical Patents [1], Basell [1], Nalco [1], Xerox [1]
Nanocristalino/ Nanocristal [15]	Procter & Gamble [4], Minutia [2] (Canadense, nanoeletrônica), Cytec Technology [1] (Americana-química e materiais), Eurand [1] (Italiana, farmacêutica), Fraunhofer-Gesellschaft [1] (Alemanha-Instituto de tecnologia privado), Hydro Québec [1] (Canadense, energia), Imphy Uguine Precision ²¹³ [1] Siderúrgica, RSO [1] (Sueca-eletrônica), Spectra Systems [1], ²¹⁴ Westain Biomedical [1], Xerox [1]
Nanofiltração/ nanofiltração [17]	Osmonics ²¹⁵ [2]- tratamento de água, Shell [2], Applexion ²¹⁶ [1], Dow Chemical [1], Dow Deutschland/Dow Danmark [1], Henkel [1], Kvaerner Chemetics [1], Procter & Gamble [1], Proras ²¹⁷ [1] (italiana-engenharia), Queensland Alumina [1], Tate & Lyle Industries [1], Zenon ²¹⁸ [1] (canadense- fabricação de membranas para filtração).
Nanômetros [13]	Colgate-Palmolive [1], Dow Corning [1], Hyperion Catalysis [1], La Roche [1], L'Oreal [1], Ovonic Battery ²¹⁹ [1] (Americana-fabricante de baterias de níquel), PPG [1],

²¹² A Vantico foi comprada pelo Grupo Huntsman (maior companhia química "private" do mundo com faturamento bruto anual de US\$9,5 bilhões, formando uma companhia chamada Huntsman Advanced Materials. Fonte: <http://www.huntsman.com>

²¹³ Aço inoxidável e ligas ferro-níquel.

²¹⁴ *Spectra Systems Corporation is a materials and systems company with a growing number of patented platform technologies. The company has developed and commercialized a number of new and unique product solutions for the coding, authentication, marking, tracking and sensing markets. Spectra Systems manufactures and markets its products to industries that include brand authentication, document and mail processing, drug discovery, textile services, digital optical media and product manufacturing.* Fonte: <http://www.spsy.com/>

²¹⁵ *Osmonics is now GE Osmonics, part of GE Water Technologies. The GE Water Technologies mission is to be recognized as the world's best supplier of engineered chemical and mechanical treatment programs for water and process systems.* Fonte: <http://www.gewater.com>

²¹⁶ *Applexion develops purification processes, builds the corresponding systems, installs them and guarantees their performance. Applexion joined GROUPE NOVASEP (Pompey, France) in April 2004. GROUPE NOVASEP is a world leader in purification solutions, in a broad sense, for the pharmaceutical industry. GROUPE NOVASEP is also involved in the production of APIs (Active Pharmaceutical Ingredients).* Fonte: <http://www.applexion.com>

²¹⁷ *Proras is an Engineering Company committed since 1984 to Planning and Construction of Process for the Civil, Mechanical and Industrial engineering Industry. Thanks to our highly qualified and experienced personnel we always achieve the best technical and operative results. Our main fields are Industrial Engineering and Planning, to which we have recently added a new Research and Development Department in order to increase our new Industrial Technology Applications, thus acquiring licenses for technologies of particular interesting characteristics. The prevention of environmental impact, the optimization of procedures and lowering operative and production costs become the main target of New Tech Department, constantly dedicated to the research of solutions for industrial processes.* Fonte: <http://www.proras.it/>

²¹⁸ *ZENON Environmental is a world leader in immersed membrane technology, providing solutions for municipalities, industries, land development and emergency applications.* www.zenonenv.com

²¹⁹ *Ovonic Battery Company is the leading developer of advanced materials for NiMH batteries.*

	Procter & Gamble [1], Rhône-Poulenc Specialty [1], Rohm & Haas [1], Saint-Gobain Ceramics e Plastics [1]
Nanopartículas [38]	Intevep [3] (venezuelana- petroquímica), Procter & Gamble [3], Bayer [2], Rhodia Chimie [2], Vivorx [2] Americana -farmacêutica Cornerstone Pharmaceuticals [1], Eurand [1] (italiana-farmacêutica), Securency Pty ²²⁰ [1] (australiana), Yeda ²²¹ [1] Israelense, Virsol [1] Francesa-biotecnologia, Flamel ²²² [1] Francesa- biotecnologia farmacêutica, Novavax [1] Americana-farmacêutica, Asea Brown ²²³ [1] Alemanha/Suíça, Rhone Poulenc Chimie [1], Rhone Poulenc Rorer [1], Nycomed [1] Dinamarca – farmacêutica, 3M Innovative Properties [1], Merck Patent [1], Texaco Development [1], Crompton [1], Givaudan [1], Degussa [1] BASF Coatings [1], Biomedical [1], Pharmasol [1], ATO BV ²²⁴ [1] holandesa-instituto de tecnologia

Portanto, os maiores depositantes no Brasil, em nanotecnologia, são:

- *L’Oreal*: 19 patentes (**nanopigmentos** [9], **nanoemulsões** [8] e **nanocápsulas** [2])
- *Procter & Gamble*: 11 patentes (**nanocristalino** [4], **nanopartículas** [3], **nanofiltração** [1], **nanomêtro** [1], **nanoporoso** [1] e **tamanho nano** [1]).
- *Rhodia Chimie* com nove patentes (**nanofibrilas** [5], **nanopartículas** [2], **nanométrico** [1], **nanofibras** [1]).
- *Dow Chemical* com sete patentes (**nanocompósitos** [2], **nanofiltração** [1], *pó nanoescalar* [1], **nanocompostos** [3]).
- *Bayer* com seis patentes (**nanopartículas** [2], **nanométricas** [1], **nanoescala** [1], **nanoestruturado** [1], **escala nano** [1]).

²²⁰ *Securency Pty is the recognised world leader in polymer substrate technology and the supplier of a range of unique substrates which are used for the printing of banknotes and other security documents. Formed in 1996, Securency is a joint venture between the Reserve Bank of Australia (RBA), Australia's central bank, and UCB, a Belgian multi-national films, chemicals and pharmaceuticals company. Fonte: www.securency.com.au/*

²²¹ *Yeda Research and Development Company Ltd. is the commercial arm of the Weizmann Institute of Science, Israel's leading center of research and graduate education. The Institute's activities range across the spectrum of contemporary science. Yeda holds an exclusive agreement with the Institute for the marketing and commercialization of new developments emerging from the Institute's laboratories. Fonte: <http://yeda.weizmann.ac.il/>*

²²² *Flamel Technologies is a drug delivery company with expertise in polymer chemistry. Fonte: <http://www.flamel-technologies.fr/>*

²²³ *ABB is a leader in power and automation technologies that enable utility and industry customers to improve performance while lowering environmental impact. The ABB Group of companies operates in around 100 countries and employs around 115,000 people. Fonte: <http://www.abb.com/>*

²²⁴ *ATO, Agrotechnological Research Institute: Agrotechnology & Food Innovations has a great variety of research facilities and equipment, that range from lab scale to semi-industrial (pilot) scale. As a result, the institute is able to optimise new technologies and products, and to offer tailor-made solutions to industries. Agrotechnology & Food Innovations' contract partners can be found, among others, in the food industry, the chemical industry, the pharmaceutical industry, the motor-car industry, the industries manufacturing building materials, the paper-making industry, retailers, auctions, transport companies, the European Commission and national authorities. www.ato.wageningen-ur.nl*

- *Rohm and Haas* com cinco patentes (**nanocompósitos** [4] e **nanômetros** [1]).
- *Eastman Chemical e Solutia* com quatro patentes, todas em **nanocompósitos**.

A comparação entre os padrões de patenteamento no Brasil e em Taiwan também pode ser feita usando as palavras-chaves das patentes depositadas no Brasil e em Taiwan, como está mostrado nos dois quadros constantes da Figura 17.

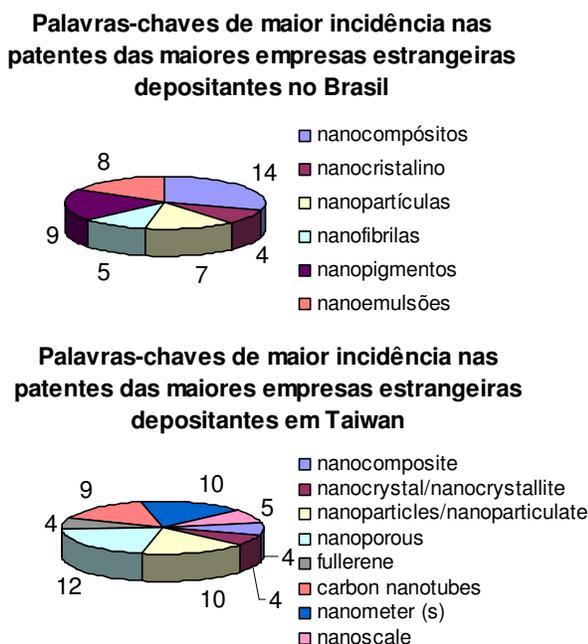


Figura 17. Padrões de patenteamento no Brasil e em Taiwan.

A palavra-chave de maior incidência nos dois casos é "nanocompósito", o que é muito lógico. Por outro lado, as palavras-chaves fortemente associadas à microeletrônica (*fullerene*, *nanotube*, *nanoporous*) que são importantes em Taiwan não incidem no Brasil.

O padrão de patenteamento na África do Sul, que tem uma indústria química muito inovadora, mas não tem indústria de TI importante, é semelhante ao do Brasil. Um terceiro caso diferenciado dos dois anteriores é o de Israel, para o qual os dados apresentados na Tabela 32 mostram uma incidência elevada de patentes depositadas por empresas estrangeiras do setor de fármacos e saúde e uma quase ausência de grandes grupos industriais, dos quais só a Hoechst e a 3M estão presentes.

Estes três casos revelam, sem surpresa alguma, que as estratégias empresariais de desenvolvimento nanotecnológico estão fortemente vinculadas às suas estratégias de acesso e preservação de mercados.

Por outro lado, há vários países em que o patenteamento endógeno é dominado por instituições de pesquisa e universidades, entre eles os "BRICS", Brasil, China e Índia.

Áreas prioritárias

O exame dos portfólios de patentes e das tendências de extensão das patentes permite que se identifiquem os tópicos e temas que reúnem as maiores expectativas de aplicação prática em

nanotecnologia em todo o mundo. Essa identificação vale também para o Brasil mas aqui, como em qualquer outro país, ela deve ser analisada considerando-se a matriz industrial do país.

Para evitar repetições e redundâncias, é muito aconselhável reler-se a descrição organizada dos objetivos e estratégias do ITRI, de Taiwan.

No ITRI, *"Research and development of platform technology is focused on the syntheses and characterizations of nanomaterials with 0 up to 3 dimensions, and their fabrication processes and application technologies through basic studies on the surface effect and the quantum effect arising from nanometer scale:*

- *Nano powder: nanoparticles of metal/compound, nanopolymers powder and carbon nanocapsules.*
- *Nanotemplates: developing highly uniformly distributed nanotemplates, 1D nanomaterials, multi-component nanomaterial templates, precision block copolymer, polymers and carbon templates.*
- *Self-assembly nanostructure: developing ceramic substrate surface self- assembly nanomaterials, self-assembly electrode materials with nanocatalyst, self-assembly of photonic crystals, self-assembly polymers and supramolecules.*
- *Nanocomposites: developing nanopore composite materials, synthesis of polymeric optical display substrate material, nanostructural surface components, polymer and clay organic-inorganic nanocomposites, embedding and filling technologies.*
- *Nanostructural characteristics and process simulation technologies: establishing simulation technologies for nanoparticles of metal/compound, quantum effects and formation of carbon nanotubes, and nanofilm coating and heat treatment, etc.*²²⁵

ITRI will prioritize those nanotechnologies, which can be commercialized in less than 3 years, and will establish the mechanism for innovative and pioneering researches for the traditional industries. The following key technologies belong to this category:

- *Nanoparticle technology: organometallic precursor, Sol-Gel redox reaction, oxygen-solid nanoparticle technology.*
- *Nano polymers: chemical/molecular self-organization.*
- *Nano bulk materials/composites/porous materials: nano crystalline phase, organic-inorganic hybrid stabilized template control.*
- *Applied technologies for nano functions: dielectrics, conductivity, low activation energy, fireproof, UV absorption, far infrared, oil-proof, waterproof and light adjustment."*

Estratégias que serão usadas são as seguintes: survey of the commercial opportunities and needs for traditional industries will be performed. Based on the existing Market Data Bank to select core products/technologies for research and development, the domain knowledge of which can be easily combined with nanotechnology applications to have faster commercial outcome and also bigger industrial impact. A series of conferences and forums will be organized to explore the commercial opportunities for nanotechnology applications, and to have dialogue with the industries and academia in order to shed some light on the applied researches of nanotechnology and to assure incessant input/output mechanisms.

ITRI will initiate industrial participations in the development of core nanotechnology, and will promote the product commercialization by private enterprises through funding and incentives offered by the government."

²²⁵ Fonte: site www.itri.org.tw

Muitos dos sistemas e tópicos apontados no documento do ITRI são hoje temas de pesquisa no Brasil. É notável a percepção de imensas oportunidades em setores industriais tradicionais, que formam hoje grandes demandas sem uma oferta adequada de produtos ou de tecnologia e que poderão beneficiar-se ou já estão se beneficiando dos conceitos e ferramentas da nanotecnologia, ao lado da percepção de possibilidades de mudanças revolucionárias em produtos e processos de todos os setores da economia.

O número total de patentes depositadas no INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial²²⁶ em nanotecnologia é de 231 de acordo com a Tabela 40. Do número total de patentes recuperadas, 19 são de inventores brasileiros, sendo que destas 11 são de instituições públicas. As demais são divididas entre empresas (3) e pessoas físicas (5).

Tabela 40. Número de patentes depositadas e recuperadas por termo (palavra-chave) no INPI (Hifenização e separação de palavra foram considerados na pesquisa).

Termo (palavra-chave)	Nº de patentes	Termo (palavra-chave)	Nº de patentes
Bionanotecnologia/ nanobiotecnologia	0	Nanogota (s)	0
Escala nano	3	Nanogrão	0
Fulerenos	8	Nanogrupo (s)	1
Ilhas quânticas	0	Nanohíbrido (s)	0
Nanoalimento	1	Nanoindentação	0
Nanoargila	1	Nanolitografia	0
Nanobastão	0	Nanomaterial (ais)	0
Nanobiologia	0	Nanomedicina	0
Nanocápsula (s)	7	Nanométrica (o) (s)	7
Nanocatalisador (es)	0	Nanômetro (s)	13 ²²⁷
Nanociência	0	Nanometrologia	0
Nanocomposição	1	Nanomicrons	1
Nanocompósita (s)	6	Nanomodelo	0
Nanocompósito (s)	25	Nanopadrão	0
Nanocompostos	9	Nanopartícula (s)	38
Nanocristalino (a)/nanocristal (ais)	19	Nanoparticulado (s)	1
Nano-dimensionada (s)	2	Nanopeneira (s)	0
Nanodispersão (s)	2	Nanopeptídio	1
Nanodispositivo (s)	1	Nanopigmento (s)	9
Nanodrogas	0	Nanoporoso/nanoporosidade	1
Nanoeletrodo (s)	1	Nano-pó (s)	1
Nanoemulsão (s)	9	Nanorede (s)	0
Nanoeletrônicos/nanoeletrô	0	Nano-sistema (s)	1

²²⁶ Fonte: INPI, dados extraídos do site www.inpi.gov.br

²²⁷ Com a palavra-chave “nanômetros” foram recuperadas 27 patentes, mas uma análise detalhada do conteúdo de 14 dessas patentes mostra que essa palavra aparece no texto apenas para indicar as unidades de comprimento de onda da luz. Essas 14 patentes se referem a processos ou formulações de vidros e dispositivos fotocromáticos que absorvem radiação luminosa, cujo comprimento de onda é medido em nanômetros. Essa observação também mostra que a PPG Industries dos Estados Unidos, uma das maiores depositantes de patentes (10) no Brasil, segundo a “Prospecção em Nanotecnologia” elaborada pelo Sistema de Informação sobre a Indústria Química (Siquim), não está explicitamente envolvida em processos de nanotecnologia, embora os resultados relativos à obtenção de cromóforos dependam implicitamente da construção de unidades em escala nanométrica.

nica			
Nanoengenharia	0	Nanosol	1
Nanoescala	7	Nanotamanho	0
Nanoesfera (s)	3	Nanotecnologia	3
Nanoestrutura (s)	5	Nanotribologia	0
Nanoestruturado (a) (s)	4	Nanotubos de carbono	4
Nanoestruturação	1	Nanotubos	8
Nanofabricação	0	Pó nanoescalar	1
Nanofase	1	Pontos quânticos/fios quânticos	2
Nanofibra (s)	5	Quantum dot (s)	0
Nanofibrila (s)	5	Quasicristalinas	1
Nanofiltração/nanofiltragem	17	Sistema nanoeletromecânico	0
Nanofiltro (s)	0	Tamanho nano/nanométrico	2
Nanofita (s)	0	Spintrônica	0
Nanofotônico	0		
Nanogel	2	Total	231

O número total de patentes recuperadas, 231, inclui patentes que são citadas mais de uma vez com diferentes termos de busca.

As patentes depositadas pelas instituições públicas, universidades, empresa e particulares estão reunidas na Tabela 41.

Tabela 41. Patentes depositadas no INPI por instituições nacionais, empresas e particulares.

Instituição	Inventor	Palavra-Chave	Título	Número
Unicamp/Rhodia Ster	Maria de Fátima B. Souza e Fernando Galembeck ²²⁸	nanocompósitos	Fabricação triboquímica de nanocompósitos híbridos de poliéster com argilas	PI0201487
Unicamp	Ana F. Nogueira e Marco A. de Paoli	nanocristalino	Célula solar de TiO ₂ nanocristalino sensibilizado utilizando eletrólito polimérico sem solvente	PI0101013
Unicamp	Marcelo M. M. de Azevedo, Amanda F. Oliveira e Néson Eduardo Durán Caballero	nanoesferas	Processo de obtenção de micro e nanoesferas de poli (E-caprolactona) na incorporação de isoniazida, composto com atividade	PI0204125

²²⁸ Há outra patente relacionada a nanocompósitos, mas que não usa terminologia de nano: “PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE ADESIVO PARA SUPERFÍCIES DE VIDROS, CERÂMICAS, ALVENARIAS E PLÁSTICOS À BASE DE LÁTEX DE BORRACHA NATURAL MODIFICADO POR POLIFOSFATO”. Autores: Márcia M. Rippel e Fernando Galembeck. PI 0102823.

			antimocobacteriana.	
Unicamp	Sembukuttiarachilage R. P. Silva, Rodrigo G. Lacerda, Chun H. P. Poa e Francisco C. Marques	nanoestrutura do	Processo de obtenção de sensores de pressão e fontes de elétrons à base de carbono e controlados por pressão, e material de carbono obtido para confecção dos dispositivos.	PI0203947
UFRGS	Teresa C. T. D. Costa, Adriana R. Pohlmann, Valquiria L. Bassani, Cláudia R. Müller e Sílvia S. Guterres	nanoesferas e nanocápsulas	Processo de secagem de suspensões coloidais de nanocápsulas e nanoesferas poliméricas por aspersão	PI9906081
UFRGS	Elfrides E. S. Schapoval, Sílvia S. Guterres, Amélia T. Henriques e Cristiane S. Rauber	nanocápsulas	Composições farmacêuticas para o tratamento de afecções cutâneas causadas por <i>Candida</i> SPP e fungos dermatófitos e uso do óleo volátil de <i>C. citratus</i> nas ditas composições.	PI0203521
UFMG	Daniela C. L. Vasconcelos e Wander L. Vasconcelos	nanocompósitos	Processo para fabricação de compósito metal/recobrimento preparado via sol-gel e compósito metal/recobrimento	PI0202188
UFSergipe	José M. Sasaki, Marcelo A. Macêdo	nanoparticulados	Processo de fabricação de pós particulados	PI020003876
ITI	Francisco T. Degasperi, Victor P. Mammana e Aristides P. Filho	nanotubos de carbono	Estrutura de placa emissora para FED	C10001211
CNPq	Júlio C. G. Ferreira	nanocristalino	Processo de obtenção de hidroxiapatita nanocristalina por moagem de alta energia	PI0202117
Embrapa	Everaldo C. Venâncio, Sarita V. Mello, David M. Taylor, Fernando J.	nanométrica	Sensor à base de plásticos condutores e lipídios para avaliação de paladar de bebidas	PI0103502

	Fonseca, Luiz H. C. Mattoso e Antonio Riul Júnior			
Rhodia Acetow Brasil Ltda	Aires Iacovone e Roberto Nasser Júnior	nanofiltração	Utilização de tensoativos no processo de remoção de impurezas de soluções contendo derivados acéticos utilizando nanofiltração com membranas, em processo de obtenção de acetato de celulose	PI9904569
Kalyandra –ME	Ronilda M. Naves e Fausto Silva Júnior	nanotecnologia	Uso da técnica de nanotecnologia com aspersão de ar comprimido ou moto-bomba introduzindo princípios ativos para tratamento capilar e seu processo de aplicação	PI0301081
Okte Engenharia e Consultoria Ltda	Olli K. Tikkanen	nanofiltração	Aperfeiçoamento em sistema e processo de recuperação de água de efluentes industriais através da micronização	C19500182
	Afrânio A. Craveiro	nanoesferas	Uso de microesferas de quitosana no encapsulamento de substâncias e preparação de fitoterápicos	PI9902912
	Jennifer M. C. Yokoya/ e Emerson Chu	nano microns	Equipamento para ativação mecânica autógena por atrito com ativador cilíndrico vertical, rosca helicoidal interna e elementos auxiliares de atrito destinado ao acabamento de peças de finas terminações e tolerâncias reduzidas.	PI0302930
	Antônio C. S. Leite	nanométrica	Dispositivo de gravação de densidade	PI9805753

			nanométrica	
	Petrus D. S. C. Oliveira, Patrícia C. da Nóbrega e Marco Cremona	nanodispositivo	Nanodispositivo para medida e monitoramento individual de doses de radiação ultravioleta através de mecanismo de redução progressiva da eficiência de eletrotroluminescência de compostos	PI0203053
	Luiz O. Ladeira, José D. Ardisson, Fernando A. Batista e Aba I. C. Persiano	nano-voltímetro	Processo de adição de elementos halogênios à compostos terras-raras/ metais de transição-3D por difusão controlada.	PI9701631

A Unicamp tem o maior número de patentes depositadas (quatro) vindo em seguida a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) com duas. Os termos com maior número de patentes são: nanoesferas [3], nanocompósitos [2], nanocápsulas [2], nanofiltração [2], nanométrica [2] e nanocristalino [2].

Conforme se verifica na Tabela 42, os termos com maiores números de patentes depositadas são: nanopartículas, nanocompósitos/nanocompósita, nanocristalino/ nanocristal, nanofiltração/nanofiltragem e nanômetro. Em pesquisa mais refinada, utilizando estes termos, o número de patentes recuperadas não coincide, em alguns casos, com o número de patentes da Tabela 42.²²⁹

Na Tabela 42 são apresentados os nomes das empresas estrangeiras depositantes que têm maior participação como depositantes de patentes.

Tabela 42. Patentes depositadas no INPI por empresas estrangeiras nos termos que aparecem com maior frequência de patenteamento.

²²⁹ Patentes duplicadas foram excluídas.

Termo	Empresa
Nanocompósitos / Nanocompósita [27]	Rohm & Haas [4] Solutia [4] Eastman Chemical [4] Nederlandse Organisatie Voor Toegespat - TNO [3] (instituto de pesquisas tecnológicas, privado) Dow Chemical [2] Vantico ²³⁰ [1] (setor químico) Exxon Research [1] Exxonmobil Chemical Patents [1] Basell [1] Nalco [1] Xerox [1]
Nanocristalino/ Nanocristal [15]	Procter & Gamble [4] Minutia [2] (canadense, nanoeletrônica) Cytec Technology [1] (americana- química e materiais) Eurand [1] (italiana, farmacêutica) Fraunhofer-Gesellschaft [1] (Alemanha-Instituto de tecnologia privado) Hydro Québec [1] (canadense, energia) Imphy UGINE Precision ²³¹ [1] Siderúrgica RSO [1] (sueca-eletrônica) Spectra Systems [1] ²³² Westain Biomedical [1] Xerox [1]
Nanofiltração/ nanofiltração [17]	Osmonics ²³³ [2]- tratamento de água Shell [2] Applexion ²³⁴ [1] Dow Chemical [1] Dow Deutschland/ Dow Danmark [1] Henkel [1] Kvaerner Chemetics [1] Procter & Gamble [1] Proras ²³⁵ [1] (italiana-engenharia) Queensland Alumina [1] Tate & Lyle Industries [1] Zenon ²³⁶ [1] (canadense- fabricação de membranas para filtração)

²³⁰ A Vantico foi comprada pelo Grupo Huntsman (maior companhia química "private" do mundo com faturamento bruto anual de US\$9,5 bilhões, formando uma companhia chamada Huntsman Advanced Materials. Fonte: <http://www.huntsman.com>

²³¹ Aço inoxidável e ligas ferro-níquel.

²³² Spectra Systems Corporation is a materials and systems company with a growing number of patented platform technologies. The company has developed and commercialized a number of new and unique product solutions for the coding, authentication, marking, tracking and sensing markets. Spectra Systems manufactures and markets its products to industries that include brand authentication, document and mail processing, drug discovery, textile services, digital optical media and product manufacturing. Fonte: <http://www.spsy.com/>

²³³ Osmonics is now GE Osmonics, part of GE Water Technologies. The GE Water Technologies mission is to be recognized as the world's best supplier of engineered chemical and mechanical treatment programs for water and process systems. Fonte: <http://www.gewater.com>

Nanômetros [13]	Colgate-Palmolive [1] Dow Corning [1] Hyperion Catalysis [1] La Roche [1] L'Oreal [1] Ovonic Battery ²³⁷ [1] (americana-fabricante de baterias de níquel) PPG [1] Procter & Gamble [1] Rhône-Poulenc Specialty [1] Rohm & Haas [1] Saint-Gobain Ceramics e Plastics [1]
Nanopartículas	Intevep [3] (venezuelana- <i>petroquímica</i> , como Shell ou Exxon) Procter & Gamble [3] Bayer [2] Rhodia Chimie [2] Vivorx [2] americana -farmacêutica Cornerstone Pharmaceuticals [1] Eurand [1] (italiana- farmacêutica) Securrency Pty ²³⁸ [1] (australiana) Yeda ²³⁹ [1] israelense Virsol [1] francesa-biotecnologia Flamel ²⁴⁰ [1] francesa- biotecnologia farmacêutica

²³⁴ Applexion develops purification processes, builds the corresponding systems, installs them and guarantees their performance. Applexion joined GROUPE NOVASEP (Pompey, France) in April 2004. GROUPE NOVASEP is a world leader in purification solutions, in a broad sense, for the pharmaceutical industry. GROUPE NOVASEP is also involved in the production of APIs (Active Pharmaceutical Ingredients). Fonte: <http://www.applexion.com>

²³⁵ Proras is an Engineering Company committed since 1984 to Planning and Construction of Process for the Civil, Mechanical and Industrial engineering Industry. Thanks to our highly qualified and experienced personnel we always achieve the best technical and operative results. Our main fields are Industrial Engineering and Planning, to which we have recently added a new Research and Development Department in order to increase our new Industrial Technology Applications, thus acquiring licenses for technologies of particular interesting characteristics. The prevention of environmental impact, the optimization of procedures and lowering operative and production costs become the main target of New Tech Department, constantly dedicated to the research of solutions for industrial processes. Fonte: <http://www.proras.it/>

²³⁶ ZENON Environmental is a world leader in immersed membrane technology, providing solutions for municipalities, industries, land development and emergency applications. www.zenonenv.com

²³⁷ Ovonic Battery Company is the leading developer of advanced materials for NiMH batteries.

²³⁸ Securrency Pty is the recognized world leader in polymer substrate technology and the supplier of a range of unique substrates which are used for the printing of banknotes and other security documents. Formed in 1996, Securrency is a joint venture between the Reserve Bank of Australia (RBA), Australia's central bank, and UCB, a Belgian multi-national films, chemicals and pharmaceuticals company. Fonte: www.securrency.com.au/

²³⁹ Yeda Research and Development Company Ltd. is the commercial arm of the Weizmann Institute of Science, Israel's leading center of research and graduate education. The Institute's activities range across the spectrum of contemporary science. Yeda holds an exclusive agreement with the Institute for the marketing and commercialization of new developments emerging from the Institute's laboratories. Fonte: <http://yeda.weizmann.ac.il/>

Novavax [1] americana-farmacêutica
Asea Brown ²⁴¹ [1] Alemanha/Suíça- tecnologia
Rhone Poulenc Chimie [1]
Rhone Poulenc Rorer [1]
Nycomed [1] Dinamarca - farmacêutica
3M Innovative Properties [1]
Merck Patent [1]
Texaco Development [1]
Crompton [1]
Givaudan [1]
Degussa [1]
Basf Coatings [1]
Biomedical [1]
Pharmasol [1]
ATO BV ²⁴² [1] holandesa-insituto de tecnologia

Portanto, os maiores depositantes no Brasil, em nanotecnologia, são:

- 1) L’Oreal: 19 patentes (**nanopigmentos** [9], **nanoemulsões** [8] e **nanocápsulas** [2])
- 2) Procter & Gamble: 11 patentes (**nanocristalino** [4], **nanopartículas** [3], **nanofiltração** [1], **nanômetro** [1], **nanoporoso** [1] e **tamanho nano** [1]).
- 3) Rhodia Chimie com nove patentes (**nanofibrilas** [5], **nanopartículas** [2], **nanométrico** [1], **nanofibras** [1]).
- 4) Dow Chemical com sete patentes (**nanocompósitos** [2], **nanofiltração** [1], **pó nanoescalar** [1], **nanocompostos** [3]).
- 5) Bayer com seis patentes (**nanopartículas** [2], **nanométricas** [1], **nanoescala** [1], **nanoestruturado** [1], **escala nano** [1]).
- 6) Rohm and Haas com cinco patentes (**nanocompósitos** [4] e **nanômetros** [1]).
- 7) Eastman Chemical e Solutia com quatro patentes, todas em **nanocompósitos**.

Com **nanopartículas**, os maiores depositantes são: Procter & Gamble [3], Intervep [3], Bayer [2], Vivorx [2] e Rhodia Chimie [2].

Com **nanocompósitos**, as maiores depositantes: Rohm & Haas [4], Solutia [4], Eastman Chemical [4], Nederlandse [3] e Dow Chemical [2].

Com **nanofiltração**: Shell [2] e Osmonics [2].

Com **nanocristalino/nanocristal**: Procter & Gamble [4] e Minutia [2].

²⁴⁰ Flamel Technologies is a drug delivery company with expertise in polymer chemistry. Fonte: <http://www.flamel-technologies.fr/>

²⁴¹ ABB is a leader in power and automation technologies that enable utility and industry customers to improve performance while lowering environmental impact. The ABB Group of companies operates in around 100 countries and employs around 115,000 people. Fonte: <http://www.abb.com/>

²⁴² ATO, Agrotechnological Research Institute: Agrotechnology & Food Innovations has a great variety of research facilities and equipment, that range from lab scale to semi-industrial (pilot) scale. As a result the institute is able to optimize new technologies and products, and to offer tailor-made solutions to industries. Agrotechnology & Food Innovations' contract partners can be found, among others, in the food industry, the chemical industry, the pharmaceutical industry, the motor-car industry, the industries manufacturing building materials, the paper-making industry, retailers, auctions, transport companies, the European Commission and national authorities. www.ato.wageningen-ur.nl

Utilizando *sites* de busca de patentes, foi possível recuperar o número de patentes depositadas pelas grandes empresas depositantes no Brasil, como se verifica na Tabela 43.

Tabela 43. Número de patentes recuperadas em sites de busca de patentes (European Patent Office e United States Patent and Trademark Office).

Empresa	Total em todos os países, segundo a base do European Patent Office	USPTO
Bayer AG ²⁴³	>100.000	319
Procter & Gamble	74.242	6.609
Dow Chemical	52.056	7.661
L'Oreal	34.439	2.987
Rohm & Haas	21.003	1.955
Eastman Chemical	5.101	919
Rhodia Chimie	1020 ²⁴⁴	249
Solutia ²⁴⁵	466	91
Total		20.789

Os números apresentados mostram a enorme superioridade de algumas empresas que depositam no Brasil, no patenteamento de produtos e processos como a Bayer, Procter and Gamble, Dow Chemical, L'Oreal e Rohm & Haas (todas acima de 20 mil patentes depositadas). Em termos de patentes depositadas nos Estados Unidos, observa-se que a Dow Chemical depositou mais patentes do que a Bayer e Procter & Gamble, mas no Brasil a Procter & Gamble depositou mais patentes do que Bayer e Dow Chemical, como se verifica na pg. 36. Por outro lado, nota-se a falta de participação de empresas como a Hewlett-Packard, IBM, Motorola, Siemens e muitas outras das áreas de tecnologia da informação e microeletrônica, que está obviamente associada à inexistência de uma produção industrial brasileira significativa, na área de semicondutores e equipamentos de TI.

Na Tabela 44 são descritas as patentes depositadas por duas das maiores empresas depositantes no Brasil, no termo nanocompósito. Note-se que se trata de cadeias de patentes, o que é esperado face à rapidez com que se sucedem os desenvolvimentos nessa área.

²⁴³ A depositante do grupo Bayer no Brasil é a Bayer AG (Alemanha) e a busca nas bases EPO e USPTO foi feita apenas para esta empresa. Portanto, patentes de outras empresas do grupo Bayer não estão representadas. Esse foi o último grande grupo químico alemão a passar por um processo de divisão e realinhamento estratégico.

²⁴⁴ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index, pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 61 patentes.

²⁴⁵ A depositante no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca nas bases EPO e USPTO foi feita apenas para essa empresa. Portanto, patentes de outras empresas associadas não estão representadas.

Tabela 44. Descrição dos pontos relevantes nas patentes depositadas pelas principais empresas depositantes no Brasil, por termo.

Termo	Empresa	Descrição	Nº de PI
Nanocompósitos	Solutia	Poliamida (homo ou copolímero) e silicato lamelar (montmorilonita, saponita). Obtenção de mistura fluída do monômero ou oligômero e o silicato (tratado ou não com sais de ônio) e posterior polimerização. Aplicações: automotivas, eletrônica, filmes e fibras.	PI9917441 PI0100560 PI9907895 PI9815778
	Rohm & Haas	Mistura de dispersão aquosa da argila com monômero (qualquer monômero etilênico insaturado) e surfactante e polimerização em emulsão, obtendo-se partículas nanocompósitas. Com modificação hidrofóbica da argila com sais de ônio, preparação de partículas poliméricas ocas. A modificação da argila com adição de cátion di ou trivalentes aumenta a afinidade polímero/argila. Aplicações: revestimentos, adesivos, calafetações, selante, aditivos plásticos e resinas termoplásticas.	PI0113995 PI0113997 PI0113998 PI0113999

Portfólios de patentes de empresas selecionadas

Neste tópico serão apresentados dados relativos aos portfólios de empresas selecionadas.

A Tabela 45 apresenta os resultados da prospecção do número total de patentes de empresas selecionadas, incluindo as empresas com maior número de patentes depositadas no Brasil e empresas de eletrônica.

Tabela 45. Portfólio de patentes das principais empresas depositantes e de empresas de tecnologias da informação, constantes do site do European Patent Office.

Empresa	Nº total de patentes	Nº de patentes em nano*	Palavras-chaves mais usadas
Procter & Gamble	74.242	59	Nanoparticle (s) [14] Nanometers [11] Nanocapsules [8] Nano-crystals [6] Nano-scale [6] Nanolatexes [4] Nanofiltration [3] Nanoporous [3] Nano-sized [3] Nanoemulsion [2] Nanozeolites [1]
L'Oreal	29.195	103	Nanopigment (s) [54] Nanoemulsion (s) [36] Nanoparticles [19] Nanocapsule (s) [11] Nanometers [5] Nanopigmented [4]

			Fullerenes [2] Nanometric particles [2] Nanosphere (s) [2] Nanotubes [1]
Shiseido ²⁴⁶	6.956	0	
Honeywell	37.713	39	Nanoporous [19] Nanometer (s) [7] Carbon nanotubes [3] Nanoparticles [3] Nanophase [3] Nanocomposite [2] Nanoporosity [2] Nanolaminate [1] Nanosized [1] Nanotubular [1]
Rohm and Haas	21.003	48	Nanometers ²⁴⁷ [32] Nanoparticle (s) [15] Nanocomposite (s) [6] Nano fibre [1]
Dow Chemical	53.056	32	Nanometer (s) [32] Nanocomposite (s) [15] Nanofiltration [4] Nanosize [2]
Eastman Chem.	5.101	23	Nanocomposite (s) [23]
Rhodia Chimie	1022 ²⁴⁸	28	Nanoparticles [8] Nanometer (s) [6] Nanofibriles [6] Nanometric [4] Nanolatex [3] Nanolithography [1] Nanofabrication [1]
Solutia ²⁴⁹	514	10	Nanocomposite (s) [10]
Bayer AG ²⁵⁰	>100.000	57	Nanoparticles [12] Nanoscale [8] Nanometer (s) [7] Nanofiltration [6] Nanocrystalline [2] Nanodisperse [2] Nanoparticulate [2] Nano-CeO ₂ [1] Nanocrystalline [1]

²⁴⁶ Embora sendo uma grande empresa de cosméticos, a Shiseido (JP) não têm patentes contendo nomenclatura em nano, o que contrasta significativamente com o observado no caso da L'Oréal. Entretanto, o número de patentes da Shiseido em *titanium oxide* [26], *zinc oxide* [19], *particles* [23] e *ultraviolet absorber* [36], que são palavras-chaves dominantes no portfólio da L'Oréal, soma 104 patentes (contra 101 da L'Oréal).

²⁴⁷ Refere-se ao tamanho das partículas.

²⁴⁸ Patentes recuperadas no site Derwent Innovations Index., pois no European Patent Office foram recuperadas apenas 83 patentes.

²⁴⁹ A depositante do grupo Solutia no Brasil é a Solutia Inc. (Estados Unidos) e a busca na base EPO foi feita apenas para esta empresa. Incluindo todas as empresas este número sobe para 914 patentes.

			Nano-dispersed [1] Nanodispersions [1] Nanoscalar [1] Nanosuspensions [1] Nano zinc oxide [1] Nano-ultrafiltration [1] Nano-sized [1]
Nederlandse Organisatie Voor Toegespat- TNO	3479	8	Nanocomposite [6] Nanometers [1] Nanoscopic [1] Nanoscale [1]
Intevop	924	5	Nanoparticle (s) [5]
Shell International Research ²⁵¹	149/65874*	6/15*	Nanometer (s) [4* +2] Nanocrystalline [3]* Nano-powder [1]* Nano-porous [1] Nano-filtration [1]
Osmonics	58	2	Nanofiltration [2]
IBM ²⁵²	>100.000	175	Nanometer (s) [70] Nanoparticle (s) [18] Quantum dot (s) [10] Nanoscale [9] Nanotube (s) [8] Fullerenes [7] Carbon nanotubes [6] Nanocrystal (s) [6] Nano-device (s) [5] Nanostructure (s) [4] Nanostructure (s) [4] Nanocrystalline [3] Nanofoam [3] Nano Kernel [2] Nano-metrology [2] Nanopore [2] Nano-oxide [2] Nanoscopic [2] Nano slider [2] Nanostep [2] Nanostepped [2] Nano-circuit [1] Nanolithographic [1] Nanomechanical [1] Nanostore [1] Nano-textured [1]
Hewlett-	38.679	64	Nanometer (s) [30]

²⁵⁰ Todas as empresas do grupo estão incluídas nesta busca.

²⁵¹ Incluindo todas as empresas do grupo Shell.

²⁵² A recuperação das patentes inclui também IBM com outras terminações, por exemplo: IBM Deutschland, IBM INTERNAT BUSINESS MACHINES.

Packard ²⁵³			Nanometer-scale [17] Nanoscale [12] Nano-imprinting [7] Nanowire (s) [7] Nanometer-scaled [4] Nanoparticles [4] Nanosize [2] Nano structure [2] Nanotube [2] Quantum dot [2] Nano apparatus [1] Nano-circuits [1] Nanoclusters [1] Nano composite [1] Nano-devices [1] Nanofilm [1] Nano-fuse [1] Nanohole [1] Nano-imprint [1] Nanoislands [1] Nano material [1] Nano-particulate [1] Nano-photoetching [1] Nanopore (s) [1] Nano-resistor [1] Nano-sized [1]
Intel ²⁵⁴	17.344	20	Carbon nanotube (s) [7] Fullerenes [2] Nano-barcodes [2] Nanoscale [2] Quantum dots [2] Nanocrystalline [1] Nanometer [1] Nanoparticles [1] Nanosprings [1] Nanostructures [1] Nanostage [1] Nanotubes [1]
Motorola	56.885	51	Nanometer (s) [14] Nanotube (s) [13] Carbon nanotubes [6] Nanocrystal (s) [5] Nano-memory [5] Quantum dots [5] Nanoparticle (s) [4] Nanoclusters [3] Nano-supported [3] Nanomorphich [2]

²⁵³ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

²⁵⁴ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM.

			Nanospecies [2] Nano control [1] Nano-diode [1] Nanomaterials [1] NanoROM [1] Nanoscaled [1]
Siemens ²⁵⁵	>100.000	39	Nanocrystalline [9] Nanometer (s) [7] Nanoscale [3] Nanotubes [3] Carbon nanotubes [2] Nano-dispersants [2] Fullerenes [1] Nano-electronics [1] Nanohydrate [1] Nano-onions [1] Nanoparticles [1] Nanopaste [1] Nano-powders [1] Nano-sized [1] Nanostructured [1] Quantum dots [1]
Samsung ²⁵⁶	>100.000	116	Carbon nanotube (s) [83] Nanotube (s) [73] Nano-sized [19] Nanometer (s) [14] Nanoparticle (s) [11] Quantum dot (s) [11] Nano-size [7] Nanocomposite [3] Nano-scale [3] Nanophase [2] Nano-pores [2] Nanocomplex [1] Nano-crystal [1] Nano data [1] Nanoelectronics [1] Nano grain [1] Nanolaminate [1] Nano-memory [1] Nano phosphor [1] Nanoporous [1] Nano silicate [1] Nanotechnology [1] Nano-type [1]
ITRI (TW)	7.622	60	Carbon nanotube (s) [30] Nanocomposite (s) [14] Nanometer (s) [8]

²⁵⁵ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM

²⁵⁶ Inclui outras empresas do grupo, mesmo caso da IBM

			Nanotubes [6] Nano carbon tube [2] Nano fiber (s) [2] Nanoparticle (s) [2] Fullerenes [1] Nano-dispersed [1] Nano compound [1] Nanoparticle Nanocapsule [1] Nanodimension [1] Nano displacement [1] Nano positioning [1] Nano probe [1] Nanorods [1] Nano-scale [3] Nano-sized [1] Nanostructure [1] Nanotube Nanowires [1]
Bridgestone Corp. ²⁵⁷ (JP)	23.438	8	Carbon nanotube (s) [3] Nanometer [1] Nano-particle (s) [4]
Fuji Photo	>100.000	32	Nanograin [2] Nanometer (s) [3] Nanoparticle (s) [19] Nanoparticulate [4] Nanostructure [3] Fullerene [1] Quantum dots [1]
Fuji Xerox	43.381	14	Carbon nanotube [11] Fullerene [2] Nanometer (s) [2] Nanowire [1]
Canon	>100.000	36	Nanostructure (s) [13] Carbon nanotube (s) [10] Fullerene [5] Nanohole (s) [3] Nanometer (s) [2] Nano structural [2] Quantum dot [2] Nanocarbon [1] Nano fine wire [1] Nano order [1] Nano-sized [1]
Hitachi ²⁵⁸	>100.000	101 ²⁵⁹	Nano-crystalline [24]

²⁵⁷ Somente a Bridgestone Corporation, entre todas as empresas "Bridgestone", depositou patentes em nanotecnologia.

²⁵⁸ Inclui várias empresas, Hitachi Metals, Hitachi Chemical, Hitachi Science, etc.

²⁵⁹ As empresas do grupo Hitachi que patenteiam em nano são: Hitachi Metals [33], Hitachi Ltd [22], Hitachi Europe [20], Hitachi Software Eng [10], Hitachi Chemical [4], Hitachi Global Storage Technol. [3], Hitachi Device Eng [1], Hitachi Instruments Service [1] e Hitachi Maxwell [1]. A Hitachi Global Storage Technology é uma empresa nova criada pela Hitachi

			Nano-crystal [18] Nanoparticle (s) [13] Carbon nanotube (s) [10] Nanofabricated [8] Quantum dot (s) [8] Nanometre scale [7] Nanocluster [6] Nanometer (s) [6] Nanoscale [4] Nanostructured [2] Nano-crystallized [1] Nano diffraction [1] Nanodisplacement [1] Nano-fiber [1] Nano form [1] Nanoprobe [1] Nano material [1] Nano-sized [1] Nanotube [1] Nanowhiskers [1]
Mitsubishi ²⁶⁰	>100.000	99	Fullerene (s) [41] Carbon nanotube (s) [12] Nanoparticle (s) [10] Carbon nanofiber [7] Nanometer (s) [7] Quantum dot [4] Carbon nanomaterial [2] Nanometer-order [2] Nanorod [2] Nano-size [2] Carbon nano fibrin [1] Nano carbon [1] Nano-composite [1] Nano-ROM [1] Nano-sized [1] Nanosphere [1] Nano strip [1] Nano-structures [1] Nanowire [1]
Matsushita Electric	100.000	51	Nanometer (s) [24] Quantum dot (s) [13] Nanocomposite [7] Carbon nanotube [3] Nanoparticle [3] Nano effects [1] Fullerene [1] Nanosized [1]

e IBM em 2003. Há duas patentes dessa empresa com a palavra-chave “nanocrystalline”, que se referem à fabricação de filmes finos magnéticos utilizados em *disk drive* contendo camada de CrTi nanocristalino. Site www.hgst.com

²⁶⁰ As empresas do grupo que patenteiam são: Mitsubishi Rayon [6], Mitsubishi Chemical [21], Mitsubishi Materials [7], Mitsubishi Gas Chemical [8], Mitsubishi Electric [7], Mitsubishi Heavy [5] e Mitsubishi Cable [2].

Matsushita Electric Works	93.838	13	Nanocrystal (s) [5] Nano order [3] Nanocrystalline [2] Nanometer (s) [2] Carbon nanotube [1] Nano-composite [1] Nano-structures [1]
General Electric (US)	100.000	22	Nanometer (s) [13] Nanoparticle (s) [5] Carbon nitrogen nanofiber [1] Nano-size [1] Nanometer-sized [1] Nanophase [1] Nanostructured [1]
LG (KR) ²⁶¹	69.385	78	Carbon nanotube (s) [52] Quantum dot (s) [8] Nanocompósito (s) [6] Carbon nano fiber [2] Nanoemulsion [2] Nanometer (s) [2] Nanopowder [2] Nanocapsule [1] Nano complex [1] Nano level [1] Nanometre [1] Nanopore [1] Nanoscale [1] Nano-sized-alumina [1] Nano tip [1] Nano wire [1] Polymer nanotube [1]
Kolon (KR)	2.702	5	Nano composite [3] Nanoclay [2]
Boeing (US)	10.303	7	Nanoscale [2] Nanostructure [2] Nanocluster [1] Nanophase [1] Nanoporous [1]
General Motors (US)	47.101	13	Nanometers [8] Nanocomposite [2] Carbon nanotubes [1] Fullerenes [1] Nano-crystalline [1] Nanometer-size [1] Nanophase [1] Nanosized [1] Nanostructured [1]
Toyota	85.499	16	Carbon nanotube (s) [11]

²⁶¹ As empresas patenteadoras são: LG Electronics [50], LG Chemical [10], LG Household and Health Care [3], LG Semicon [3], LG Chem Investments [2] e LG Philips Displays [1].

Motor (JP)			Nanometer (s) [3] Carbon nanofiber [2] Carbon material [1] Carbon nanomaterial [1] Fullerene [1] Metal nanotube [1] Nanoparticle [1] Titania nanotube [1]
------------	--	--	--

As palavras-chaves de maior incidência nas patentes recuperadas na Tabela 40 estão apresentadas na Tabela 46.

Tabela 46. Palavras-chaves com maior incidência, de acordo com as patentes recuperadas na EPO.

Palavra-chave	Empresas patenteadoras	Palavra-chave	
Carbon nanotube (s)	Honeywell, IBM, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Xerox, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, Matsushita Electric Works, LG	Nanometer-scale	Hewlett-Packard
Fullerene (s)	L'Oréal, IBM, Intel, Siemens, ITRI, Fuji Photo, Fuji Xerox, Canon, Mitsubishi, Matsushita Electric	Nanoparticle (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, Honeywell, Rohm & Haas, Rhodia Chimie, Bayer AG, Intevap, IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Photo, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, GE
Nanocapsule (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, ITRI, LG	Nanopigment (s)	L'Oréal
Nanocomposite (s)	Honeywell, Rohm & Haas, Dow Chemical, Eastman Chem., Solutia, TNO, Hewlett-Packard, Samsung, ITRI, Mitsubishi, Matsushita Electric, Matsushita Electric Works, LG, Kolon	Nanoporous	Procter & Gamble, Honeywell, Samsung
Nanocrystal (s)	Procter & Gamble, IBM, Motorola, Samsung, Hitachi, Matsushita	Nanoscale	Procter & Gamble, Bayer AG, TNO, IBM, Intel, Siemens,

	Electric Works		Samsung, ITRI, Hitachi, LG
Nanocrystalline	Bayer AG, Shell Internacional Research, IBM, Intel, Siemens, Hitachi, Matsushita Electric Works	Nano-sized	Procter & Gamble, Honeywell, Bayer AG, HP, Siemens, Samsung, ITRI, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, LG
Nanoemulsion (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, LG	Nanotube (s)	L'Oréal, IBM, HP, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI
Nanofibriles	Rhodia Chimie	Quantum dot (s)	IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, Fuji Photo, Cânon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, LG
Nanometer (s)	Procter & Gamble, L'Oréal, Honeywell, Rohm & Haas, Dow Chemical, Rhodia Chimie, Bayer AG, TNO, Shell International Research, IBM, HP, Intel, Motorola, Siemens, Samsung, ITRI, Bridgestone, Fuji Photo, Fuji Xerox, Canon, Hitachi, Mitsubishi, Matsushita Electric, Matsushita Electric Works, GE, LG		

Uma Moratória em Nanotecnologia?

Existe um movimento organizado de opinião alertando para os possíveis riscos da nanotecnologia. Personagens e entidades importantes estão pleiteando medidas de moratória e banimento de produtos nanotecnológicos.

As razões disto estão claramente vinculadas a uma grande quantidade de afirmações ridículas feitas por pseudo-ideólogos e popularizadores da nanotecnologia. Infelizmente, essas afirmações foram levadas a sério por muitas pessoas que estão em posição de criarem sérios embaraços à pesquisa, desenvolvimento e inovação em nanotecnologia.

Algumas empresas se protegem disso fazendo pura e simples omissão de palavras "nano", que de fato elas não precisam para descreverem seus produtos e processos. Outras privilegiam produtos e processos que utilizem matérias-primas já bem conhecidas. Por exemplo, o número

de patentes de nanocompósitos poliméricos com argilas é muito superior ao de nanocompósitos poliméricos com nanotubos de carbono.

Entretanto, é fato que a nanotecnologia está introduzindo alguns materiais anteriormente desconhecidos da natureza ou dos seres humanos. Por exemplo, no caso de nanopartículas, as de ouro são conhecidas e usadas há muitos séculos, as de prata foram amplamente usadas em medicina na primeira metade do século 20 e as de óxido de ferro existem nas águas de muitos lugares no globo, com destaque para o sudeste brasileiro.

Por outro lado, nanotubos de carbono e fulerenos são substâncias químicas ainda novas e o seu uso disseminado só poderá ocorrer depois de se conhecer o seu ciclo de vida no ambiente, bem como as suas propriedades toxicológicas. Ou seja, os produtos "nanotecnológicos" deverão ter seu uso cercado das mesmas precauções que hoje são aplicáveis a quaisquer substâncias novas.

Esta questão está tratada com profundidade, sensatez e equilíbrio no documento *Nanoscience and nanotechnologies; opportunities and uncertainties*, divulgado pela Royal Society e Royal Academy of Engineering em Julho de 2004. A leitura de, pelo menos, o livreto de *Summary and recommendations* deste documento é obrigatória.

É provável que haja muito debate futuro e já há grupos de pesquisa importantes articulados em torno das questões relacionando nanotecnologia e sociedade, como o *Centre for Nanotechnologies and Society*, criado na *Lancaster University* junto ao grupo *Demos*. É importante notar que um dos pontos da missão deste grupo é "*Promote international academic collaborations, particularly through collaboration with related research that is underway in Germany, the Netherlands, **Brazil** and the United States.*"

PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Todos os países inovadores têm programas de nanotecnologia, com orçamentos crescentes e do mesmo nível que a biotecnologia, tecnologias da informação e meio ambiente.

Todos os programas de nanotecnologia analisados neste estudo estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade e, portanto, com características próprias, mas sempre engajando o maior número possível de participantes. Todos têm alvos econômicos definidos.

A nanotecnologia é pervasiva e empresas de todos os setores industriais estão desenvolvendo produtos nanotecnológicos, embora algumas optem por não identificá-los como tal.

O crescimento previsto para os mercados de produtos nanotecnológicos é muito superior ao crescimento de outros mercados dinâmicos, como o de computadores e telefones celulares.

As aplicações atuais 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*.²⁶² Espera-se o aparecimento de aplicações revolucionárias, a médio e longo prazo.

²⁶² Não existe, neste momento, nenhuma possibilidade razoavelmente definida para o uso de nanomáquinas capazes de fabricar materiais montando-os átomo por átomo. Apesar destas máquinas ocuparem muito espaço nos textos e na imaginação de divulgadores, elas não estão nas cogitações de estrategistas das grandes empresas inovadoras a não ser nas formas de síntese química/bioquímica e auto-organização.

Estudos Estratégicos

Parte II

Atividade Prospectiva em Nanotecnologia:

Desenvolvimento Científico da Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos
(janeiro 1994 - julho 2004)

Autor
Oswaldo Luiz Alves

Laboratório de Química do Estado Sólido
Instituto de Química UNICAMP

Apresentação

Neste Relatório Parcial apresentamos, de forma consolidada, os resultados das análises baseados em estudos bibliométricos, relativos às publicações dos países-chave (Estados Unidos, Alemanha, Japão, França, Canadá, Reino Unido, Espanha, Suécia e Suíça) e dos países-competidores (Brasil, Índia, China, Austrália, Coreia, Cingapura, Israel, México e Taiwan), resultados esses compilados da base de dados Web of Science, da ISI. Os aspectos arrolados contemplam, entre outros, as principais temáticas de trabalho, comparação da participação dos principais atores (universidades, institutos e empresas) e os periódicos nos quais as publicações são veiculadas. Na parte final são feitas observações gerais quanto à situação brasileira, além de considerações finais e conclusões.

Campinas, setembro, 2004.

Oswaldo Luiz Alves

Laboratório de Química do Estado Sólido

Instituto de Química UNICAMP

Pressupostos Norteadores

Na elaboração deste estudo foram considerados alguns pressupostos básicos, baseados em percepções geradas por nossas atividades de pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia e, na participação em diversos Grupos de Trabalho²⁶³ identificados com esta temática.

Foram considerados os seguintes pressupostos da Nanociência e Nanotecnologia (N&N):

- geração de conhecimentos avançados convergentes para vários setores: biotecnologia, materiais, instrumentação, etc.;
- surgimento de novas indústrias e novos mercados;
- tendências que apontam para a situação de ruptura tecnológica e mudança na configuração de vários procedimentos industriais;
- nível de investimento na área nos países desenvolvidos (EUA, Alemanha, França, etc) e países em desenvolvimento (China, Índia, Coréia, etc);
- alta expectativa de mercado: 1 trilhão de dólares (próximos 10-15 anos) e perspectiva do Brasil ser responsável por 1% deste faturamento;
- oportunidades para o país que possui competência identificada (não de forma sistemática) na área;
- conhecimento que apresenta potencialidade de acoplar e sinergizar o esforço de desenvolvimento.

Como pode ser visto, tais pressupostos consideraram não só aspectos globais, como também algumas conexões claras relacionadas com o nosso país.

Estratégia Metodológica

Utilizou-se como estratégia metodológica o enfoque de Benchmarking²⁶⁴. Trata-se de uma metodologia fundamentalmente estruturada tendo como base a comparação que permite, em princípio, avaliar a natureza dos “gaps” entre diferentes atores e, quando possível, avançar as bases para vencê-los. Assim, é importante trabalhar com um foco muito bem identificado, como também com indicadores-chave que verdadeiramente permitam mostrar a performance dos diferentes competidores.

Em nosso caso o foco foi Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Como indicadores-chave de busca utilizaram-se as publicações científicas indexadas, associadas a um conjunto de termos de referência (palavras-chave) de uma dada base de dados acreditada, através de uma sistemática bibliométrica.

Visando a comparação, trabalhamos com uma definição de cenários envolvendo países (desenvolvidos e em desenvolvimento). A janela de tempo usada salvo melhor juízo, se inicia,

²⁶³ Neste particular consideramos as atividades no Grupo de Trabalho criado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia em 2003, responsável pela elaboração do Plano Trienal de Nanociência e Nanotecnologia, publicado em http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/prog_nanotec.pdf e na Comissão responsável pela Organização da Oficina de Nanociência e Tecnologia, realizada na Unicamp, em 2003 (<http://www.prp.rei.unicamp.br/nano/resumos.pdf>)

²⁶⁴ Para maiores detalhes sobre a metodologia de Benchmarking veja: Camp, R. (1989), “**Benchmarking – The search for Industry Best Practices that Lead to Superior Performance**”, Milwaukee, Quality Press, USA. Um exemplo interessante do uso desta metodologia foi o estudo feito pela empresa Xerox americana *vis-à-vis* seus competidores japoneses, que levou a empresa repensar sua estratégia e dar maior atenção às novas áreas de desenvolvimento.

no momento em que já se podia visualizar o início do desenvolvimento consistente da área de N&N, concomitantemente com uso de novos termos e/ou palavras utilizando o prefixo *nano* .

Definição do Cenário

A definição do cenário foi feita considerando-se dois conjuntos. O primeiro denominado países-chave e o segundo países-competidores. Estes dois conjuntos, na verdade foram denotados considerando países, cuja presença na literatura já mostravam atividade consistente e/ou atividades apoiadas pela definição de programas nacionais para área. O outro conjunto foi constituído por países que potencialmente poderiam ser competidores do Brasil.²⁶⁵ Este cenário é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Países-chave e Países-competidores selecionados.

1.1.1 Países-chave	1.1.2 Países-competidores
Estados Unidos	Brasil
Japão	China
Alemanha	Índia
França	Austrália
Inglaterra	Coréia
Canadá	Cingapura
Suíça	Israel
Suécia	México
Espanha	Taiwan

Para estes dois conjuntos foi aplicada a metodologia de Benchmarking considerando os aspectos estritamente acadêmicos e científicos e, num segundo estudo, aspectos relacionados com as atividades industriais relacionadas com a N&N. Neste Relatório serão somente tratados os aspectos relacionados com o primeiro ponto.

Definição do Termos-chave de Busca e a Base de Dados

A definição dos termos-chave foi feita considerando uma amostragem nas principais revistas que publicam trabalhos em N&N, como também, considerando várias discussões feitas com pesquisadores identificados com esta área do conhecimento. Desta maneira foram escolhidos 51 termos que foram utilizados para a realização das buscas, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Termos-chave (termos de busca, termos CGEE) utilizados na pesquisa.

TERMO CGEE	TERMO CGEE
bionanotechnology	nanoparticulate

²⁶⁵ É importante considerar que estas escolhas envolveram uma certa dose de arbitrariedade que, no entanto, para o efeito das comparações a que nos propomos, não chega a ser inadequada para as análises. Na Tabela 1 Espanha e Suécia foram introduzidos considerando o tamanho de suas economias e para permitir estender as comparações. No caso da Suíça a mesma foi introduzida, também para comparação, porém considerando a presença de laboratórios importantes neste país, como é o caso da IBM, em Zurique.

fullerenes nanobelts nanobiology nanobiotechnology nanocatalyst nanocomposite nanocorns nanocrystalline, nanocrystal nanodroplets nanodrugs nanoelectronics nanoelectromechanical systems (NEMS) nanoengineered nanoengineering nanofabrication nanofibers nanofilters nanohybrids nanoindentation nanolithography nanomaterials nanomedicine nanometrology nanonetwork nanoparticle	nanopatterning nanophase nanophotonics nanoporosity nanopowders nanorods nanoscale nanoscience nanosieves nanosize nanosized nanospheres nanos tructured nanostructures nanotechnology nanotemplates nanotribology Nanotube carbon nanotubes nanowires quantum-dots quantum-wires quasi-crystals spintronics
---	---

A Base de Dados utilizada foi o Web of Science do Institute for Scientific Information²⁶⁶, sendo que as consultas foram feitas no período de abril - maio de 2004²⁶⁷.

Visão Geral da Produção Científica em Nanociência e Nanotecnologia no Mundo

A visão geral do desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia aqui apresentada refere-se à utilização das 51 palavras-chave de busca para todos os países considerados, e abrange o período de 1994 a abril de 2004. As ocorrências são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Visão Geral da Produção Científica da Nanotecnologia no Mundo.

TERMO CGEE	nº artigos	TERMO CGEE	nº artigos
Nanocrystalline/	19936	spintronics	397

²⁶⁶ A base de dados Web of Science da ISIS do Institute Scientific Information trata-se da base de dados mais usada pela comunidade científica internacional. É uma base de dados mundial contendo informações sobre artigos, em todas as áreas do conhecimento, publicados a partir de 1977, à disposição dos pesquisadores brasileiros. Pode ser acessada via <http://www.periódicos.capes.gov.br> ou diretamente em <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi?DestApp=WOS&F>

²⁶⁷ As pesquisas na base de dados Web of Science foi executada pela Equipe do Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM), Escola de Química (EQ), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sob a Coordenação de Adelaide Antunes e Cláudia Canongia. Os dados "as cast" com os quais os estudos foram realizados estão disponíveis no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

nanocrystal	18869	nanoparticulate	362
nanoparticle	14052	nanotribology	234
nanostuctured/nanostructures	12746	nanopatterning	226
quantum-dots	12591	nanodroplets	219
fullerenes	11519	nanobelts	158
nanotubes	9108	nanoscience	156
Nanotube carbon	7012	nanoelectromechanical systems (NEMS)	130
nanocomposite	6462	nanohybrids	89
nanoscale	3906	nanoengineered/nanoengineering	76
nanowires	3774	nanoporosity	76
quantum-wires	3036	nanocatalyst	70
nanosize /nanosized	2423	nanofilters	64
quasi-crystals	1892	nanometrology	37
nanindentation	1699	nanophotonics	33
nanotechnology	1243	nanotemplates	31
nanorods	1219	nanonetwork	15
nanospheres	1201	nanobiology	13
nanomaterials	1142	nanomedicine	13
nanophase	855	bionanotechnology/nanotechnology	9
nanofibers	751	nanocorns	4
nanofabrication	734	nanodrugs	2
nanolithography	559	nanosieves	1
nanopowders	474		
nanoelectronics			

Dos 139.618 artigos localizados para todo o mundo, cerca de 40% , ou seja, 55.704 artigos estão relacionados com a produção dos países-chave e cerca de 14% do total, ou seja, 19.644, estão relacionados com os países-competidores.

É importante destacar que a aparente discrepância no fechamento dos números, deve-se ao fato que no processo de busca pode ocorrer a duplicação das ocorrências, dado ao fato de que um artigo pode conter várias das palavras-chave de busca, seja nas palavras-chave (*keywords*), *abstract* ou título da publicação. Por conseguinte, os resultados obtidos devem ser encarados sob a óptica de um excelente guia qualitativo para o número de publicações e tendências, mas não pode ser tomado como uma contagem quantitativa definitiva.

Um estudo mais rigoroso dos dados, ou seja, fazendo a devida filtragem, poderia ser realizado posteriormente. De qualquer maneira, considerando que tal efeito esteja ocorrendo ao longo de todo o processo, verifica-se que a produção científica nos países-chave é cerca de três vezes maior que nos países-competidores.

A Tabela 3 aponta que dentro desta visão global, as palavras-chave de busca *nanocrystalline/nanocrystal*, *nanoparticles*, *nanostructured/nanostructures*, *quantum-dot*, *fullerenes*, *nanotubes*, *nanotubes carbon*, *nanocomposite*, *nanoscale*, *nanowires*, são responsáveis por cerca de 83% das ocorrências. Na Figura 1, é apresentado um gráfico que ilustra claramente essa situação.

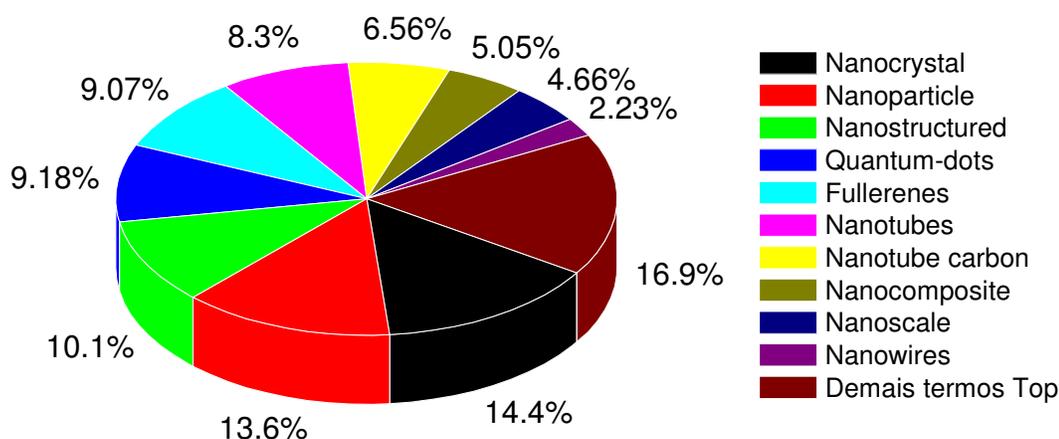


Figura 1: Visão Geral do Desenvolvimento Científico da N&N no Mundo no Período 1994-2004

Uma análise dos dados da Figura 1, aponta que a atividade de pesquisa, em termos globais, está fortemente concentrada no campo da produção de nanopartículas e no uso destas na geração de novos materiais nanoestruturados²⁶⁸.

A despeito de estarmos fazendo estas observações para a um “conjunto congelado” de informações, levantamento realizado em agosto de 2004, mostra que o crescimento nas publicações científicas em Nanociência e Nanotecnologia continua bastante elevado²⁶⁹.

²⁶⁸ Estes resultados, de certa forma, estão na mesma direção das preocupações que algumas organizações internacionais têm manifestado com relação ao uso e manipulação de nanopartículas. Recentemente, em 29 de julho de 2004, a Royal Society, a mais prestigiada academia de ciência da Grã-Bretanha e uma das mais prestigiadas do mundo pediu um “freio” na pesquisa de N&N. Sugere o documento apresentado pela Royal Society que o desenvolvimento dessa nova área da ciência seja “guiado por avaliações de segurança e regulamentações adequadas para minimizar qualquer possível risco às pessoas e ao meio ambiente”. Veja a notícia em http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_434.html e o documento completo em <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>

²⁶⁹ De Abril de 2004 a Agosto de 2004 houve cerca de 3000 novos trabalhos científicos relacionados com as palavras-chave de busca na base utilizada para este estudo (ISI Web of Science), o que demonstra o desenvolvimento científico excepcional da N&N.

Análise da Produção Científica nos Países-chave

Uma visão macro da pesquisa nos países-chave, considerando as condições de contorno da pesquisa já descritas, envolvendo todos os termos-chave de busca, é apresentada na Figura 2. A observação destes dados confirma a percepção - construída através dos meios de comunicação e da literatura científica -, o absoluto predomínio da produção científica dos Estados Unidos nesta área de conhecimento. Sua produção científica (21.769) é da ordem do dobro da do Japão (10.883), segundo colocado.

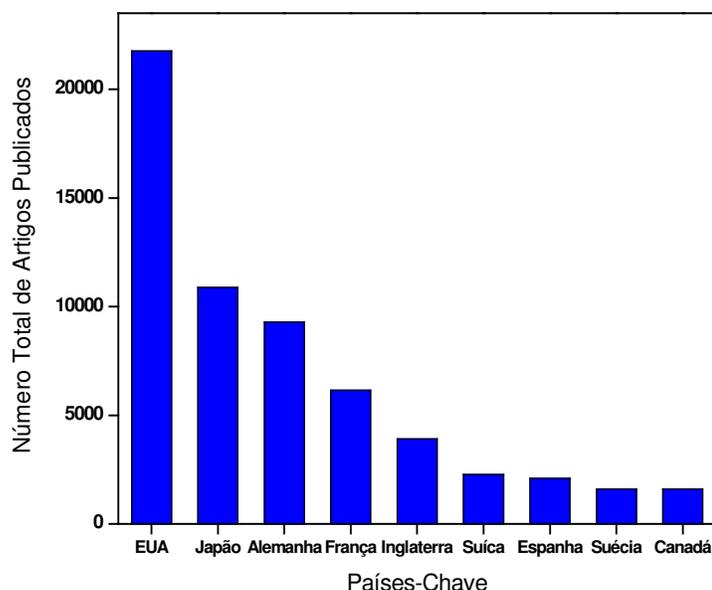


Figura 2: Visão macro da pesquisa em N&N nos países-chave (1994-2004)

Outra constatação importante é que a soma da produção científica dos países da Comunidade Européia (Alemanha, França, Inglaterra, Suíça, Espanha e Suécia) que, em princípio, admite-se refletir a atividade de pesquisa, perfazem 25.325 publicações, o que se constitui em pouco mais de 10% maior que a produção americana.

A evolução histórica da N&N nos países-chave apresentada na Figura 3, mostra um crescimento exponencial do número de artigos publicados por estes países. O crescimento no período de 1994 a 2002 foi da ordem de 650%²⁷⁰. Os termos que aparecem com maior frequência nos países-chave são apresentados na Tabela 4.

²⁷⁰ A análise referente aos anos de 2003 e 2004 fica prejudicada dado que a entrada dos registros na base, por vezes, ocorre com certa defasagem de tempo. Entretanto, considerando o volume de pesquisa, a maturação de vários programas nacionais devotados a N&N nos países-chave, não seria de todo inexequível projetar o atingimento de valores próximos de 14.000 para 2003 e 16.000 para 2004.

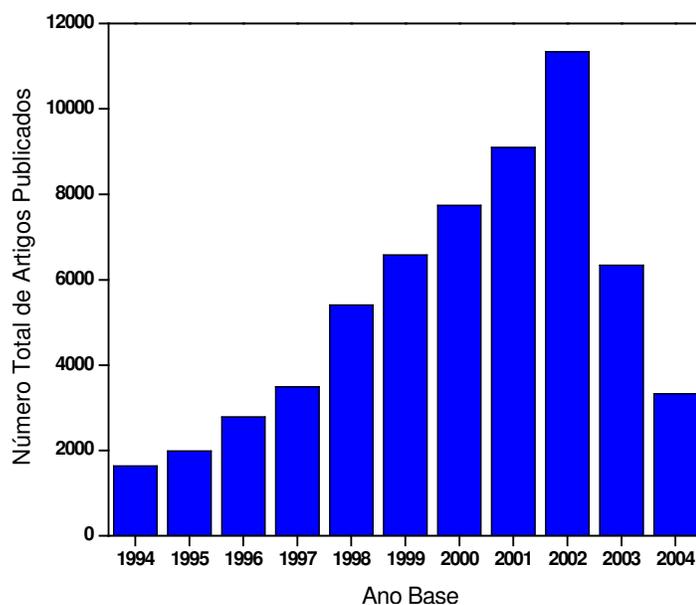


Figura 3: Evolução histórica da N&N nos países-chave (1994-2004).

Tabela 4: Termos de maior frequência nas publicações dos países-chave.

Termos Tops
nanocrystal
nanoparticle/nanoparticulate
quantum-dot
fulerenos
nanotubes
nanowires

Os termos que aparecem na Tabela 4 constituem temáticas de pesquisa que estão presentes em todos os países-chave, desde 1994. A exceção é *nanotube*²⁷¹, que aparece a partir de 1998. Em realidade, os termos *nanocrystal*, *nanoparticle/nanoparticulate*, *quantum-dot*, pertencem ao mesmo universo temático, ficando como termos distintos, os *nanowire*, *fulerene* e *nanotube*.

Uma análise pertinente para esta tendência passa, por exemplo, pelo fato de que a produção de *nanoparticles*, *nanocrystals* e *quantum-dots* são temáticas fortemente impregnadas do conhecimento da Química Coloidal. Em nossa opinião, o desenvolvimento desta área, agora denominada Nanociência e Nanotecnologia, se beneficiou e continua se beneficiando, de todo um substrato teórico-experimental já existente, como também, das facilidades de caracterização, sobretudo as microscopias eletrônicas (varredura e transmissão). Ocorre, portanto, uma transposição de conhecimentos sem que fossem necessários, num primeiro momento, elevados investimentos de infra-estrutura para a N&N como tal. Muito provavelmente daí decorre a forte inserção destes temas nos países-chave, e que até hoje, dão grande visibilidade à N&N.

²⁷¹ A descoberta dos nanotubos de carbono por Sumio Iijima, ocorreu no Japão em 1989.

Tal situação, muito provavelmente, permitiu a transferência de conhecimento para o setor produtivo, com criação de empresas e melhoria de matérias-primas, algumas das quais que já eram utilizadas em vários produtos e que quando nanoparticuladas tiveram sua aplicação estendida (como por exemplo o TiO_2 , óxido de titânio)²⁷². Com grande probabilidade, uma análise dos dados referentes às patentes poderá descortinar um quadro semelhante.

A grande maioria dos trabalhos publicados nos países-chave, envolvendo os temas apresentados na Tabela 4 (Tops) foi produzida fundamentalmente na Universidade e nos Institutos de Pesquisa. As únicas exceções são o Japão e a França, com respectivamente, cerca de 15% e 6% dos trabalhos contando com a participação de empresas. Na Figura 4 é apresentado um quadro completo da participação destes três atores principais nas atividades de N&N.

No caso japonês as empresas que figuram são: Riken, NEC Corporation LTD., Toyota Technol. Institute e a Japan Scientific Corporation. No caso da França, temos a empresa Thompson CSF.

Dentre os países-chave, aqueles que tem maior participação de Institutos de Pesquisa são respectivamente a Alemanha, a Suíça e a França, sendo que para o caso do primeiro, a proporção é de aproximadamente 1:1.

Avaliamos que as diferentes distribuições dos atores principais estão muito mais relacionadas com a gênese dos sistemas de C&T dos diferentes países, que se adaptaram às novas tecnologias, tais como a N&N, do que aos efeitos da criação de novas instituições voltadas diretamente para estas atividades. Talvez, para o futuro, tal quadro possa sofrer mudanças importantes.

Os periódicos que apresentam maior frequência de publicações para os três primeiros termos Top (Tabela 5) são apresentados abaixo, juntamente com o seu escopo editorial e o seu Fator de Impacto (FI)²⁷³.

²⁷² O óxido de titânio (TiO_2) particulado apresenta várias aplicações, em catálise industrial, catálise ambiental, tintas e em produtos cosméticos, neste último caso, com a função de protetor solar. Recentemente, recobrimentos de vidros com TiO_2 , deram origem aos chamados "vidros auto-limpantes", nos quais substâncias orgânicas são degradadas pela ação da luz solar [http://lqes.igq.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_439.html]

²⁷³ O Fator de Impacto permite que seja avaliada a importância relativa de um periódico especialmente quando se compara com outros da mesma área. A um alto fator de impacto (FI) associa-se uma maior importância. O Fator de Impacto é calculado dividindo o número de citações no ano corrente dos trabalhos citados nos dois anos anteriores pelo número de artigos publicados nos dois anos anteriores. Maiores informações sobre o cálculo do FI pode ser consultado em <http://isi3.newisiknowledge.com/porta.cgi?DestApp=JCR&Func=Frame>.

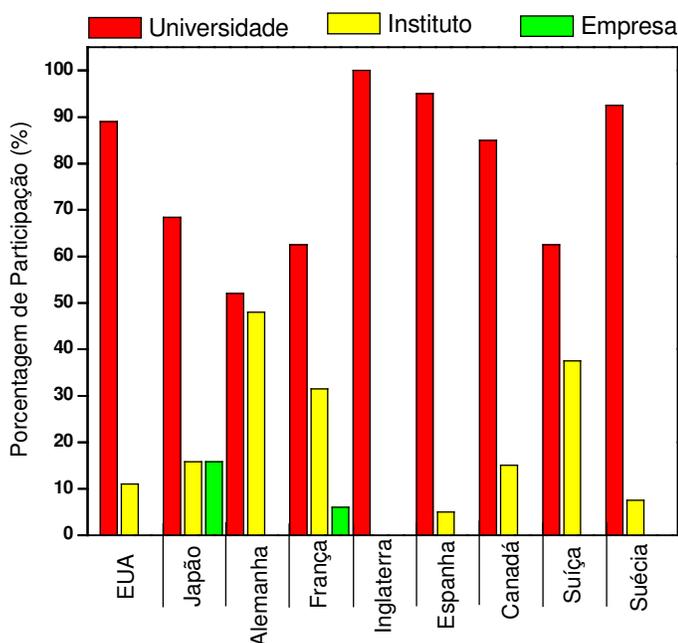


Figura 4: Atores principais no cenário de N&N nos países-chave para os termos top.

Tabela 5: Periódicos Científicos com maior frequência de publicação para os 3 termos Top.

Título	Escopo	FI*
Applied Physics Letters	Artigos experimentais ou teóricos com aplicações na Física e modernas tecnologias	4,2
Physical Review B	Física de Materiais	3,3
Journal of Physical Chemistry B (JPC:B)	Artigos sobre materiais (nanoestruturas, macromoléculas, físico-química em geral), além de artigos sobre estruturas e propriedades de superfícies e interfaces	3,6
Journal of Magnetism and Magnetic Materials	Artigos, experimentais ou teóricos, sobre magnetismo e tecnologias e aplicações de materiais magnéticos	1,1

* FI : Fator de impacto

Como pode ser visto na Tabela 5, as publicações foram feitas em periódicos altamente conceituados e de tradição, porém não marcadas com o termo “*nano*”. De 2000 até hoje, e mesmo um pouco antes, vários periódicos novos totalmente voltados para a N&N foram criados por importantes sociedades científicas e editoras comerciais.

Na Tabela 6 são apresentadas informações sobre tais publicações²⁷⁴.

Tabela 5: Periódicos Científicos contendo o termo Nano no título.

²⁷⁴ Estes dados foram obtidos em <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi?DestApp=JCR&Func=Frame> utilizando como termo de consulta nano*.

Título	Escopo	FI
Journal of Nanoparticle Research	Química multidisciplinar e Ciência dos Materiais multidisciplinar	1,3
IEEE Transactions on Nanotechnology	Engenharia elétrica e eletrônica;Ciência dos Materiais multidisciplinar e Física Aplicada	2,1
Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures	Química, Física, Ciência de Materiais multidisciplinar; Física Atômica e Molecular; Físico-Química	1,4
Journal of the International Societies For Precision Engineering and Nanotechnology	Engenharia multidisciplinar; Engenharia Produção; Instrumentos e Instrumentação	0,6
Physica E- Low-Dimensional Systems & Nanostructures	Física, Matéria Condensada	0,9
Nanotechnology	Engenharia multidisciplinar; Ciência dos Materiais multidisciplinar, Física e Física Aplicada	2,3
Nano Letters	Química multidisciplinar; Ciência dos Materiais Multidisciplinar	6,1
Microsystem Technologies-Micro-and Nanosystems-Information Storage and Processing Systems	Engenharia Elétrica	0,7
Journal of Nanoscience and Nanotechnology	Química multidisciplinar;Ciências dos Materiais	2,0

Do conjunto dos títulos apresentados na Tabela 6, o destaque considerando o FI, fica para a revista Nano Letters publicada pela American Chemical Society²⁷⁵

Análise da Produção Científica dos Países-competidores

Uma visão macro da pesquisa em N&N traduzida pela produção científica nos países-competidores, considerando condições de contorno desta pesquisa, envolvendo todos os termos-chave de busca, é apresentada na Figura 5.

²⁷⁵ Informações adicionais sobre a revista Nano Letters veja: <http://pubs.acs.org/promo/physmat/nano.pdf>

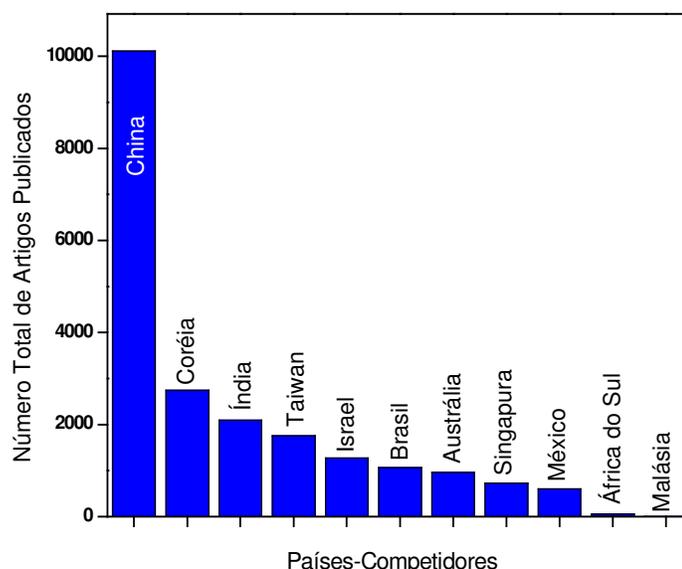


Figura 5: Visão macro da pesquisa em N&N nos países-competidores.

A China se destaca amplamente dentre os países-competidores, uma vez que tem produção científica de cerca da metade dos Estados Unidos e muito próxima da do Japão. Todavia, supera com diferenças importantes, outros países-chave, tais como: Alemanha, França, Inglaterra, Espanha, Canadá, Suíça e Suécia. Na comparação com os países-competidores a produção científica chinesa é cerca de 3,7 maior que a da Coréia (segundo lugar) e 9,5 vezes a do Brasil²⁷⁶, que ocupa o 5º lugar.

A evolução da N&N nos países-competidores, a menos dos valores, guarda uma similaridade com aquela dos países-chave, ou seja, também é exponencial e apresenta o máximo em 2002 (Figura 6). Aqui também, as análises dos anos 2003 e 2004 ficaram prejudicadas, como já mencionado na nota de rodapé 8. Ao longo do período de 1994 - 2002 houve um crescimento de mais de 1500% na produção científica dos países-competidores.

Uma consideração que nos parece pertinente fazer é que neste caso, aparentemente não se trata de uma maturação de investimentos feitos especificamente para programas de N&N. Numa primeira avaliação, estes dados sugerem que se trata de uma importante modificação de prioridades de C&T e senso de oportunidade, frente à uma ciência e tecnologia emergentes, que desde logo se mostrou atraente.

²⁷⁶ A China tem apresentado uma elevada produtividade científica que não se restringe à temática de N&N.. Fato notável é quando se observa que, na última década, o número de publicações internacionais em C&T foi multiplicado por mais de 6. Recentemente foi noticiado que sua produção de C&T global já superou em 2002 a França, estando neste momento ocupando o quinto lugar no mundo. Como ilustração, os dois trabalhos chineses mais citados, em 2002, estavam relacionados com a temática de nanotubos de carbono.
 Fonte:http://lges.igmp.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_354.html

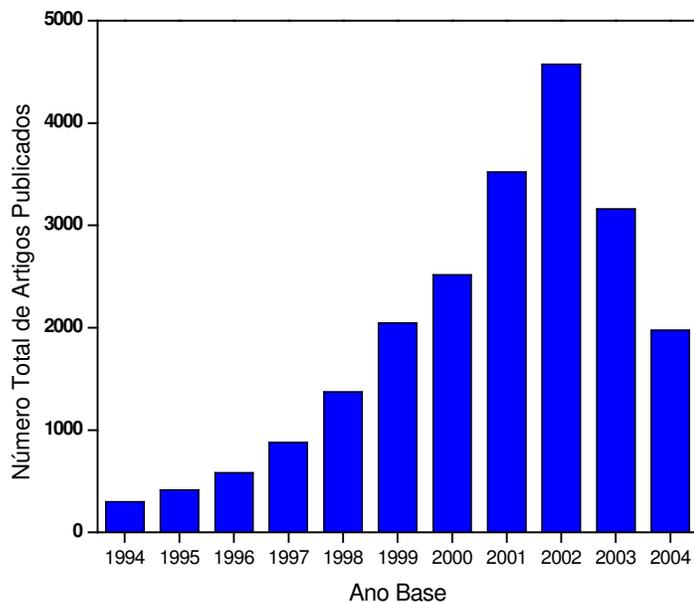


Figura 6: Evolução histórica da N&N nos países-competidores (1994-2004).

Uma visão mais detalhada do crescimento, em termos da série histórica, para os diferentes países-competidores é apresentada nas Figura 7.

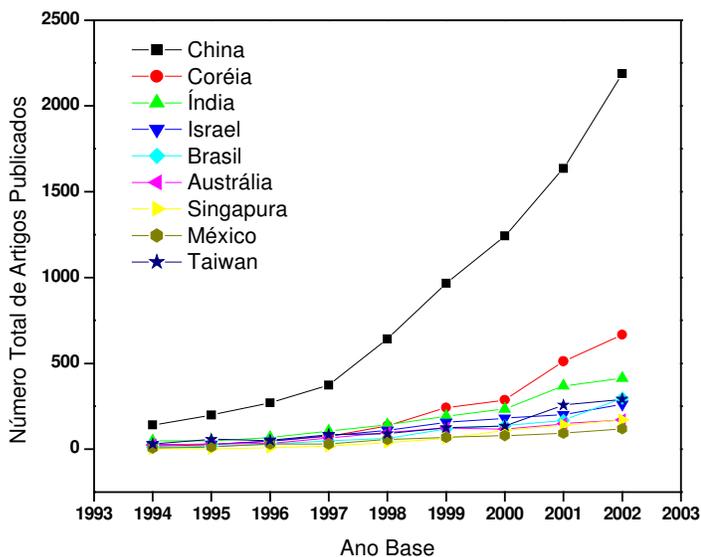


Figura 7: Evolução histórica da N&N nos diferentes países-competidores (1994-2004).

A análise da Figura 7 mostra claramente a elevada contribuição da China no aumento da produtividade científica em N&N para o conjunto dos países-competidores. No caso específico deste país, em 1994, sua produção científica era de 141 trabalhos passando para 2187 trabalhos, em 2002, o que corresponde a uma taxa de crescimento de mais de 1500%.

Um dado relevante e ao nosso ver auspicioso pode ser observado quando fazemos um “zoom” da Figura 7 (Figura 8) e observamos a situação do Brasil.

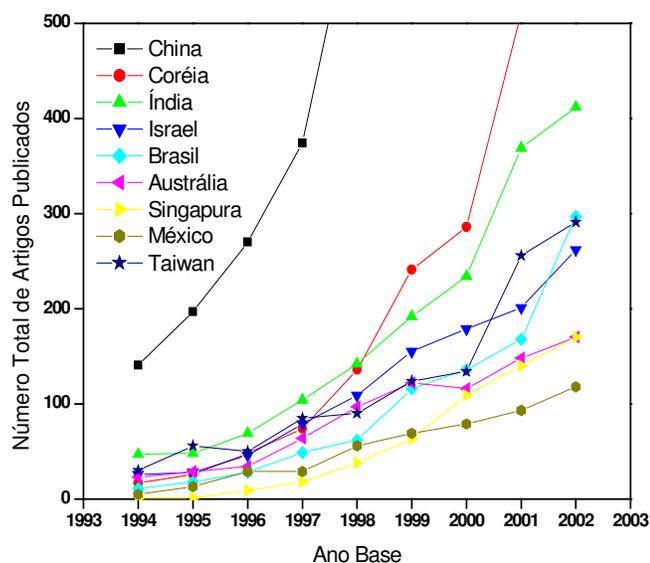


Figura 8: “Zoom” da Evolução histórica da N&N nos diferentes países-competidores (1994-2002).

Verificamos que o Brasil em 1994 registra 11 publicações e que em 2002, ou seja, oito anos depois, apresenta 297, o que determina uma taxa de crescimento de 2700%. Além disso, observa-se que em 1999 praticamente iguala-se à produção da Austrália e Taiwan; em 2000 passa a Austrália e se mantém igualado a Taiwan; em 2001 é ultrapassado por Taiwan e, em 2002, apresenta forte recuperação e ultrapassa Taiwan, deixando bem longe México, Singapura, Austrália e Israel, permanecendo abaixo de China, Coréia e Índia.

Na Tabela 6, para efeito de comparação apresentamos as taxas de crescimento da produção científica em N&N de diferentes países (países-chave e países-competidores) para o período de 1994-2002.

Tabela 6: Taxa de Crescimento em N&N em países-chave e competidores (1994-2002).

País	Taxa (%)	País	Taxa (%)
Cingapura*	17000	Taiwan	870
Coréia	3918	Suécia	777
Brasil	2700	Japão	755
México*	2360	Austrália	739
China	1551	Inglaterra	678
Espanha	1248	EUA	677
Israel	1007	França	613
Alemanha	877	Canadá	469
Índia	876	Suíça	213

* Os dados de Cingapura e México são elevados porém, em 1994, tinham menos que 4 trabalhos em N&N publicados.

Um aspecto que se destaca na Tabela 6 é que entre os países que possuem taxa de crescimento maior que 1000% encontram-se 06 países-competidores e um único país-chave, no caso a Espanha (vide nota 3).

Com a finalidade de explorar ainda mais as possibilidades de comparação, é apresentado na Figura 9, uma distribuição da contribuição dos países-competidores para a N&N, em termos do número total de trabalhos publicados por este grupo,, cotejando-se os anos de 1994 e 2002 (Figura 9).

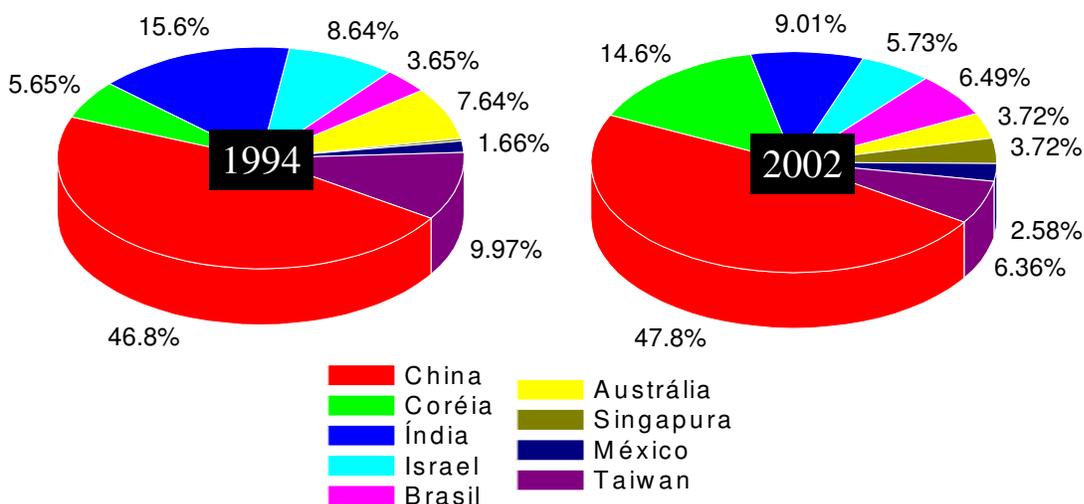


Figura 9: Distribuição das publicações dos países-competidores considerando os totais nos anos de 1994 e 2002.

A análise da Figura 9 mostra que a porcentagem de contribuição da China permanece muito próxima. Índia, Israel, Austrália e Taiwan experimentam uma diminuição. Os países que apresentam crescimento são: Cingapura (de praticamente zero para 3,72%), México (de 1,66% para 2,58%) e Brasil (de 3,65% para 6,49%).

Os termos que mais aparecem nos países-competidores são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Termos de maior frequência (Tops) nas publicações dos países-competidores

Termos Tops
nanocrystal
nanoparticle/nanoparticulate
quantum-dot
fulerenos
nanotubes
nanowires

Os termos Tops recolhidos para os países-competidores são exatamente os mesmos verificados para os países-chave. Assim, vale o mesmo comentário, ou seja, que o conjunto de termos *nanocrystal*, *nanoparticle/nanoparticulate*, *quantum-dot*, acabam por formar um mesmo universo temático, ficando como termos distintos *nanotubes*, *nanowires* e *fulerenos*. Com relação a este último, um aspecto interessante se verifica: o termo fulereno que aparecia para todos os países em 1994/1995, à medida que avançamos em direção do ano 2000 vai diminuindo, sendo que no ano de 2002 somente se observa -, entre os termos Top -, esta ocorrência para as publicações da Austrália. Vale lembrar que o fulereno foi descoberto em 1985²⁷⁷.

A argumentação da transposição de conhecimentos e da utilização de infraestrutura já existente, quando da análise dos resultados dos países-chave, parece ter a mesma aderência para os países-competidores. Acreditamos que fica, sobretudo ainda mais reforçada, dado que a maioria dos países-competidores não realizaram investimentos maciços em N&N como os países-chave. Aqui também, acreditamos foram as atividades existentes em Química, Física, Ciências de Materiais e Biologia, que auxiliaram e desembocaram na definição desta nova vocação.

Os resultados obtidos, concretizados na forma de publicações científicas, ainda não podem ser creditados à maturação de programas nacionais específicos para a N&N .

As colocações feitas acima permitem, desde já, um comentário que julgamos da maior importância, ou seja: se recursos significativos, bem orientados e articulados forem disponibilizados, muito provavelmente teremos um aumento ainda mais forte desta atividade nos países-competidores, com fortes reflexos sobre a transferência de conhecimento para o setor produtivo e, como tal, abrindo possibilidades para a inovação e criação de empresas de base nanotecnológica.

Com relação a origem dos trabalhos, ou seja os atores principais envolvidos, verifica-se que em quase a sua totalidade os autores tem como filiação as universidades e os institutos de pesquisa governamentais. Neste conjunto uma única empresa é registrada. Trata-se do caso da Coreia, estando relacionada com o termo de busca *nanotubes*. A empresa é a Samsung, através seu Advance Institute of Technology, com 57 publicações.

Estes dados estão sumariados na Figura 10, em termos de porcentagem de participação nas publicações.

²⁷⁷ Os cientistas Robert F. Curl Jr. (Estados Unidos), Sir Harold W. Kroto (Inglaterra) e Richard E. Smalley (Estados Unidos), receberam em 1996 o Prêmio Nobel de Química, pela descoberta do fulereno, também conhecido como *buckyball* ou C_{60} .

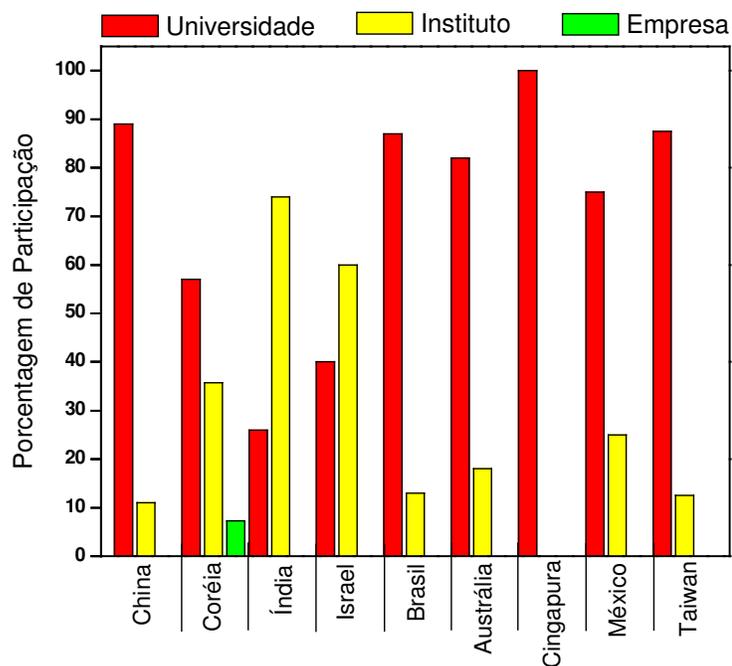


Figura 10: Atores principais no cenário de N&N nos países-competidores para os termos top.

Os periódicos que apresentam maior freqüência de publicações para os três primeiros termos Top (Tabela 7) são apresentados abaixo, juntamente com o seu escopo editorial e o seu Fator de Impacto (FI).

Tabela 5: Periódicos Científicos com maior freqüência de publicação para os 3 termos Top.

Título	Escopo	FI*
Applied Physics Letters	Artigos experimentais ou teóricos com aplicações na Física e modernas tecnologias	4,2
Journal of Applied Physics	Física aplicada	2,2
Chemical Physics Letters	Física Atômica, Física Molecular e Físico-Química	2,4
Langmuir	Química e Física	3,1
Journal of Physical Chemistry B	Química e Física	3,7

* FI : Fator de impacto

Também no caso dos países-competidores as revistas marcadas com o termo *nano* no título, praticamente não aparecem. A exceção fica para a revista *Physica E - Low-Dimensional Systems & Nanostructures*.

A Situação do Brasil

Na seção anterior pudemos observar a situação do Brasil colocada dentro do contexto dos países-competidores. Dada a finalidade deste Relatório, é importante trabalharmos um pouco mais os detalhes da participação brasileira.

Na Figura 11 é apresentada a participação das publicações científicas brasileiras em N&N *vis-à-vis* aos países-chave, considerando os anos de 1994 e 2002.

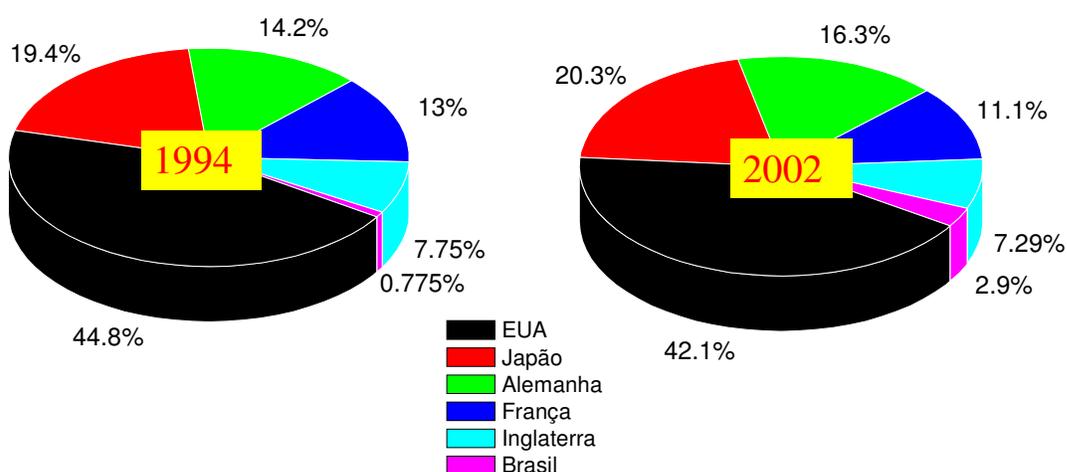


Figura 11: Distribuição das publicações em N&N para alguns países-chave mais o Brasil nos anos de 1994 e 2002.

Os resultados mostram uma participação de cerca de 0,8% em 1994 para 2,9% em 2002. Este resultado pode ser considerado importante pois mostra a existência de uma crescente atividade em N&N no país.

De 1994 a 2004 o Brasil publicou 1066 trabalhos científicos na área de N&N. O ano de 2002 correspondeu a aproximadamente 28% do total dos trabalhos publicados. Na Figura 12 é mostrada a evolução do número de trabalhos para os termos com maior ocorrência (Tops) no período 1994-2002²⁷⁸.

²⁷⁸ Mesmo considerando que os dados estão incompletos, foram registradas 127 e 54 publicações, respectivamente em 2003 e 2004. Não ocorrem modificações nos termos Top. Considerando os Relatórios do Programa Brasileiro de Redes Temáticas em Nanociência e Nanotecnologia do CNPq/MCT e informações do Instituto do Milênio de Nanotecnologia e do Instituto do Milênio de Materiais Complexos (PADCT/CNPq), estruturas estas que vão para o seu terceiro ano de atividade, espera-se um aumento importante das publicações para os próximos anos (2003 e 2004 incluídos).

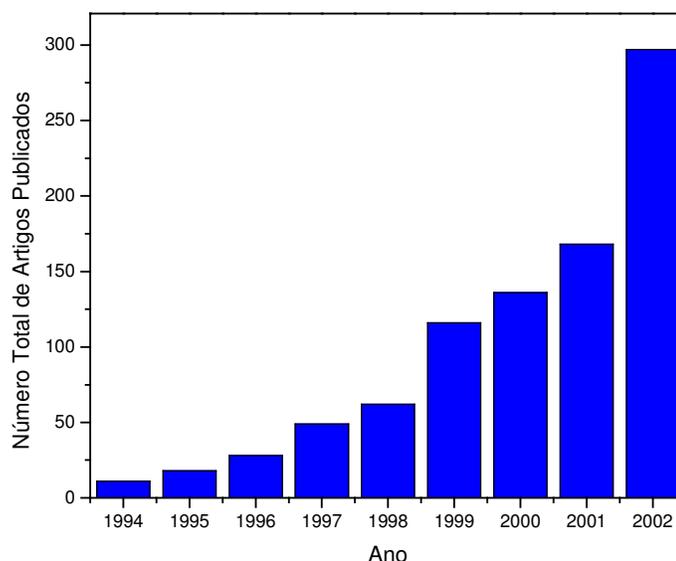


Figura 12: Evolução da publicação do Brasil em N&N no período 1994-2002

Se considerarmos o período de 1994-2002 e os termos Tops, o número de trabalhos perfaz 438 conforme a distribuição apresentada na Tabela 8.

Tabela 8: Distribuição dos termos Top (em %) para o período 1994-2002.

<i>Termo Top</i>	Distribuição (%)
nanocrystal	18,3
nanoparticle/nanoparticulate	22,6
quantum-dot	32,0
fulerenos	1,4
nanotubes	11,0
nanowires	2,5
nanostructured	6,2
nanosize	0,7
nanomaterial	5,3

Como pode ser observado na Tabela 8, as publicações científicas do Brasil seguem a tendência das temáticas observadas não só para os países-chave como para os países-competidores.

No gráfico a seguir temos a distribuição consolidada das Instituições com maior número de publicações para os termos Top nos artigos do Brasil para o período de 1994-2004.

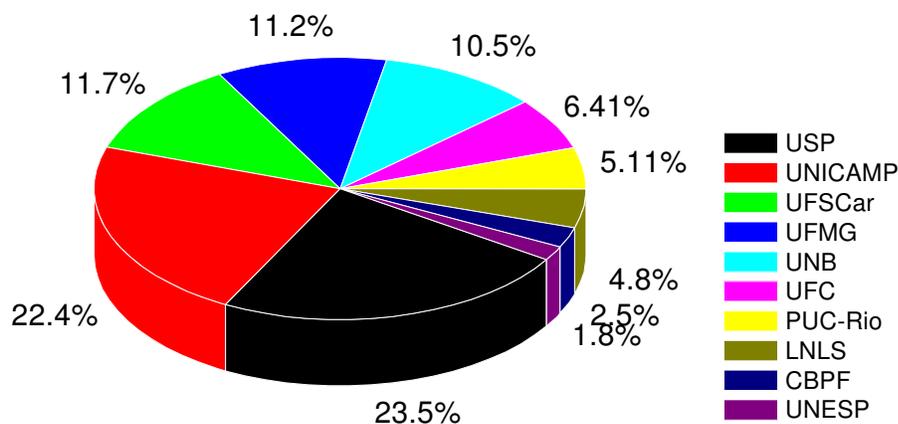


Figura 13: Distribuição consolidada das Instituições com maior número de publicações para os termos Top nos artigos do Brasil para o período de 1994-2004.

A análise dos dados da distribuição de cada instituição Top por termo Top mostram que duas instituições se destacam na publicação com os termos de maior frequência no Brasil. São elas: a Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Além disso, ambas apresentam liderança de publicação de artigos sobre o termo de maior frequência: *quantum-dot*, contribuindo cada uma com mais de 24% dos artigos sobre o tema.

Com relação ao termo *nanoparticles/nanoparticulate*, a Universidade de Brasília (UnB) é a que detém a liderança, com cerca de 24%, seguida da Universidade de São Paulo com 19%. No termo *nanotubes* a UFMG lidera com mais de 60%, seguida da UFC.

No que diz respeito aos periódicos onde são veiculadas as publicações, apresentamos na Tabela 9 a situação brasileira, considerando 2 termos Top (*quantum-dot* e *nanoparticles/Nanoparticulate*), 3 instituições Top (USP, Unicamp, UnB).

Tabela 9: **Periódicos de maior frequência das instituições Top.**

Título	Escopo	FI*
Physica E- Low-Dimensional Systems & Nanostructures	Física da Matéria Condensada	0,9
Journal of Physical Chemistry B (JPC:B)	Artigos sobre materiais (nanoestruturas, macromoléculas, físico-química em geral), além de artigos sobre estruturas e propriedades de superfícies e interfaces	3,6
Journal of Materials Science Letters	Materials Science multidisciplinar	0,5
Journal of Magnetism and Magnetic Materials	Artigos, experimentais ou teóricos, sobre magnetismo e tecnologias e aplicações de materiais magnéticos	1,1
IEEE Transactions on Magnetics	Engenharia Elétrica e Eletrônica, Física e Física Aplicada	1,0

Numa primeira análise da Tabela 9, verificamos que FI dos periódicos de maior frequência são menores que os dos países-chave e dos países-competidores como um todo, apesar de figurarem, neste conjunto, duas revistas que aparecem nos países-chave (Journal of Physical Chemistry B (JPC:B) e Journal of Magnetism and Magnetic Materials).

É importante ressaltar que, aparentemente existe uma tendência dos pesquisadores brasileiros, que atuam em N&N, publicar em revistas cujo escopo principal é *materiais*. Tais publicações, de maneira geral, têm FI mais baixos que as revistas tradicionais de Química e Física. Neste particular as exceções ficam por conta do Journal of Materials Chemistry da Royal Society of Chemistry (FI: 2,7), o Chemistry of Materials da American Chemical Society (FI: 4,4) e Angewandte Chemie-International Edition da Wiley-Verlag (FI: 8,4), dentre as poucas.

Considerações Finais e Conclusões

O conjunto de resultados apresentados nos itens precedentes permitem fazer as seguintes considerações e conclusões, as quais são itemizadas a seguir:

- A gama de atividades que podem ser, não só entendidas como classificadas como Nanotecnologia, cobrem áreas de pesquisa tradicionais como a Química e a Física chegando às atividades que envolvem Ciências dos Materiais, Biotecnologia, etc., mostrando o caráter altamente pervasivo da N&N.
- Uma das particularidades da N&N é que ela requer competências científicas com os mais variados horizontes.
- Um número crescente de Grupos de Pesquisa consiste de pesquisadores e engenheiros (estes ainda poucos no Brasil) com uma qualificada formação tradicional que agora trabalham juntos em N&N. Este processo está fortemente baseado na transposição de conhecimentos, mobilidade e oportunidade.
- A N&N sendo uma área altamente interdisciplinar não permite que se tenha uma idéia exata dos aspectos relacionados com cada uma das disciplinas implicadas. Como todas as outras áreas está baseada em noções fundamentais conhecidas dos cientistas e engenheiros.
- Na escala nanométrica não é mais possível distinguir as propriedades Químicas e Físicas dos nanosistemas, as quais dependem fundamentalmente da maneira como são sintetizados, dos seus arranjos estruturais e de sua aplicação.
- A separação entre Nanociência e Nanotecnologia não tem significado na prática. É exatamente por esta razão que na maioria do tempo o termo Nanotecnologia acaba por recobrir Nanociência.
- Os países-chave apresentaram nos últimos 10 anos uma dinâmica de pesquisa em N&N com mais de 50 mil artigos, ao passo que os países-competidores mostraram uma forte tendência de inserção no tema, porém ainda emergente, com um total de publicações inferior a 20 mil. Vale ressaltar que os países-competidores vêm apresentando altas taxas de crescimento nas publicações.

- Nos países-chave o destaque é o Estados Unidos e nos países-competidores a China.
- Considerando os termos-chave, o tema *nanoparticle/nanoparticulate* está entre as principais motivações de publicação, tanto nos países-chave quanto nos países-competidores. O segundo tema é *nanocrystal*.
- Brasil apresentou uma taxa de crescimento (1994/ Março de 2004) de 2.700%, considerando os termos de referência utilizados. Estes valores são superiores a todos os países competidores, assim como dos países-chave, com exceção da Coreia.
- O número de publicações brasileiras mostrou dois interessantes resultados, considerando os termos-top, no período estudado: ultrapassaram a Austrália em 1999 e ultrapassaram Israel, Taiwan e Canadá em 2001.
- O termo *quantum-dot* é o que apresenta maior relevância nas publicações brasileiras.
- Os dados mostraram que o Brasil apresenta pesquisa emergente e em franco crescimento em N&N, sendo a USP e a Unicamp as universidades-líderes vindo em seguida a UnB e a UFMG.

Campinas, setembro de 2004

Estudos Estratégicos

Parte III

Atividade Prospectiva em Nanotecnologia:

Mapeamento das Competências no País em Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos (janeiro 1994 - julho 2004)

Autor
Oswaldo Luiz Alves

Laboratório de Química do Estado Sólido
Instituto de Química UNICAMP

Apresentação

Neste Relatório apresentamos, de forma consolidada, os resultados do mapeamento relacionado com a competência científica nacional em Nanociência e Nanotecnologia (N&N), considerando o período 1994-2004. Os dados analisados neste estudo foram identificados na Base de Dados Web of Science, da ISI, na Base de Dados de Bolsistas de Produtividade do CNPq e do Diretório de Grupos de Pesquisa, os últimos da Plataforma Lattes. Os dados foram complementados através de uma consulta - via questionário eletrônico -, aplicado a um universo de 271 pesquisadores, diretamente identificados com a temática de N&N. Os diferentes aspectos arrolados visaram a dar uma panorâmica da atividade de N&N no Brasil, identificando temáticas, instituições, pesquisadores bolsistas de produtividade científica, recursos humanos envolvidos com a pesquisa, possíveis setores industriais a serem beneficiados, entre outros. Este Relatório soma-se ao estudo **“Desenvolvimento Científico da Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos (janeiro 1994 - julho 2004)”**, de autoria deste autor, apresentado ao CGEE em setembro de 2004. Na última parte deste documento são feitas considerações finais e observações gerais concernentes aos dados levantados.

Campinas, fevereiro de 2005

Oswaldo Luiz Alves
LQES - Laboratório de Química do Estado Sólido
Instituto de Química, UNICAMP

Introdução

Um dos pontos importantes na elaboração de uma política para a área de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) é o conhecimento das competências nacionais das quais o país poderá valer-se, considerando não apenas o cenário imediato, mas ainda aquele de médio e longo prazo. Tais informações são, ao nosso ver, cruciais para a definição de uma política de formação de recursos humanos, aderente a um conjunto de metas que venham a ser definidas por um programa ou iniciativa na área de N&N.

Não obstante o conjunto de importantes informações geradas pelas Redes Cooperativas de Pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia e pelos Institutos do Milênio²⁷⁹, observou-se a necessidade de se fazer um levantamento mais aprofundado da questão dos recursos humanos envolvendo a N&N. Além deste aspecto, o estudo “*Desenvolvimento Científico da Nanociência e Nanotecnologia nos Últimos 10 Anos (janeiro 1994 - julho 2004)*”, CGEE, 2004²⁸⁰, apontava para uma atividade significativa em N&N em nosso país, que precisava ser melhor identificada e contextualizada, o que adiciona mais uma justificativa à realização deste estudo.

Estratégia Metodológica

Utilizou-se como estratégia metodológica a consulta a 03 Bases de Dados. A primeira delas, a *Web of Science* do *Institute for Scientific Information* (ISI)²⁸¹. Para isso foram usados os

²⁷⁹ Para maiores detalhes, veja “**A Iniciativa Brasileira em Nanociência e Nanotecnologia**”, em Parcerias Estratégicas, número 18 – agosto de 2004, p.104, editado pelo CGEE. As redes são as seguintes: RENAMI – Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces; NAOEST – Rede Nacional de Pesquisas em Materiais Nanoestruturados; NANOBIOTEC – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia e NANOSEMINAT – Rede de Pesquisas em Nanodispositivos e Materiais Nanoestruturados. Os Institutos do Milênio que têm atividades em N&N são: Instituto do Milênio de Materiais Complexos, Instituto de Nanociências, Rede de Pesquisa em Sistemas em Chip, Microssistemas e Nanoeletrônica e Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos.

²⁸⁰ Este estudo foi conduzido pelo Prof. Oswaldo Luiz Alves, para o CGEE, como parte do projeto Atividade Prospectiva em Nanotecnologia, em 2004.

²⁸¹ A base de dados Web of Science, da ISIS, do Institute Scientific Information é a base de dados mais usada pela comunidade científica internacional. Trata-se de uma base de dados mundial, contendo informações sobre artigos em todas as áreas do conhecimento, publicados a partir de 1977, à disposição dos pesquisadores brasileiros. Pode ser acessada via <http://www.periodicos.capes.gov.br> ou, diretamente, em <http://isi3.isiknowledge.com/portal.cgi?DestApp=WOS&F>

Termos-chave (Termos de Busca CGEE), definidos no trabalho citado, na nota 2, visando a identificar o número de pesquisadores brasileiros que publicaram trabalhos em N&N, registrados na base no período de 1994 – 2004²⁸².

Visando conhecer a inserção, ou não, dos pesquisadores identificados no Programa de Bolsas de Produtividade em Pesquisa do CNPq²⁸³ ou, ainda, sua participação no Diretório de Grupos de Pesquisa, utilizou-se como Base de Dados a Plataforma Lattes²⁸⁴.

As consultas às duas bases de dados utilizadas foram feitas no período abril - setembro de 2004²⁸⁵.

A complementação dos dados referentes a este mapeamento das competências nacionais foi realizada, via consulta pela Internet, através de questionário contendo 13 questões, o qual foi aplicado, eletronicamente, por um período aproximadamente 30 dias²⁸⁶.

Visão Global das Competências no País

Conforme a metodologia utilizada, foram localizados no país 1396 pesquisadores distintos que atuam na área de Nanociência e Nanotecnologia²⁸⁷. Na Figura 1 é apresentada a distribuição dos pesquisadores, considerando os termos de Busca com maior concentração de pesquisadores.

²⁸² Um comentário importante diz respeito ao fato de que a análise referente aos anos de 2003 e 2004 pode ter ficado prejudicada dado a entrada dos registros na base ocorrer, por vezes, com certa defasagem de tempo, uma vez que é dependente do envio das informações pelas editoras. Não obstante esta ressalva, os dados compilados podem ser considerados confiáveis para os propósitos deste estudo. A consulta foi realizada nos meses de abril-junho de 2004.

²⁸³ A classificação dos diferentes tipos de Bolsista de Produtividade em Pesquisa pode ser consultada em: http://www.cnpq.br/bolsas_auxilios/normas/is0304.htm

²⁸⁴ Maiores informações sobre a Plataforma Lattes, veja: <http://lattes.cnpq.br/>

²⁸⁵ As pesquisas nas diferentes Bases de Dados (Web of Science e Plataforma Lattes) foi executada pela Equipe do Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM), Escola de Química (EQ), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), sob a Coordenação de Adelaide Antunes e Cláudia Canongia. Os dados "as cast" com os quais os estudos foram realizados estão disponíveis no Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os dados foram obtidos no período de agosto-setembro de 2004.

²⁸⁶ A elaboração do questionário, como sua implementação na forma de exercício, via Internet, foram realizados em colaboração com Dalci Maria dos Santos (Prospecção em Ciência e Tecnologia), do CGEE. O questionário aplicado pode ser obtido em: www.cgее.org.br. O questionário foi aplicado de 10/11 a 14/12 de 2004.

²⁸⁷ É importante levar em consideração que o mesmo pesquisador pode aparecer alocado em mais de um termo.

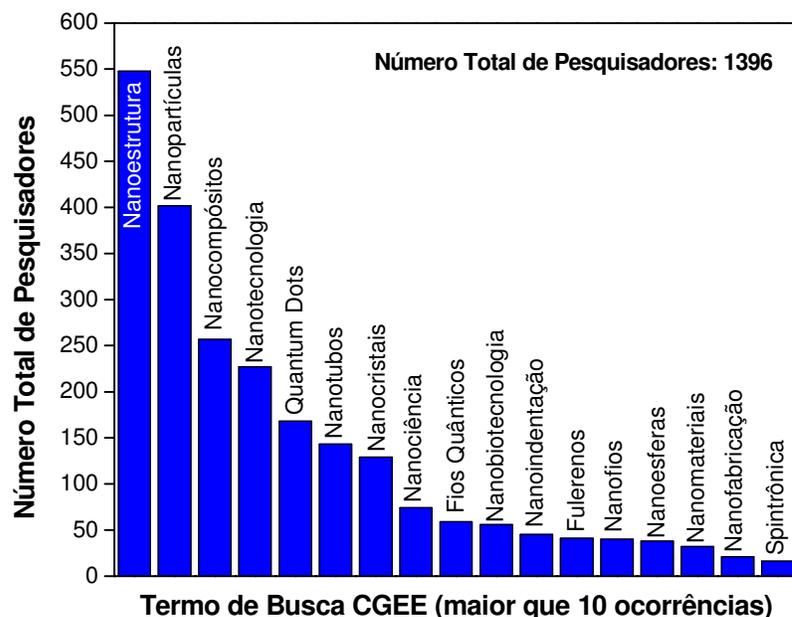


Figura 1: Número Total de Pesquisadores Atuantes em N&N por Termo de Busca CGEE.

Como pode ser observado dos 51 Termos de Busca CGEE, 17 apresentam mais de 15 pesquisadores envolvidos e, cerca de 35 Termos, estão representados, ou seja: há pesquisadores desenvolvendo atividades nestas áreas. Tal resultado mostra que, dentro da tendência atual da N&N, o país têm pesquisadores atuando em um número muito grande de temáticas. É importante ressaltar que os Termos de Busca em que se observa a maior concentração de pesquisadores brasileiros têm forte aderência aos resultados obtidos quando da avaliação da atividade científica mundial em N&N, referida na nota 2.

Como sistemática de trabalho visando consolidar as duas fontes de dados (Plataforma Lattes) com a fonte internacional (*Web of Science*), o nome dos pesquisadores recuperados nas bases nacionais foi colocado no padrão internacional de citação bibliográfica, de forma a permitir a geração de um quadro único com o nome de todos os pesquisadores identificados por Termo de Busca CGEE. Desta maneira foi possível criar um Banco de Informações Consolidado Inicial que contém todos os pesquisadores em N&N e também a área em que atuam²⁸⁸. Este Banco de Informações serviu de base para o envio dos questionários aos respondentes, quando da consulta para a obtenção dos dados complementares.

²⁸⁸ As Tabelas contendo estes dados podem ser obtidas junto ao CGEE.

Competências identificadas na base Web of Science

Na Figura 2 são mostradas as competências identificadas na base *Web of Science*, considerando os Termos de Busca CGEE para o período²⁸⁹. Foram localizados 236 pesquisadores, considerando-se artigos publicados por autores (autor principal) vinculados a instituições brasileiras.

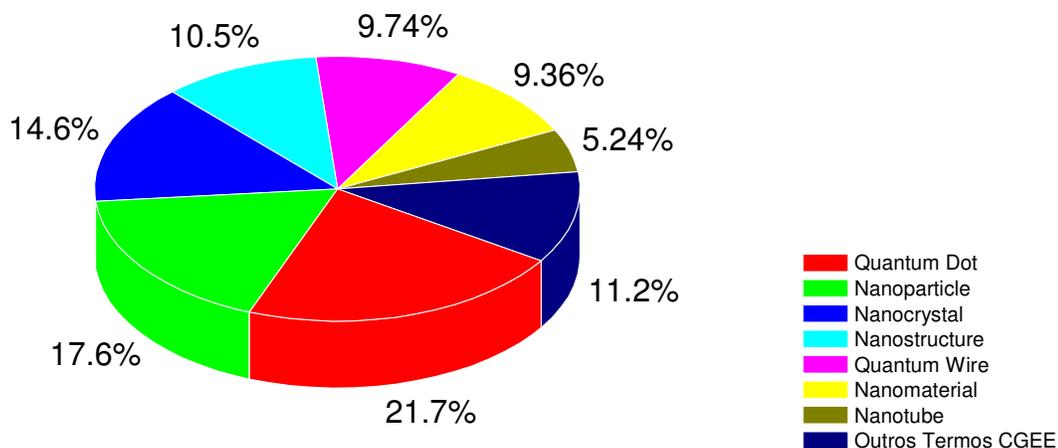


Figura 2: Competências identificadas na base de dados *Web of Science* (número total de pesquisadores com endereço de correspondência no Brasil: 236).

Observa-se, na Figura 2, que o termo *quantum-dot* é aquele que apresenta maior frequência, seguido de *nanoparticles* e de *nanocrystal*. Este resultado permite afirmar que o Brasil já possui uma competência significativa nestas áreas, com número de pesquisadores significativo, especialmente se considerarmos que, no limite, estes três termos possuem uma forte interpenetração.

A situação que considera os artigos publicados por brasileiros no exterior, ou seja, que o endereço do autor principal não é o Brasil, é mostrada na Figura 3.

²⁸⁹ Para a identificação das competências brasileiras no Web of Science foram utilizados os campos que se referem a II considerações finais localização geográfica dos autores: campos de endereço para correspondência e o campo da instituição dos autores. Assim os dados que permitiram a construção da Figura 2 referem-se a autores brasileiros com endereço para correspondência no Brasil.

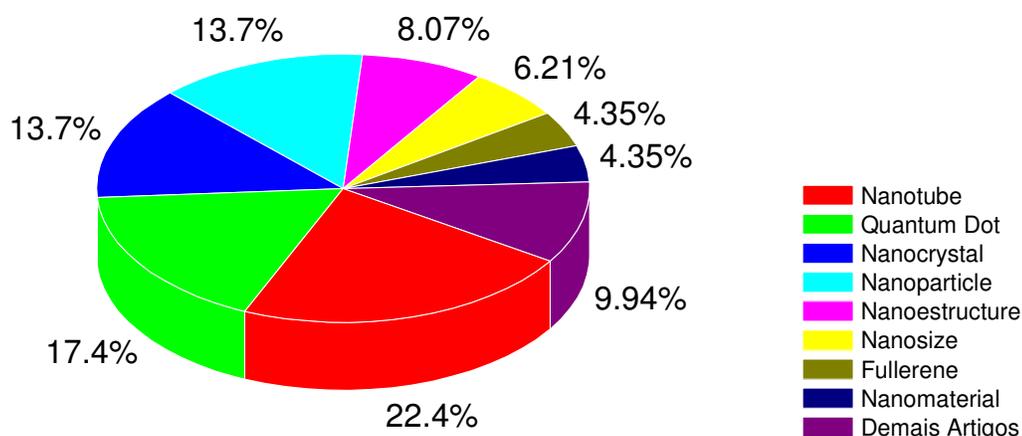


Figura 3: Competências identificadas na base de dados *Web of Science* (com autor brasileiro, porém, com endereço de correspondência não vinculado a sua Instituição no Brasil: 165 artigos).

A distribuição, tendo como base os artigos, sofre algumas mudanças. Observa-se que : i) o termo *nanotubes* aparece como majoritário; ii) o termo fullerenes passa a fazer parte do conjunto e, iii) o termo *quantum-wire* não aparece. Acreditamos ser possível fazer uma leitura autorizada destes resultados, considerando que possam estar associados às colaborações de pesquisadores brasileiros com grupos no exterior, aos estágios de pós-doutoramento de doutores brasileiros no exterior e, finalmente, aos casos de doutoramento no exterior. O comentário de destaque fica para os *quantum-wires*. O fato de não estar presente na Figura 2, parece sugerir, salvo melhor juízo, tratar-se de um caso no qual a atividade no Brasil se apresenta como sendo sem qualquer cooperação com o exterior, tratando-se, portanto, de desenvolvimento autóctone.

Na Figura 4, temos a distribuição dos autores, arrolados na base *Web of Science*, em termos das instituições brasileiras.

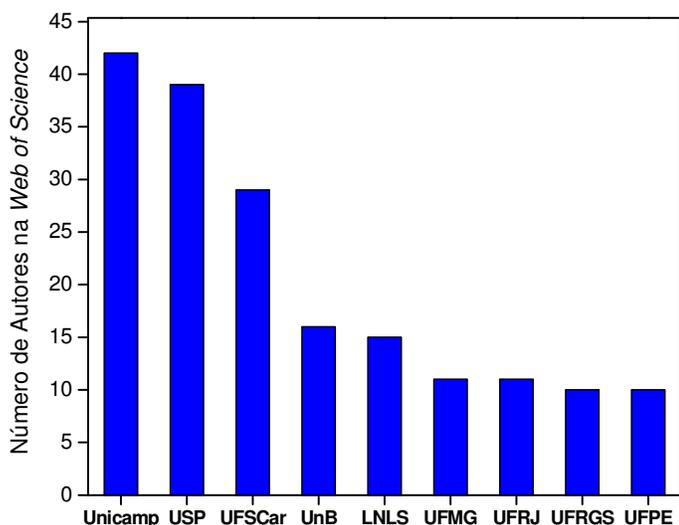


Figura 4: Instituições com mais de 10 autores na *Web of Science*.

Podemos verificar que a grande maioria de pesquisadores que publicam em periódicos indexados localiza-se no Estado de São Paulo: USP, UNICAMP e UFSCar. Merecem, ainda destaque LNLs (SP), UFMG (MG), UFRJ (RJ), UFRGS (RS) e UFPE (PE). Do ponto de vista regional, somente instituições da Região Norte não aparecem no quadro de autores em N&N.

Competências identificadas na base Plataforma Lattes

1. Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP)

A pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq identificou 174 grupos de pesquisa que declararam ser atuantes na área de Nanociência e Nanotecnologia. Nestes grupos há a participação de 998 pesquisadores, sendo 263 líderes de grupos²⁹⁰. Na Figura 5 é apresentada a distribuição do número pesquisadores em função dos Termos de Busca CGEE, considerando um número maior que 8 ocorrências.

²⁹⁰ O Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq realizou até hoje cinco censos (versões 1.0, 2.0, 3.0, 4.1 e 5.0, de 1993, 1995, 1997, 2000 e 2002, respectivamente), e os resultados desses inventários estão disponíveis neste site, no link Buscas (<http://lattes.cnpq.br/diretorio/>), onde também está disponível a consulta sobre a base de dados corrente, que é atualizada continuamente. As informações sobre os grupos de pesquisa são colhidas por meio de um questionário eletrônico padronizado disponível no site dos líderes de grupo, cadastrados previamente pelos seus dirigentes de pesquisa. Os questionários são preenchidos pelos líderes e os dados enviados ao CNPq. Foram usados os dados constantes na base no período da presente pesquisa.

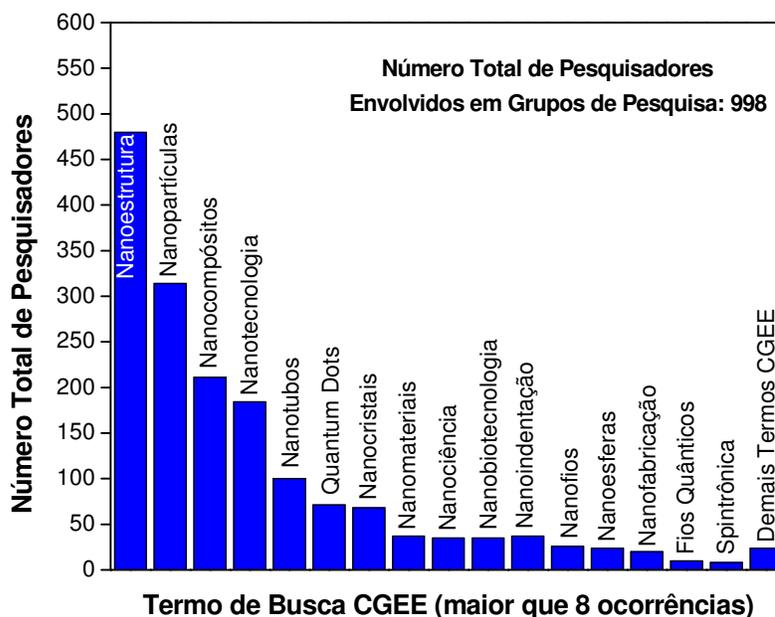


Figura 5: Número de Pesquisadores envolvidos em Grupos de Pesquisa por Termo de Busca CGEE na Plataforma Lattes (Diretório de Grupos de Pesquisa).

Se compararmos a Figura 2 com a Figura 5, observamos que se destaca o aparecimento do termo nanocompósito (*nanocomposite*) nesta última, envolvendo um número importante de pesquisadores. Esse resultado sugere que já temos uma atividade significativa nessa área, mas que, entretanto, ainda não se consubstanciou em termos de publicações em periódicos indexados no *Web of Science*, no período estudado. De qualquer maneira, este tópico se apresenta como uma atividade nova que merece ser melhor trabalhada, através de uma análise dos dados de publicações 2003 e 2004. Tal comentário nos parece pertinente, dado que a área de nanocompósitos, segundo nossa avaliação, está entre aquelas que poderão, a curto e médio prazo, gerar, no Brasil, produtos de base nanotecnológica.

O termo Nanoestrutura (*nanostructure*) também se destaca, envolvendo um número importante de pesquisadores (480). Deve ser ressaltado, neste ponto, que muitos termos, cerca de 25, não aparecem nas indexações dos Grupos de Pesquisa²⁹¹.

²⁹¹ Os termos nanobelts/nanosinos;nanobiologia; nanocorns/nanochifres;nanodrogas; nanodroplets /nanogotas; naneletrônicos/nanoeletromecânica;nanoescala; nanofase;nanofibras;nanofiltros;nanofotônica; anohíbridos; nanolitografia; nanopadrões; nanopeneiras; nanoporosidade; nanopós; nanoredes; nanorods/nanobastões; nanotemplates/ nanoformas, não recuperaram nenhum Grupo de Pesquisa. Muitos destes termos começaram a ser utilizados recentemente, de modo que podem não ter sido introduzidos nas indexações dos Grupos de Pesquisa, quando das atualizações. Importante que se verifique uma nova avaliação quando o censo 2004 estiver disponível.

Na Figura 6, temos um detalhamento dos dados mostrando o número de Grupos de Pesquisa por Termos de Busca.

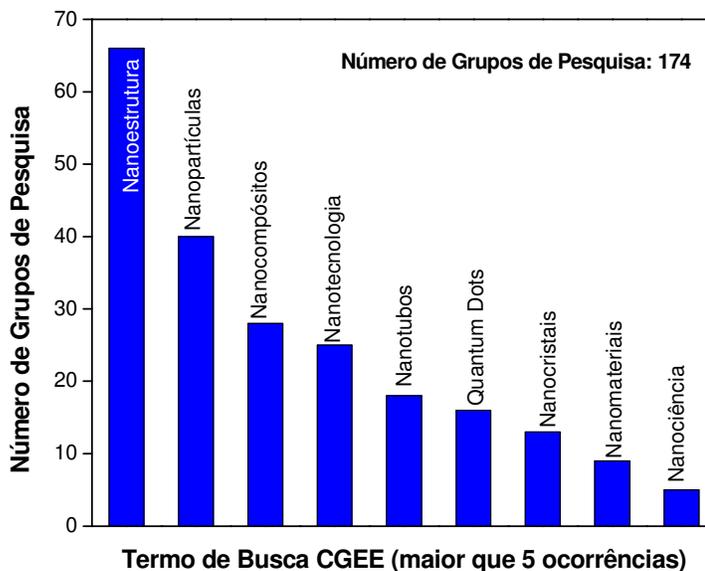


Figura 6: Número de Grupos de Pesquisa por Termo de Busca CGEE, na Plataforma Lattes (Diretório de Grupos de Pesquisa).

Verifica-se que, no conjunto de termos-chave mais recorrentes na literatura internacional - nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, nanotubos, quantum-dots, nanocristais, nanomateriais -, o Brasil apresenta atividade de pesquisa. A única ausência significativa observada é a atividade em fulerenos. Neste particular, o Brasil apresenta somente 2 grupos mapeados, com um total de 4 pesquisadores.

O tamanho médio dos Grupos de Pesquisa está compreendido entre 3-12 pesquisadores. Dentre os grupos que apresentam maior número de pesquisadores destaca-se, por exemplo, aqueles relacionados com nanobiotecnologia/bionanotecnologia, com uma média de 12 pesquisadores.

Para o conjunto de pesquisadores localizados nos Grupos de Pesquisa da Plataforma Lattes, a grande maioria (890) participa de apenas 1 grupo de pesquisa cadastrado no CNPq, 89 pesquisadores participam de 2 grupos, 18 pesquisadores participam de 3 grupos e apenas 1 pesquisador participa de 4 grupos.

A Figura 7 mostra as Instituições com mais de 5 Grupos de Pesquisa na Plataforma Lattes.

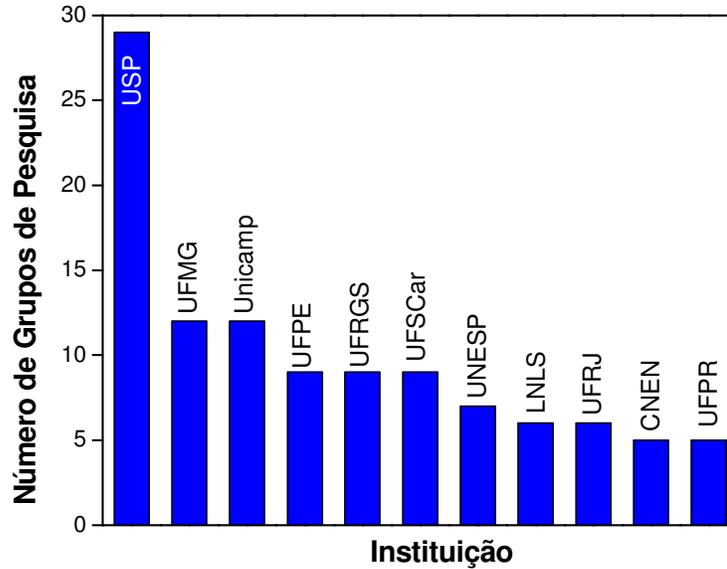


Figura 7: Instituições com mais de 5 Grupos de Pesquisa na Plataforma Lattes (Diretório de Grupos de Pesquisa).

A Universidade de São Paulo (USP) é a instituição com o maior número de Grupos de Pesquisa cadastrados na Plataforma Lattes, relacionados com os Termos de Busca utilizados. Seu valor é quase o dobro das instituições que se colocam em segundo lugar, ou seja, a Universidade de Minas Gerais e a UNICAMP.

A análise da Figura 8 mostra claramente que os Grupos de Pesquisa estão fortemente concentrados no Estado de São Paulo (72 grupos), seguido do Rio de Janeiro (21 grupos) e Minas Gerais (20 grupos).

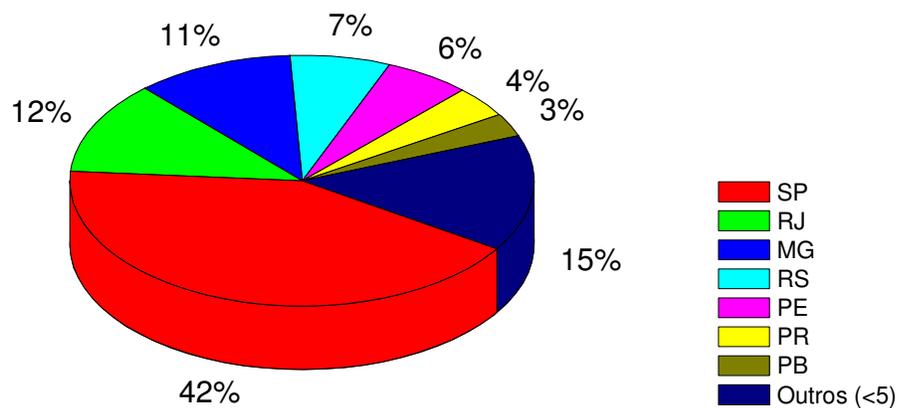


Figura 8: Distribuição geográfica dos Grupos de Pesquisa.

O presente estudo gerou ainda Tabelas de Dados que apresenta os grupos identificados na Plataforma Lattes, com os respectivos Termos de Busca CGEE, unidade, instituição e Estado do Grupo e os pesquisadores participantes. Os líderes do Grupo também foram assinalados²⁹².

Considerando o total dos pesquisadores arrolados nesta esta pesquisa (1396), a Figura 9 mostra que mais de 70% encontra-se identificado no Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP), da Plataforma Lattes.



Figura 9: Distribuição dos pesquisadores em N&N em Grupos de Pesquisa (Total de Pesquisadores: 1396).

²⁹² Estes dados podem ser consultados mediante solicitação ao Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).

2. Bolsistas de Produtividade do CNPq

Um critério que tem sido usado para avaliar a competência de um pesquisador passa pelo sistema de Bolsas de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Baseado num processo de avaliação por pares, as diferentes Comissões de Assessoramento (os conhecidos CA's) analisam não só a entrada de novos pesquisadores como a manutenção dos atuais no sistema. Tal processo gera uma classificação dos pesquisadores em diferentes níveis. O referido processo acaba por se constituir numa referência para os pesquisadores, especialmente em áreas muito competitivas como Química, Física e Engenharia, áreas estas imbricadas com a Nanociência e Nanotecnologia. Com base nestas observações, avaliamos que seria importante visitar esta Base de Dados, tendo como foco a N&N.

A Figura 10 mostra a distribuição dos 425 bolsistas de produtividade do CNPq, identificados e distribuídos pelos Termos de Busca CGEE.

Observa-se uma muito boa correspondência com resultados análogos, obtidos em outras Bases de Dados. O destaque, aqui, também fica para Nanoestruturas, Nanopartículas, Nanocompósitos, Quantum-dots, Nanotubos e Nanocristais. Deve ser observado que um bolsista pode estar associado a mais de um termo.

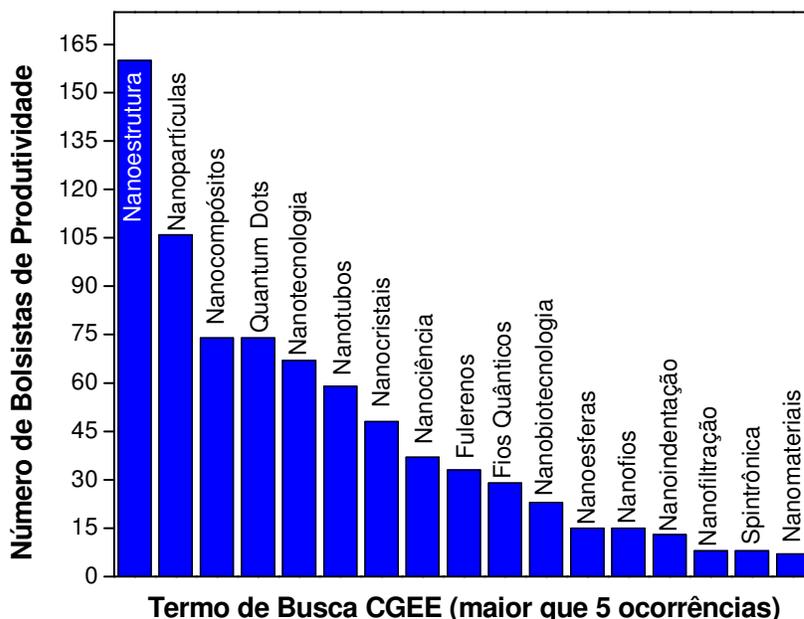


Figura 10: Bolsistas de Produtividade de Pesquisa, distribuídos pelos Termos de Busca CGEE.

Este conjunto de dados também permitiu identificar formação bastante elevada dos pesquisadores bolsistas. Por exemplo, do universo de 425 pesquisadores, com Bolsa de Produtividade, associados à temática de N&N, 286 têm estágio de pós-doutoramento no país ou no exterior. Este dado, juntamente com outros, relacionados à maior titulação dos bolsistas, aparece na Figura 11.

No que diz respeito à instituição de origem dos bolsistas, novamente observa-se que a USP e a UNICAMP detêm o maior número de pesquisadores, conforme mostrado na Figura 12.

Resultados similares têm sido uma constante nos diferentes Bancos de Dados analisados e, em princípio, revelam a liderança destas instituições no cenário da C&T nacional. A idéia de transposição dos conhecimentos, associada a recursos humanos e facilidades instrumentais existentes, cria as condições para que esta situação, de fato, também se manifeste na área de N&N.

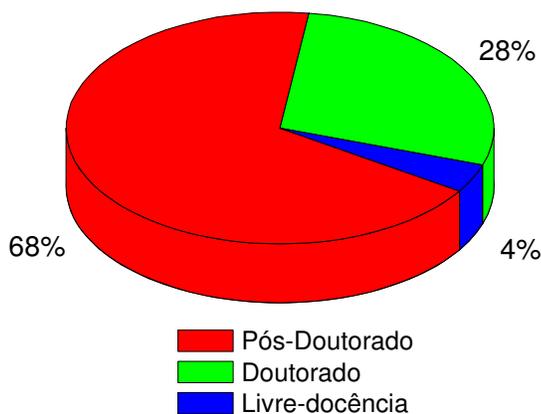


Figura 11: Titulação dos bolsistas de produtividade.

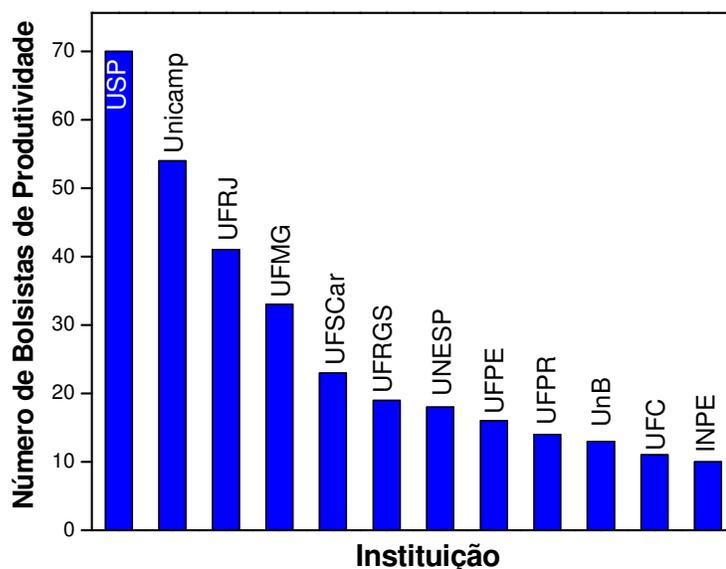


Figura 12: Instituições com mais de 10 bolsistas de produtividade.

Além das duas instituições citadas, outras universidades do Estado de São Paulo, tais como UFSCar e UNESP, têm presença importante, gerando uma forte concentração (199 pesquisadores), neste estado. A soma dos demais estados, excetuando-se aqueles com menos de 15 bolsistas, é inferior à participação de São Paulo (Figura 13).

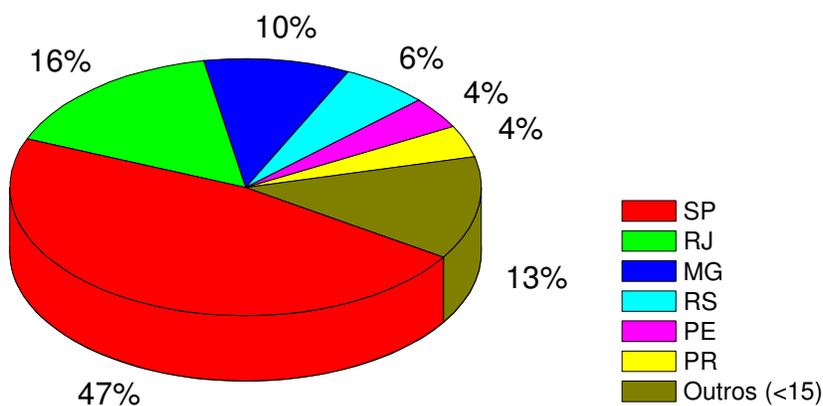


Figura 13: Distribuição geográfica dos bolsistas de produtividade.

Um dado que, certamente, deverá merecer análise aprofundada, uma vez que poderá ter implicações sobre o próprio desenvolvimento da área, está no fato de que mais de dois terços dos pesquisadores que atuam na área de N&N estão à margem do sistema de Bolsas de Produtividade, como mostra a Figura 14.

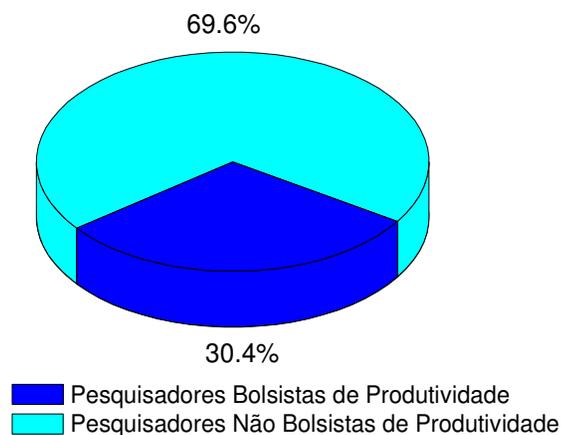


Figura 14: Participação dos pesquisadores bolsistas de produtividade no conjunto de pesquisadores em N&N (Total de Pesquisadores: 1396).

Complementação do Mapeamento das Competências Nacionais

A complementação do Mapeamento das Competências Nacionais foi feita mediante a aplicação de um questionário (vide nota 8) enviado, num primeiro momento, para todos os pesquisadores relacionados com a área de N&N, que tinham o *status* de líder de grupo, identificado na Base de Dados Plataforma Lattes – Diretório de Grupos de Pesquisa. Seguiram-se outras rodadas de consulta, inclusive incorporando à lista sugestões de nomes enviadas pelos respondentes. O número de pesquisadores contatado foi 691, e o número de respondentes foi 271, o que corresponde a uma participação de 39,2%.

Instados a responder sobre quais (até 03) Termos de Busca CGEE representariam melhor suas atividades em N&N, foi possível ranquear as áreas. O resultado é apresentado na Figura 15.

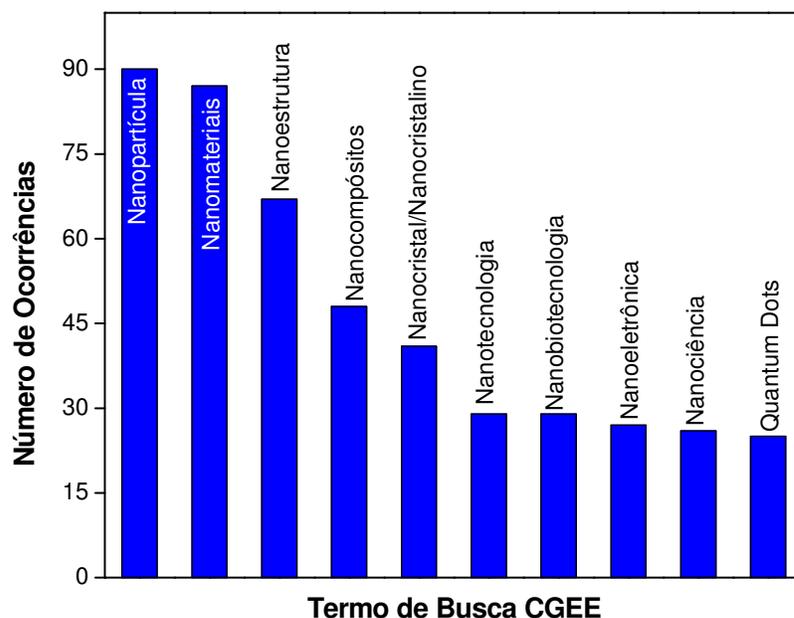


Figura 15: Ranking dos Top 10 Termos de Busca CGEE (Mapeamento Complementar).

Os resultados mostram a ocorrência dos Termos de Busca que já foram identificados em outras Bases de Dados. Os destaques ficam para Nanoestruturas, Nanomateriais, Nanoestrutura, Nanocompósitos, Nanocristais, Nanobiotecnologia e Quantum-dots. Vale destacar que o termo Nanoeletrônica aparece como termo top, pela primeira vez. Os termos Nanotecnologia e Nanociência, por serem muito genéricos, podem apenas estar indicando uma identificação com a área, sem qualquer especificidade.

Conforme pode ser visto na Figura 16, as atividades de N&N dos respondentes apresentam uma forte característica experimental. Mesmo havendo, já há algum tempo, a percepção de que a configuração da N&N no Brasil seria esta, os dados aqui apresentados mapeiam, pela primeira vez, este cenário.

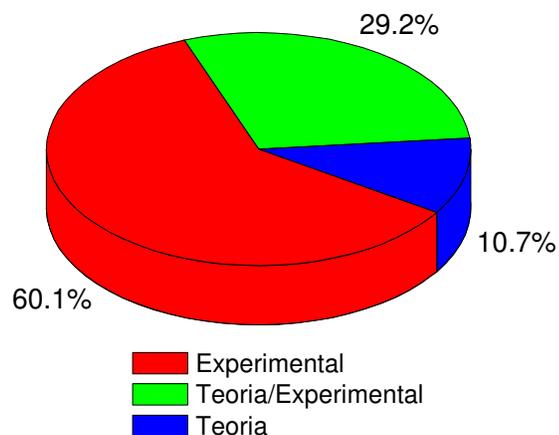


Figura 16: Natureza da Atividade de Pesquisa.

No que diz respeito à participação das diferentes instituições, observa-se o mesmo perfil já identificado em outras bases de Dados. Verifica-se uma predominância da Universidade de São Paulo, seguida da UNICAMP, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Estadual Paulista, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Ceará, Universidade de Brasília e Universidade Federal do Paraná (Figura 17).

Uma análise em termos da atividade regional também confirma, Figura 18, a posição da região sudeste como aquela de maior concentração de atividade na área. As regiões nordeste e sul estão praticamente equiparadas, entretanto, as regiões centro oeste e, principalmente norte, mostram-se muito abaixo das demais regiões.

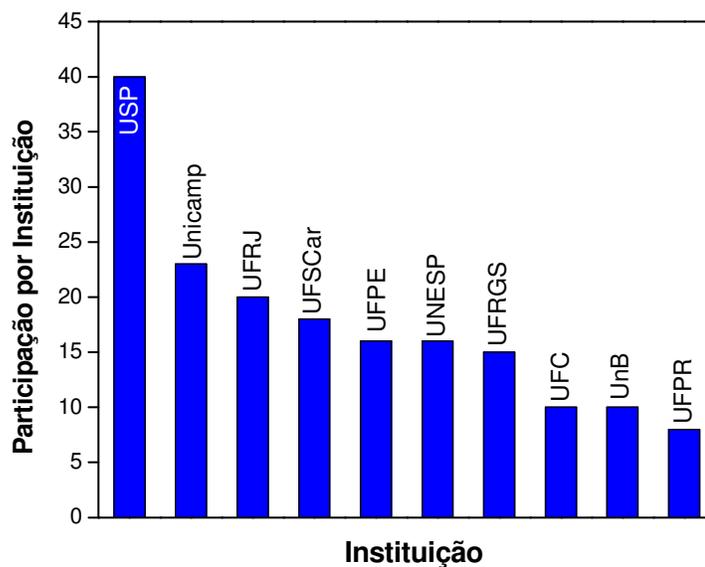


Figura 17: Participação Institucional em N&N.

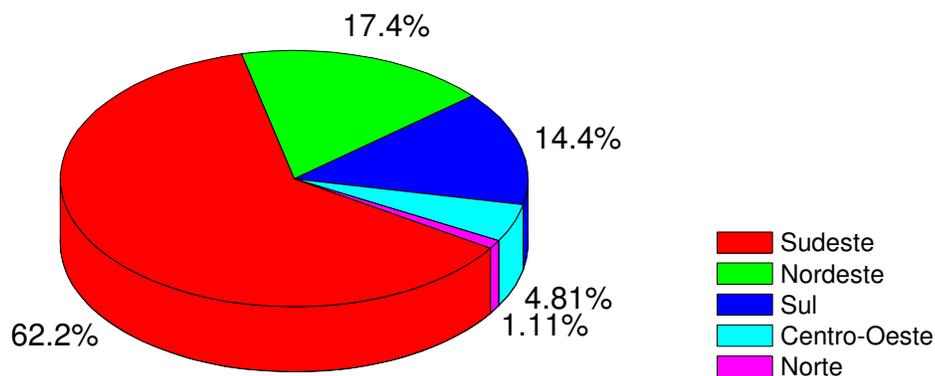


Figura 18: Participação por Região em N&N.

O Mapeamento Complementar também permitiu ter acesso à distribuição dos respondentes, quanto ao sexo. Para a área de N&N, os resultados apontam para um contingente feminino da ordem de 26% (Figura 19).

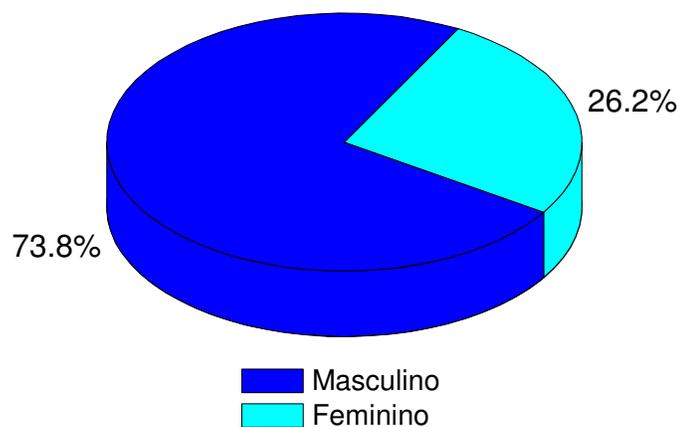


Figura 19: Participantes por sexo.

Um dado do Mapeamento Complementar considerado bastante interessante refere-se aos resultados da questão sobre as “orientações em andamento” (Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado e Pós-Doutoramento) dos respondentes, especificamente em N&N.

Os resultados mostrados na Figura 20 (em termos absolutos e em porcentagem) apontam para que, somado ao universo dos pesquisadores, já identificados pelas diferentes Bases de Dados (Web of Science e Plataforma Lattes), temos uma adição de, **pelo menos**²⁹³, mais: 564 alunos de Iniciação Científica, 372 alunos de Mestrado, 443 de Doutorado e 156 de Pós-Doutorado. Estas respostas identificam mais 1535 novos indivíduos com atividade, neste momento, em N&N. Outro fato marcante: a grande população em estágios iniciais da formação, ou seja, estudantes de graduação vinculados a programas de Iniciação Científica.

Estes dados permitem um pequeno exercício: - se considerarmos que, tanto os estudantes de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado estão, em 2005, no último ano de suas respectivas atividades, isto significa que teremos (considerando 100% de adesão), em 2006, **pelo menos**: i) 564 graduados, que sofreram uma exposição à N&N, que poderão partir para a pós-graduação ou se engajar ao setor produtivo; ii) 372 mestres, aptos para seguir seus estudos de doutoramento ou se dirigir ao setor produtivo e iii) 443 novos doutores, totalmente vocacionados para a área de N&N, que estarão, acreditamos, aptos a partir para o exterior e se especializar em grandes centros, reforçar e formar novas equipes de pesquisa e atuar no setor produtivo. No caso dos pós-docs, opções como entrar para a carreira acadêmica - reforçando

²⁹³ É importante lembrar que somente 39% do universo de pesquisadores (691) participaram da complementação do mapeamento das competências nacionais.

os quadros de instituições de ensino e pesquisa -, e trabalhar no setor produtivo, podem vir a ocorrer.

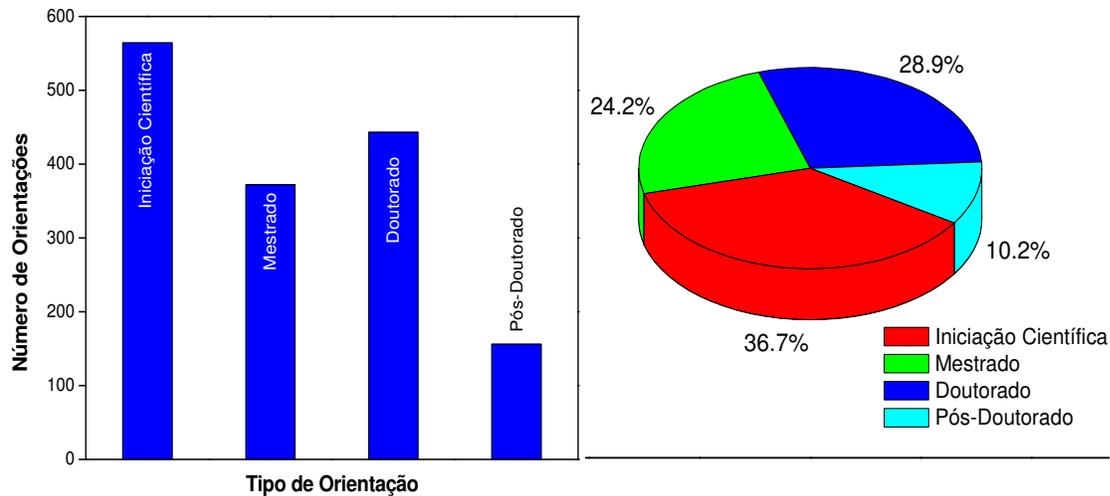


Figura 20: Orientação em andamento.

Finalmente, julgamos oportuno comentar os resultados de uma questão, a qual instava os respondentes a apontar - pelo menos 3 -, segmentos do setor produtivo, para os quais os resultados de suas pesquisas e competências poderiam vir a trazer impacto. Os resultados para as Top 10 são apresentados na Figura 21.

Como pode ser observado, os resultados mostram uma alta aderência, não só com a Política Industrial (Semicondutores, Eletrônica), mas também com Políticas Públicas (Energia, Meio-Ambiente, Fármacos, Saúde, Alimentação) e setores nos quais o Brasil apresenta alta competitividade, entre eles o setor químico e o petroquímico. Dentro da rubrica **Outros**, figuram: metal-mecânico, agronegócio, telecomunicações, metalurgia, construção civil, aeroespacial, defesa, etc.

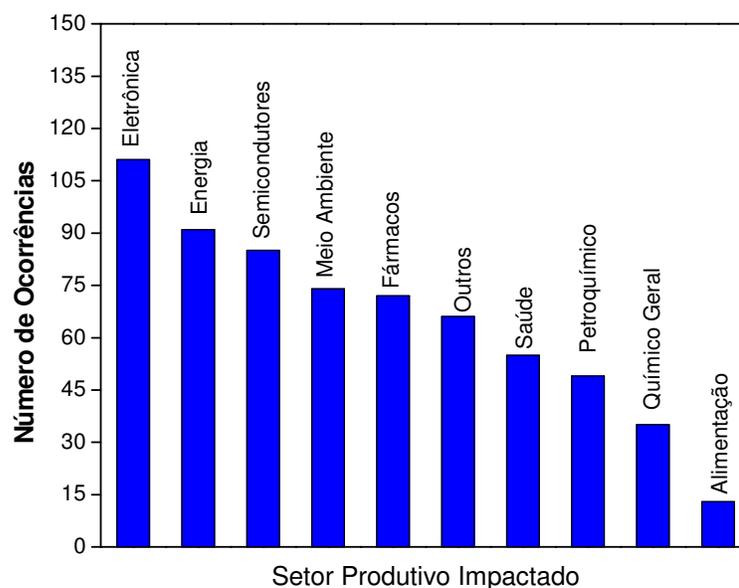


Figura 21: Setores Produtivos que podem ser impactados pela N&N.

O presente mapeamento complementar das competências nacionais abrange ainda questões sobre as facilidades disponíveis para a pesquisa; faixas de financiamentos obtidos pelo pesquisador; principais revistas onde os trabalhos são publicados; principais trabalhos em 2003 e 2004; patentes, entre outras, que não foram tratadas neste Relatório²⁹⁴.

Considerações Finais

As análises dos resultados provenientes das diferentes Bases de Dados e da aplicação do questionário para a Complementação das Competências Nacionais mostraram que estamos frente a um conjunto bastante coerente de dados. Tal coerência é observada não só nas temáticas de trabalho envolvidas, mas também na contribuição das instituições líderes e na identificação das competências nacionais na área de N&N,

Deve ser ressaltado que o conjunto de Termos de Busca CGEE para a Nanociência e Nanotecnologia tem se mostrado adequado para as diferentes finalidades e que, neste caso específico, mostrou-se capaz de recuperar – com grande abrangência – as competências nacionais nas diferentes Bases de Dados. Talvez, como sugestão, o conjunto possa ser utilizado pelos pesquisadores de N&N para indexar seus artigos. Isso tornaria possível a

²⁹⁴ Os dados deste Mapeamento Complementar das Competências Nacionais em N&N serão disponibilizados, oportunamente, pelo CGEE.

compatibilização das palavras-chaves para futuras pesquisas bibliométricas de acompanhamento.

As competências nacionais estão concentradas nos seguintes temas: Nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, nanomateriais, quantum-dots, nanotubos e nanobiotecnologia. É nestas áreas que os pesquisadores brasileiros têm apresentado um número significativo de publicações, em revistas indexadas, muitas delas de elevado fator de impacto, não só originadas em nosso país, como também como fruto de colaborações com laboratórios no exterior.

Há um contingente importante de pesquisadores, associados a um não menos importante conjunto de Grupos de Pesquisa, com formação de alto nível, no sistema de Bolsas de Pesquisa do CNPq. Avaliamos que se trata de massa crítica considerável, com capacidade para desenvolver uma estratégia de atividades decorrente de um Programa ou Iniciativa articulada para a área.

É importante mencionar que cerca de 70% dos pesquisadores que atuam na área são não-bolsistas de pesquisa do CNPq. Por se tratar de uma área estratégica para o país, um estudo aprofundado sobre esta questão, ao nosso ver, mereceria a atenção.

As instituições, Universidade de São Paulo, Universidade Estadual de Campinas, Universidade Federal de São Carlos, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal de Minas Gerais, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Ceará, Universidade de Brasília, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron desempenham um importante papel no estágio de desenvolvimento na N&N em nosso país. Estas Universidades cobrem praticamente todas as regiões do Brasil, entretanto, merecem atenção as regiões centro-oeste e norte.

Não obstante a competência nacional, hoje instalada, ter chances efetivas de aumentar, como consequência do número de estudantes em formação (Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado), efetivamente trabalhando com N&N, será necessária a formulação, ou incremento de programas de R&H, que visem atrair as melhores cabeças, fixar doutores em empresas, fixar doutores em universidades, formar especialistas vocacionados para atividades ligadas à propriedade intelectual e transferência de tecnologia e prospecção para C&T&I, entre outros. A

questão da cooperação internacional também se coloca dentro da perspectiva da absorção rápida de novos conhecimentos e desenvolvimentos de mais longo prazo.

Outra questão que nos parece importante levantar relaciona-se com a cooperação científica entre os diferentes grupos no país, que precisa ser incrementada, visando tirar partido, em alto nível e eficiência, das *expertises* e facilidades instrumentais já existentes, e trabalhar na elaboração de projetos que permitam aquisições de equipamentos e facilidades de grande porte, para utilização compartilhada. Em nossa avaliação seria também importante identificar cadeias de conhecimento e competências que possam abreviar o desenvolvimento incremental, e mesmo radical, de produtos comerciais com base nanotecnológica. Finalmente, é possível observar a Nanotecnologia como sendo uma área de conhecimento absolutamente pervasiva. Hoje, têm-se bons indícios de onde ela começa, podendo-se até mesmo identificar suas conexões mais visíveis. Não obstante, as quebras de paradigma, inclusive sobre o modo de produção dos bens, fazem parte do futuro.

Dadas às características da economia brasileira, que contempla o desenvolvimento industrial como fator de progresso, a manutenção da competitividade das indústrias e seu desenvolvimento estão não apenas estreitamente ligados ao desenvolvimento científico e tecnológico, mas também, e, sobretudo, ao sucesso de sua **pesquisa fundamental e à formação de recursos humanos**, capazes de garantir a geração e o progresso de novos conhecimentos.

Campinas, fevereiro de 2005.

Oswaldo Luiz Alves

Estudos Estratégicos

Parte IV

Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia: NanoDelphi Relatório Final

Esta consulta foi realizada por demanda do Ministério da Ciência e Tecnologia e apoiada por uma Comissão técnico-científica que contou com a participação de: Cylon Gonçalves da Silva (MCT, coordenador), Eudenilson Lins de Albuquerque (UFRN, vice-coordenador), Ivo Alexandre Hümmelgen (UFPR), Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP), José Maciel Rodrigues Júnior (Nanocore Biotecnologia Ltda), Jorge Humberto Nicola (MCT) e Alfredo de Souza Mendes (MCT).

Sumário Executivo

O Tema

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) representam o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas. Em sua aplicação, a nanotecnologia, promete ser uma nova revolução industrial, fornecendo o entendimento, a produção, o controle e o uso da matéria estruturada no nível atômico e molecular, ou seja, a dimensões de 1 a 100 nanômetros, onde fenômenos de natureza quântica permitem novos e revolucionários rumos.

Nano (do grego "anão") é um prefixo usado para designar uma parte em um bilhão; portanto um nanômetro (1 nm) corresponde a um bilionésimo de um metro. Como referência comparativa, o diâmetro médio de um átomo mede 0,2 nm, um vírus tem um tamanho variável de 10 a 100 nm, uma bactéria mede em torno de um milionésimo do metro, ou seja, 1000 nm, e, o diâmetro de um fio de um cabelo humano corresponde a cerca de 50 mil nm.

Objetivo

O objetivo desta consulta Delphi em N&N (NanoDelphi) foi identificar tópicos tecnológicos, visando à priorização dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação (C,T&I) nesta área no Brasil. Este relatório busca ressaltar os tópicos tecnológicos ou de pesquisa que tiveram melhor avaliação, de acordo com três critérios: relevância, competitividade e oportunidade.

Esta consulta foi realizada por demanda do Ministério da Ciência e Tecnologia e apoiada por uma Comissão técnico-científica que contou com a participação de: Cylon Gonçalves da Silva (MCT, coordenador), Eudenilson Lins de Albuquerque (UFRN, vice-coordenador), Ivo Alexandre Hümmelgen (UFPR), Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP), José Maciel Rodrigues Júnior (Nanocore Biotecnologia Ltda), Jorge Humberto Nicola (MCT) e Alfredo de Souza Mendes (MCT).

A Metodologia

A metodologia utilizada por esta consulta envolveu o uso do método Delphi, utilizando um questionário estruturado com duas questões, e apresentado em duas rodadas. Foi utilizado apenas o meio eletrônico para interagir com os participantes, tanto no que se refere a obtenção

dos dados, a partir das respostas ao questionário, quanto no que tange ao processo de comunicação com os participantes, na elucidação de questões e dúvidas e geração de informações complementares, ao longo do período de consulta. O CGEE desenvolveu um sistema computadorizado para tratar consultas estruturadas, visando coletar, gerenciar e processar os resultados de questionários tipo Delphi.

Principais resultados

Os tópicos tecnológicos que obtiveram consenso do conjunto de respondentes são apresentados a seguir, em ordem alfabética. Tais tópicos foram resultantes da comparação entre a opinião de todos os respondentes da 2ª. Rodada, e a opinião daqueles respondentes que se declararam como ‘conhecedores’ e ‘especialistas’, conforme detalhado no corpo do relatório.

Esta consulta gerou um conjunto de informações de grande valor, e os resultados obtidos poderão auxiliar no direcionamento de questões chave em N&N a serem tratadas no futuro próximo, bem como evidenciar necessidades de um maior detalhamento e de obter novas interpretações dos principais resultados encontrados.

Este relatório apresenta os tópicos considerados importantes (de consenso) do ponto de vista dos participantes da consulta. Entretanto, ressalta-se que as informações obtidas desta consulta podem ser analisadas sob vários formatos e enfoques.

Tópicos Tecnológicos selecionados²⁹⁵

²⁹⁵ Interessante observar as semelhanças entre os resultados deste estudo e as informações veiculadas, em abril de 2005, pelo site da BBC News (“Nanotech Promise for Global Poor”) onde se destaca o resultado de um painel realizado com 63 especialistas mundiais que identificaram para o JCB – Canadian Joint Centre for Bioethics, as áreas mais promissoras da Nanotecnologia. São elas: armazenamento, produção e conversão de energia; incremento da produtividade da agricultura;

Armazenamento de energia
Catálise
Células a combustível
DNA e terapia gênica
Encapsulamento de fármacos
Materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica
Materiais nanoestruturados, biocompatíveis
Monitoramento ambiental
Nanoeletrônica, materiais e dispositivos
Nanosensores para avaliação de qualidade de alimentos
Nanosensores para detectar toxinas e patógenos de plantas
Produção, armazenamento e conversão de hidrogênio
Recuperação ambiental
Sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular
Tratamento de água
Tratamento de esgotos e efluentes industriais

As perspectivas e os *insights* gerados poderão ser utilizados para alimentar e fomentar discussões e auxiliar na tomada de decisão governamental no que se refere a N&N em geral e para um melhor entendimento dos diferentes potenciais da N&N para o Brasil, conforme a visão dos participantes desta consulta

Apresentação

O presente relatório apresenta os resultados da consulta Delphi em Nanociência & Nanotecnologia (N&N), conduzida pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, entre fevereiro e maio de 2005, por demanda do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT.

O objetivo desta consulta Delphi em N&N (NanoDelphi) foi identificar tópicos tecnológicos, visando à priorização dos investimentos em ciência, tecnologia e inovação (C,T&I) nesta área no Brasil. Este relatório busca ressaltar os tópicos tecnológicos ou de pesquisa que tiveram melhor avaliação, de acordo com três critérios: relevância, competitividade e oportunidade.

tratamento de água e remediação ambiental; diagnóstico e proteção contra doenças; sistemas de “entrega de drogas” (drug delivery); processamento e armazenamento de alimentos; poluição do ar e remediação; construção; monitoramento da saúde; e vetores, detecção e controle de pragas. Disponível em <http://news.bbc.co.uk>. Acesso em 23/05/2005.

Considerando que esta consulta gerou um conjunto de informações de grande valor, os resultados obtidos poderão auxiliar no direcionamento de questões chave em N&N a serem tratadas no futuro próximo, bem como evidenciar necessidades de um maior detalhamento e de obter novas interpretações dos principais resultados encontrados.

As perspectivas e os *insights* gerados poderão ser utilizados para alimentar e fomentar discussões e auxiliar na tomada de decisão governamental no que se refere a N&N em geral.

Esta consulta foi apoiada por uma Comissão técnico-científica que contou com a participação de: Cylon Gonçalves da Silva (MCT, coordenador), Eudenilson Lins de Albuquerque (UFRN, vice-coordenador), Ivo Alexandre Hümmelgen (UFPR), Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP), José Maciel Rodrigues Júnior (Nanocore Biotecnologia Ltda), Jorge Humberto Nicola (MCT) e Alfredo de Souza Mendes (MCT).

O CGEE agradece ao grupo de instituições e especialistas envolvidos neste trabalho, em particular, a colaboração e orientação científica recebidas da Comissão.

Introdução

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) são consideradas, atualmente, como um dos mais fascinantes avanços nas tradicionais áreas do conhecimento e constituem um dos principais focos das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados. Os programas estão vinculados às estratégias nacionais de desenvolvimento econômico e competitividade, apresentam características próprias e sempre buscam envolver o maior número possível de participantes.

N&N representam o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que são obtidas graças às especiais propriedades da matéria organizada a partir de estruturas de dimensões nanométricas. Nano (do grego "anão") é um prefixo usado para designar uma parte em um bilhão; portanto um nanômetro (1 nm) corresponde a um bilionésimo de um metro. Como referência comparativa, o diâmetro médio de um átomo mede 0,2 nm, um vírus tem um tamanho variável de 10 a 100 nm, uma bactéria mede em torno de um milionésimo do metro, ou seja, 1000 nm, e, o diâmetro de um fio de um cabelo humano corresponde a cerca de 50 mil nm.

Muitos consideram como ponto inicial da Nanotecnologia, a palestra²⁹⁶ proferida, em 1959, por Richard Feynman, Prêmio Nobel de Física, na qual sugeriu que um dia seria possível manipular átomos individualmente, uma idéia revolucionária na época. Como ilustração, Feynman desafiou a comunidade científica a diminuir em 25 mil vezes a página de um livro. Isto tornaria possível condensar, na cabeça de um alfinete, todas as páginas dos 24 volumes da Enciclopédia Britânica, abrindo assim as perspectivas de que muitas descobertas se fariam com a fabricação de materiais em escala nanométrica.

O visionarismo de Feynman, contudo, somente passou a se tornar realidade nos anos 80 com o desenvolvimento dos assim chamados microscópios de varredura por sonda. De uma maneira geral esses microscópios mapeiam objetos de dimensões nanométricas por meio de uma agulha muito fina, construindo uma imagem com resolução em escala atômica. Dentre eles destacam-se os microscópios de tunelamento, de força atômica e de campo, que permitiram avanços relativos à manufatura molecular e atômica, ao ponto em que a IBM, em 1989, manipulando 35 átomos do elemento químico xenônio, conseguiu escrever com eles a sua marca em uma placa de níquel. Desde então este tipo de “logo nanoscópico” tornou-se uma técnica usual bastante utilizada por outras empresas de alta tecnologia.

Estudos vêm se desenvolvendo com sistemática regularidade e os governos de diferentes países têm incluído a N&N na agenda de prioridades de seus investimentos. Para que se tenha uma idéia, em 1997, países da União Européia, os EUA e o Japão, já haviam investido cerca de 500 milhões de dólares em programas na área. Estes valores mudaram sensivelmente em 2000 quando o Presidente Clinton lançou nos EUA a “Iniciativa Nacional de Nanotecnologia”²⁹⁷, com um orçamento de 270 milhões de dólares para apoiar o fomento à pesquisa em N&N pelas várias agências do governo federal americano. A partir daí iniciou-se uma espécie de “corrida ao nano” com investimentos públicos e privados no setor crescendo em uma proporção galopante, com cerca de 4 bilhões de dólares investidos em 2004 e com uma estimativa de que até 2015 os bens e serviços de base nanotecnológica deverão ultrapassar 1 trilhão de dólares anuais.

296 Palestra "There's plenty of room at the bottom" (Há bastante espaço lá embaixo), proferida no dia 29 de dezembro de 1959, durante a Reunião Anual da American Physical Society, no California Institute of Technology, em Pasadena-CA. Disponível em: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>. Acesso em: 17/05/2005

297 The National Nanotechnology Initiative. NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. *National Nanotechnology Initiative; strategic plan*. Washington: NSTC, 2004. 31 p.
http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf

A Nanotecnologia já encontra e deve vir a encontrar aplicações em praticamente todos os setores industriais e de serviços. Há aplicações de grande escala como por exemplo, os nanocompósitos poliméricos, produzidos a partir de *commodities* como os termoplásticos e as argilas, ao lado de produtos fabricados em quantidades reduzidas, mas com elevado valor agregado e criados para as tecnologias de informação e de telecomunicações. A multiplicidade de aplicações é percebida ao se examinarem diferentes programas nacionais ou multinacionais de nanotecnologia, que revelam os diferentes modos de classificação dos temas, dos objetivos e das facilidades experimentais necessárias.

A N&N promete tornar os objetos menores, mais rápidos, mais fortes, menos poluentes e mais eficientes. Isso, contudo, não deve ser confundido com miniaturizar o que já foi inventado, e sim entender e controlar o comportamento da matéria na escala nanométrica. O progresso de miniaturização pode ser obtido de duas maneiras. A primeira delas, denominada de “*top-down*”, significa reduzir sistemas grandes a escalas menores, para o qual se requer avançada tecnologia e envolve altos custos. Este procedimento é uma evolução natural dos processos utilizados na fabricação de dispositivos microeletrônicos, normalmente se valendo das chamadas técnicas de litografia. Estas idéias estão sendo defendidas e difundidas principalmente pelo engenheiro americano Eric Drexler, através do Foresight Institute, imaginando a construção de máquinas que seriam capazes de reproduzir em escala nanométrica o funcionamento do mundo macroscópico. Por outro lado, no procedimento “*bottom-up*” a nano-estrutura é formada pela deposição lenta e controlada de átomos sobre uma superfície polida e regular, em um processo semelhante ao que a natureza já faz de uma forma otimizada há milhões de anos em sistemas vivos e no meio ambiente. Embora se sabendo que imitar processos biológicos naturais não é uma tarefa fácil, esta segunda alternativa é muito mais atrativa que a anterior, por requerer um menor investimento financeiro e por incentivar fortemente o trabalho conjunto de físicos, químicos, biólogos e engenheiros.

As nanotecnologias estão avançando com maior velocidade do que as expectativas previstas, surgindo novas iniciativas em quase todas as áreas do conhecimento, que vão desde novos métodos para armazenar e manipular as informações até a construção de máquinas minúsculas baseadas em átomos ou moléculas. Métodos investigativos de N&N têm conseguido progressos em processos biológicos fundamentais, incluindo-se a auto-organização dos átomos e moléculas, sistemas neurais, assim como no entendimento da célula como uma estrutura altamente organizada, auto-reparadora e auto-replicante, paradigma de

uma futura máquina molecular. Disquetes de computadores com memória 3 milhões de vezes maiores do que os atuais, CDs que suportam a gravação de mil horas de música, no lugar dos 74 minutos dos CDs atuais, e nanomotores de carbono já existem e estarão sendo comercializados nos próximos 10 anos. A nanomáquina é mais eficiente, sua construção necessita de pouco material e consome menos energia. Mais do que isso: os pesquisadores querem chegar a sistemas construídos a partir de suas bases fundamentais, átomo a átomo, molécula por molécula, e criar estruturas e materiais com propriedades variáveis.

O Brasil, que até agora investiu cerca de R\$ 100 milhões em projetos no domínio da N&N, dispõe da melhor base de recursos humanos e infra-estrutura no setor da América Latina. Físicos, químicos, engenheiros e biólogos brasileiros estão investigando com muita competência esse nanomundo que, com sua enorme potencialidade e grande impacto na qualidade de vida de nossa população, está começando a ser visível. O grande desafio é a transição do laboratório para o mercado dos materiais, processos e dispositivos pesquisados. Prevê-se que a N&N deva representar a maior revolução tecnológica presenciada pela humanidade até hoje, superando o surgimento da microeletrônica, das telecomunicações, dos plásticos e das vacinas considerados como um todo. Portanto, o momento decisório atual é muito importante e crucial para o futuro do Brasil nesta área tão estratégica. A adoção de uma política correta de investimentos no setor poderá seguramente representar uma futura participação brasileira, pelo menos em alguns nichos, com competitividade semelhante a dos países desenvolvidos.

Objetivo da consulta Delphi

O objetivo do exercício foi identificar tópicos tecnológicos, visando direcionamento de investimentos em C,T&I nesta área no Brasil. Os resultados deste exercício compõem um conjunto de subsídios para a tomada de decisão e para o estabelecimento de políticas para C,T&I em Nanociência e Nanotecnologia no Brasil.

Metodologia utilizada

A metodologia utilizada por esta consulta envolveu o uso do método Delphi, em um questionário de duas rodadas, estruturado basicamente em duas questões.

Foi utilizado apenas o meio eletrônico para interagir com os participantes, tanto no que se refere a obtenção dos dados, a partir das respostas ao questionário, quanto no que tange ao processo de comunicação com os participantes, na elucidação de questões e dúvidas e geração de informações complementares, ao longo do período de consulta. O CGEE desenvolveu um sistema computadorizado para tratar consultas estruturadas, visando coletar, gerenciar e processar os resultados de questionários tipo Delphi.

Este sistema é uma ferramenta amigável e robusta e busca atacar os problemas fundamentais do uso deste método, a saber: o tempo para modelagem, e para rodar e processar os resultados; o dinamismo e flexibilidade para adaptar-se aos diferentes ambientes aos quais pode ser aplicado; e a garantia de integridade das informações fornecidas pelos participantes.

Esta consulta para Nanotecnologia e Nanociência foi projetada levando em consideração os atuais desenvolvimentos de questionários desta natureza que vêm sendo aplicados em outros países e instituições, considerando, também, as características peculiares do tema. Foram consultados para este fim, os exercícios prospectivos e os documentos produzidos pela Comunidade Européia²⁹⁸ e o Fórum de Nanotecnologia - Nanoforum²⁹⁹, e pelos Estados Unidos³⁰⁰, além dos exercícios prospectivos realizados em outros países tais como Israel³⁰¹ e pelo projeto Millennium³⁰², das Nações Unidas e pelo projeto Fistera³⁰³, em TICs, também da Comunidade Européia.

A base de dados gerada por esta consulta Delphi, a partir dos dados captados pelos questionários, é a massa a partir da qual se poderão realizar tratamentos estatísticos, visualizar alternativas de cruzamento de dados e de avaliação possíveis, considerando o conjunto dos

²⁹⁸ COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. *Towards a European strategy for nanotechnology*. Bruxelas: ERA, 2004. 25 p. (Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2004)338 final).

ftp://ftp.cordis.lu/pub/nanotechnology/docs/nano_com_en.pdf

²⁹⁹ MALSCH, Ineke; OUD, Mireille. *Outcome of the open consultation on the European strategy for Nanotechnology*. Scotland: Nanoforum, 2004. 105 p.

<http://www.nanoforum.org/index>

³⁰⁰ The National Nanotechnology Initiative. NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL. *National Nanotechnology Initiative; strategic plan*. Washington: NSTC, 2004. 31 p.

http://www.nano.gov/NNI_Strategic_Plan_2004.pdf

³⁰¹ HAUPTMAN, Aharon; SHARAN, Yair. Evolution of nanoscience and nanotechnology activities in Israel. In: ESTO WORKSHOP ON TECHNOLOGY FORECASTING EXPERIENCES AND CHALLENGES, Dusseldorf, 2001. *Trabalho apresentado...* Tel-Aviv: ICTAF, 2001. 22 slides, color. Slides gerados a partir do software PowerPoint. Disponibilizado na web em PDF. <http://www.ictaf.tau.ac.il/evolution.pdf>

³⁰² AC/UNU Millennium Project. *Environmental pollution and health hazards resulting from military uses of nanotechnology; round 2*. Washington: American Council for the UNITED Nations University, 2004. 12 p.

<http://www.acunu.org/millennium/nanotech-rd2.doc>

³⁰³ POPPER, Rafael; MILES, Ian. *The Fistera Delphi; future challenges, applications and priorities for socially beneficial information society technologies*. Manchester: PREST, 2005. 159 p.

http://les.man.ac.uk/PREST/fistera/documents/RP_The_FISTERA_Delphi.pdf

resultados. É importante destacar que é possível encontrar diferentes soluções a partir do cruzamento dos dados, dos enfoques e simulações possíveis.

1. O método Delphi³⁰⁴

O método Delphi, cujo nome é uma referência ao oráculo da cidade de Delfos, na Grécia antiga, foi idealizado em 1948 por Dalkey, Gordon, Helmer e Kaplan. Em seguida, foi aplicado por Olaf Helmer e N. Rescher, na RAND, na década de 50, para obter consenso em um grupo de especialistas. Posteriormente, foi apresentado de forma estruturada por Helmer, em 1968. É um método bastante utilizado em todo o mundo para fazer pesquisas sobre o futuro e obter conhecimentos tácitos. Utiliza as diversas informações identificadas e obtidas pelo julgamento intuitivo das pessoas, com a finalidade de delinear e realizar previsões.

É um exemplo de sucesso de método estruturado, baseado na opinião de especialistas. O método de opinião de especialistas é definido por Millet, apud Skumanich & Silbernagel como uma visão do futuro "baseada na informação e lógica de indivíduos com extraordinária familiaridade com o tema em questão". Este método deve ser usado sempre que a informação não puder ser quantificada ou quando os dados históricos não estão disponíveis ou não são aplicáveis. Mesmo quando há dados históricos, a opinião de especialistas pode e deve ser usada como uma forma de complementar as informações obtidas e de captação de conhecimentos tácitos, sinais fracos e *insights*.

Este método procura a efetiva utilização do julgamento intuitivo, com base nas opiniões de especialistas, que são refinadas em um processo iterativo e repetido algumas vezes até se alcançar o consenso interdisciplinar e correspondente à redução do viés individual, idiosincrasias e situações de respostas que evidenciem ignorância sobre o assunto abordado. "O Delphi pode ser caracterizado como um método para estruturar um processo de comunicação de um grupo, de modo que o processo seja efetivo em permitir que este, como um todo, lide com um problema complexo".

³⁰⁴ SANTOS, Márcio Miranda et al. Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. *Parcerias Estratégicas*, n. 19, dez. 2004. p.189-229 <http://www.cgge.org.br/parcerias/>

Esse método explora a experiência coletiva dos membros de um grupo em um processo interativo e estruturado. No formato original, a primeira rodada é não-estruturada, e é dada aos especialistas selecionados uma relativa liberdade de identificar e elaborar as questões percebidas como relevantes ao tema abordado. O questionário é consolidado pela equipe de coordenação, de modo a associar escalas qualitativas ou quantitativas às questões, e então submetê-lo a uma seqüência de rodadas.

A cada rodada, a equipe de coordenação contabiliza as respostas, apresenta os resultados parciais, normalmente sob a forma de descritores estatísticos simples - média ou mediana, e uma medida de dispersão (variância ou desvio padrão) - e demanda aos especialistas que revejam, em anonimato, suas opiniões à luz da opinião agregada. Cada participante pode fornecer então um novo julgamento, justificando a mudança ou não de opinião. O processo se repete até que se atinja um "estado estacionário", normalmente depois de 3 ou 4 rodadas.

Atualmente, é reconhecido que as razões discordantes apresentadas por alguns dos participantes também trazem informações importantes. Assim, opiniões dissidentes também são levadas em consideração, em detrimento ao imperativo do consenso.

O WebDelphi é uma ferramenta para prospecção de futuro e formulação de estratégias, em grupo, por meio da Internet. Baseia-se no método Delphi tradicional, de previsão por meio de consultas a especialistas. É indicado para situações de mudanças estruturais, inexistência de dados históricos ou horizontes de tempo muito longos. A pesquisa é interativa, caracterizada pelo *feedback* e convergência a uma visão representativa dos especialistas consultados.

2. A Consulta Delphi em N&N

A consulta realizada envolveu um universo de participantes representando 5 categorias básicas:

1. academia, particularmente, as universidades e os institutos de pesquisa;
2. setor empresarial;
3. governo;
4. terceiro setor, incluindo organizações não governamentais;
5. mídia.

Estes participantes foram selecionados de modo a garantir um maior número possível de visões sobre o tema nanotecnologia e nanociência, ainda que, tivesse também o objetivo de dar maior conhecimento a um tema ainda pouco difundido da sociedade em geral.

Assim, na 1ª rodada foram enviadas 1498 consultas com um total de 582 respostas, representando 38,85% do universo consultado.

Uma 2ª rodada foi enviada a todos os respondentes da 1ª rodada (582) tendo alcançado o número de 307 respostas, representando 52,74% dos consultados desta 2ª rodada. Este resultado representa 20,49% da amostra total consultada (1498).

Na página inicial da consulta, solicitou-se um conjunto de dados sobre os participantes, para fins de estatística. Foram solicitadas: a área de formação, a faixa etária, o gênero, a unidade da federação em que atua e uma descrição aproximada da área atual de atuação do respondente.

A consulta Delphi foi dividida em 2 questões básicas: a primeira com foco em impactos em setores industriais e horizontes temporais; e, a segunda com foco em tecnologias críticas ou tópicos tecnológicos prioritários para investimentos em N&N. (ver questionários da 1ª e 2ª rodadas, nos anexos 01 e 02).

A 1ª. questão buscou inferir em quais setores da indústria as N&N terão impactos e em que horizonte temporal esses impactos seriam perceptíveis. Neste caso, foi apresentada aos respondentes uma tabela, para seleção de até 5 setores, que pudessem ser considerados potencialmente impactados a partir dos desenvolvimentos das N&N³⁰⁵. Para subsidiar esta questão foi elaborada uma tabela, como um subgrupo da tabela do CNAE³⁰⁶ (Classificação Nacional de Atividades Econômicas) considerando aqueles itens com maior grau de relacionamento com o tema de Nanociência e Nanotecnologia.

³⁰⁵ A tabela foi composta por 34 setores industriais e um campo "Outros" para permitir a inclusão de outras opções não contempladas nos itens anteriores.

³⁰⁶ A CNAE-Fiscal é o instrumento de padronização nacional dos códigos de atividade econômica e dos critérios de enquadramento utilizados pelos diversos órgãos da Administração Tributária do país. A **CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas** é aplicada a todos os agentes econômicos que estão engajados na produção de bens e serviços, podendo compreender estabelecimentos de empresas privadas ou públicas, estabelecimentos agrícolas, organismos públicos e privados, instituições sem fins lucrativos e agentes autônomos (pessoa física). (<http://www.cnae.ibge.gov.br/cgi-bin/cnae-prd.dll>)

Questão 1. Impactos Setoriais: dentre os setores abaixo, na sua opinião, aponte cinco (5) que serão mais fortemente impactados pelo desenvolvimento em Nanociências e Nanotecnologias. Para cada setor, indicar o horizonte temporal mais provável em que este impacto será percebido. Obs.: a tabela abaixo foi estruturada a partir de dados do Cadastro Nacional de Atividade Econômica (CNAE)

A tabela setorial apresentada abaixo constou de 35 opções, 34 itens setoriais e um último que solicitava aos respondentes a indicação de outros setores, porventura não mencionados.

- 1 agricultura, pecuária e serviços relacionados (A-01)
- 2 extração de carvão mineral (C-10)
- 3 extração de petróleo e serviços relacionados (C-11)
- 4 extração de minerais metálicos (C-13)
- 5 extração de materiais não-metálicos (C-14)
- 6 fabricação de produtos alimentícios e bebidas (D-15)
- 7 fabricação de produtos têxteis (D-17)
- 8 preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados (D-19)
- 9 fabricação de produtos de madeira (D-20)
- 10 fabricação de celulose, papel e produtos de papel (D-21)
- 11 edição, impressão e reprodução de gravações (D-22)
- 12 fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares e produção de álcool (D-23)
- 13 fabricação de produtos químicos, incluindo fármacos (D-24)
- 14 fabricação de artigos de borracha e de material plástico (D-25)
- 15 fabricação de produtos de minerais não-metálicos (D-26)
- 16 metalurgia básica (D-27)
- 17 fabricação de produtos de metal - exclusive máquinas e equipamentos (D-28)
- 18 fabricação de máquinas e equipamentos (D-29)
- 19 fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática (D-30)
- 20 fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (D-31)
- 21 fabricação de material eletrônicos e de aparelhos e equipamentos de comunicações (D-32)
- 22 fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios (D-33)
- 23 fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias (D-34)
- 24 fabricação de outros equipamentos de transporte (D-35)
- 25 fabricação de móveis e indústrias diversas (D-36)
- 26 reciclagem (D-37)
- 27 eletricidade, gás e água quente (E-40)
- 28 captação, tratamento e distribuição de água (E-41)
- 29 construção (F-45)
- 31 administração pública, defesa e seguridade social (L-75)
- 33 saúde e serviços sociais (N-85)
- 34 limpeza urbana e esgoto e atividades relacionadas (O-90)
- 35 outros, mencionar:

Além disso, os respondentes foram solicitados a opinar os horizontes temporais nos quais tais impactos seriam perceptíveis, conforme a seguir:

- até 5 anos
- entre 2010 e 2015
- entre 2015 e 2020
- após 2020

A 2ª. questão envolveu 11 áreas temáticas em N&N, conforme apresentado a seguir:

Questão 2. Áreas de Aplicação e Tópicos: considerando a proximidade com sua principal área de atuação, selecione, no máximo 5 (cinco) áreas dentre as apresentadas abaixo. Após selecionar cada área, informe o seu nível de conhecimento e priorize os tópicos apresentados.

- Nanotecnologia para sensores;
- Nanotecnologia para processamento, armazenamento e transmissão da informação;
- Nanobiotecnologia;
- Nanotecnologia para aplicações em sistemas estruturados;
- Instrumentos e equipamentos para suporte a N&N;
- Nanotecnologia para processos químicos, eletroquímicos e outros;
- Energia;
- Agronegócios;
- Recursos Hídricos e Meio Ambiente;
- Nanotecnologia e Impactos Sociais;
- Pesquisa de Longo Prazo.

Nestas 11 áreas encontram-se distribuídos 79 tópicos tecnológicos (variando de 4 a 12 por área) para avaliação. O participante foi convidado a avaliar os tópicos de até 5 áreas distintas, conforme os critérios de **oportunidade**, **relevância** e **competitividade**, definidos no quadro 01 abaixo.

Definição dos critérios utilizados

Relevância: diz respeito ao impacto do tema sobre os aspectos sociais e econômicos do desenvolvimento do país. O critério relevância será avaliado conforme a seguinte escala:

- irrelevante (0)
 - pouco relevante (1)
 - relevante (2)
 - muito relevante (3)
 - essencial (4)
-

Oportunidade: diz respeito a perspectiva imediata de conquistar nichos de mercado em nível nacional e internacional face a existência de recursos materiais, humanos e financeiros no país. O critério oportunidade será avaliado conforme a seguinte escala:

- inoportuno (0)
 - pouco oportuno (1)
 - oportuno (2)
 - muito oportuno (3)
 - extremamente oportuno (4)
-

Competitividade: diz respeito a inserção do país na comunidade internacional devido a qualidade e quantidade da sua produção científica e tecnológica, com geração de benefícios sócio-econômicos no tópico proposto. O critério competitividade será avaliado conforme a seguinte escala

- não competitivo (0)
 - pouco competitivo (1)
 - competitivo (2)
 - muito competitivo (3)
 - extremamente competitivo (4)
-

Quadro 01 – Definição de critérios, escalas e métricas associadas.

Ao selecionar cada área, o respondente foi solicitado a informar o seu nível de conhecimento na área, conforme quadro 02, a seguir.

Nível de Conhecimento

Não familiar: você não possui qualquer familiaridade com o tema.

Ocasionalmente Familiar: você conhece os argumentos a favor e contra alguns dos assuntos envolvidos, você leu sobre o assunto e tem opinião formada sobre o mesmo.

Familiar: você conhece a maioria dos argumentos a favor e contra algum dos assuntos envolvidos, você leu sobre o assunto e tem opinião formada sobre o mesmo.

Conhecedor: a) você era um expert/perito no assunto há algum tempo atrás, mas se sente de alguma forma desatualizado; b) você está em processo de se tornar um perito, mas ainda tem caminho a percorrer para se tornar um especialista no assunto; c) você trabalha com algum assunto relacionado e ocasionalmente contribui para o desenvolvimento do mesmo.

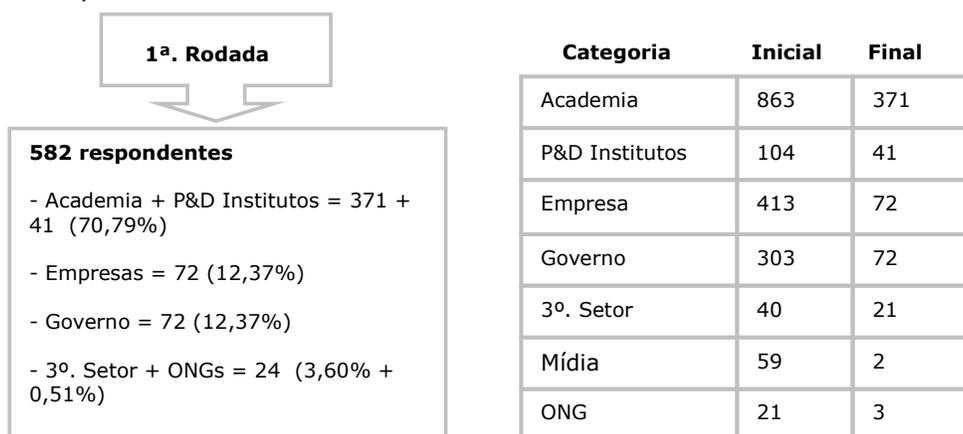
Especialista: você se considera pertencente à comunidade de pessoas que se dedicam atualmente ao assunto e; a) você está envolvido com mercados, assuntos comerciais ou necessidades da área, e é reconhecido fora de sua organização como tendo fortes conhecimentos sobre o mercado futuro, sobre tendências do negócio, ou sobre regulamentação e outros aspectos; ou b) você está na área técnica e apresentou, escreveu e/ou publicou os resultados do seu trabalho e/ou pode ter/possuir patentes para aplicação.

Quadro 02 – Nível de conhecimento dos respondentes

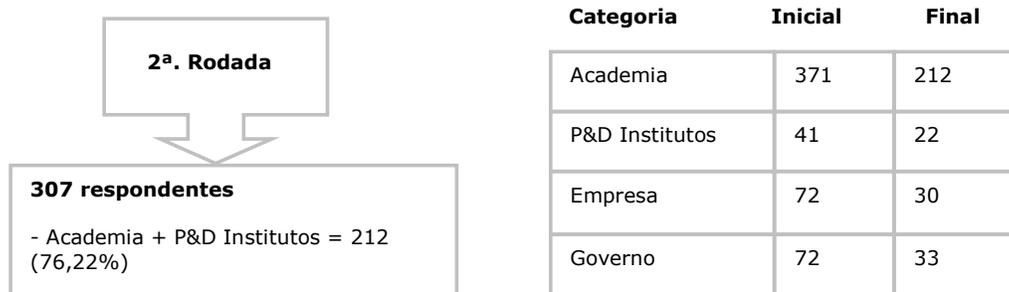
A consulta Delphi - Uma visão dos resultados

1. O universo consultado

Na 1ª. rodada foram enviadas 1498 consultas com um total de 582 respostas, representando 38,85% do universo consultado. Uma 2ª rodada foi enviada a todos os respondentes da 1ª rodada tendo alcançado o número de 307 respostas, 20,49% da amostra total consultada e, 52,74% dos respondentes desta 2ª rodada.



Quadro 03 – Universo consultado – 1ª. Rodada



Quadro 04 – Universo consultado – 2ª. rodada

Inicialmente, esta consulta visava tão somente obter listas ordenadas de tópicos tecnológicos de pesquisa e desenvolvimento, conforme prioridades pré-definidas pela comunidade científica em geral e pela comunidade empresarial. Tais temas deveriam resultar em escolhas, que pudessem auxiliar a tomada de decisão no que se refere à investimentos futuros em Nanociência e Nanotecnologia (N&N), particularmente, no que se refere à criação de um programa nacional de N&N.

Objetivando prover o exercício de uma visão de futuro, optou-se por solicitar informações sobre impactos setoriais a partir dos desenvolvimentos da N&N, com uma visão dos horizontes futuros em tempos definidos, buscando criar, assim, um elo entre horizontes futuros e desenvolvimentos tecnológicos capazes de promover desenvolvimentos de produtos, processos e serviços inovadores em N&N.

Neste sentido, a base de respondentes foi ampliada de modo a se incluir uma parcela significativa de outros respondentes, de forma a buscar respostas conforme visões de comunidades não tradicionais, bem como para auxiliar na divulgação e difusão sobre este tema a outras comunidades menos técnicas ou com menor grau de relacionamento com esta natureza de questões.

Foi solicitado aos respondentes que indicassem sua área de formação e do quadro 05 abaixo se pode ver que 35% da amostra referem-se a pesquisadores das áreas de física e astronomia, seguidos por 22% das engenharias, 20% da área de química, 7% da área de farmácia e 3% da área de biologia, perfazendo um total de 87% do universo consultado.

	Área de Formação	Qtde	(%)
1º	Física e Astronomia	107	34.85 %
2º	Engenharias	68	22.15 %
3º	Química	61	19.87 %
4º	Farmácia	22	7.17 %
5º	Biologia	10	3.26 %
6º	Ciências da Terra	6	1.95 %
7º	Administração e Economia	5	1.63 %
8º	Ciências Humanas	4	1.3 %
9º	Medicina e Enfermagem	4	1.3 %
10º	Outras	4	1.3 %
11º	Agronomia e Engenharia Agrícola	4	1.3 %
12º	Bioquímica	3	0.98 %
13º	Matemática e Estatística	2	0.65 %
14º	Direito	2	0.65 %
15º	Computação e Engenharia de Software	2	0.65 %
16º	Biofísica	1	0.33 %
17º	Arquitetura, Urbanismo, Planejamento Urbano e Regional	1	0.33 %
18º	Ciência da Informação	1	0.33 %

Quadro 05 – Áreas de formação dos respondentes

Em relação ao gênero, observa-se que a grande maioria de respondentes é do gênero masculino, representando 72% da amostra final, enquanto que apenas 28% pertencem ao gênero feminino, o que, de certo modo, é esperado, tendo em vista as principais áreas de formação acima apresentadas.

	Gênero	Qtde	(%)
1º	Masculino	221	72 %
2º	Feminino	86	28 %

Quadro 06 – Gênero dos respondentes

Em relação a faixa etária, o quadro abaixo mostra que o conjunto predominante dos respondentes encontra-se na faixa de 41 a 50 anos (37%), seguido das faixas 51 a 60 anos (28%) e 31 a 40 anos (26%).

	Faixa Etária	Qtde	(%)
1º	41 a 50	115	37 %
2º	51 a 60	87	28 %
3º	31 a 40	81	26 %
4º	> que 60	18	6 %
5º	21 a 30	6	2 %

Quadro 07 – Faixa etária dos respondentes

2. Setores x horizonte temporal

Questão 1 - Nessa questão foi solicitado aos respondentes que indicassem sua opinião sobre impactos setoriais em 34 setores da economia selecionados a partir da tabela de setores do CNAE.

Os resultados obtidos indicam que há certa clareza por parte dos respondentes de que a “fabricação de produtos químicos, incluindo fármacos” é o setor que mais sofrerá impactos dos desenvolvimentos das N&N, com o maior número de ocorrências nos próximos 5 anos (61% das ocorrências). O quadro abaixo apresenta os 5 setores mais votados.

Setores x horizonte temporal (5 +)	votos
1. fabricação de produtos químicos, incluindo fármacos (D-24)	245
até 5 anos (150 - 61%) entre 2010 e 2015 (83 - 34%) entre 2015 e 2020 (10 - 4%) após 2020 (2 - 1%)	
2. fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicações (D-32)	219
até 5 anos (136 - 62%) entre 2010 e 2015 (68 - 31%) entre 2015 e 2020 (8 - 4%) após 2020 (7 - 3%)	
3. fabricação de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação industrial, cronômetros e relógios (D-33)	176
entre 2010 e 2015 (87 - 49%) até 5 anos (74 - 42%) entre 2015 e 2020 (12 - 7%) após 2020 (3 - 2%)	
4. agricultura, pecuária e serviços relacionados (A-01)	82
até 5 anos (39 - 48%) entre 2010 e 2015 (34 - 41%) entre 2015 e 2020 (6 - 7%) após 2020 (3 - 4%)	
5. fabricação de máquinas para escritório e equipamentos de informática (D-30)	77
até 5 anos (53 - 69%) entre 2010 e 2015 (20 - 26%) entre 2015 e 2020 (3 - 4%) após 2020 (1 - 1%)	

Quadro 08 - Os 5 setores mais votados

Vários respondentes (27 ocorrências) contribuíram no tópico “Outros”, apresentando sugestões tais como: biotecnologia, materiais, saúde, energia e indústria espacial. A tabela completa, com todos os setores e respectiva avaliação, pode ser encontrada no anexo 03.

3. Áreas e tópicos de pesquisa versus critérios.

Esta questão envolveu um conjunto de tópicos de pesquisa, em um total de 79 tópicos distribuídos por 11 áreas temáticas distintas, no desenvolvimento de N&N, bem como um conjunto de critérios para avaliação.

As áreas e tópicos relacionados encontram-se apresentadas abaixo.

Nanotecnologia para sensores (6)

1. sensores eletromagnéticos
2. sensores óticos
3. sensores químicos
4. sensores de radiação ionizante
5. sensores baseados em moléculas biológicas
6. sensores baseados em semicondutores nanoestruturados incluindo silício poroso

Nanotecnologia para processamento, armazenamento e transmissão da informação (10)

1. nanoeletrônica, materiais e dispositivos
2. dispositivos e materiais opto eletrônicos nanoestruturados
3. opto eletrônica e eletrônica orgânica
4. materiais e dispositivos magnéticos
5. spintrônica
6. integração das tecnologias micro (MEMS) e nano (NEMS)
7. dispositivos em substratos poliméricos
8. dispositivos baseados em rádio-frequência
9. supercondutividade e supercondutores
10. meios híbridos

Nanobiotecnologia (10)

1. materiais nanoestruturados, biocompatíveis
2. materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica
3. métodos de diagnósticos e imagens
4. sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular
5. fluidos magnéticos
6. DNA e terapia gênica
7. encapsulamento de fármacos
8. neuroeletrônica
9. engenharia de tecidos
10. motores moleculares

Nanotecnologia para aplicações em sistemas estruturados (12)

1. materiais compósitos
2. revestimentos nano particulados
3. nanotubos, nanofios e nanofitas
4. nanofilmes e interfaces
5. materiais baseados em nanotubos de carbono e fulerenos
6. polímeros
7. produção de nanopartículas
8. colóides e interfaces
9. fibras e tecidos
10. vidros e cerâmicas

11. metais e ligas
12. quasi-cristais

Instrumentos e equipamentos para suporte a N&N (7)

1. equipamentos e técnicas de caracterização
2. equipamentos e técnicas de deposição
3. equipamentos e técnicas de padronização
4. equipamentos e técnicas de nanolitografia
5. produção e processamento de pós e material particulado
6. metrologia
7. sistemas robotizados

Nanotecnologia para processos químicos, eletroquímicos e outros (4)

1. catálise
2. processo de filtração
3. membranas nanoestruturadas
4. processos enzimáticos

Energia (8)

1. células a combustível
2. baterias
3. eficiência de sistemas de iluminação
4. conversores termoelétricos
5. conversores fotovoltaicos
6. armazenamento de energia
7. processos envolvendo biomassa
8. produção, armazenamento e conversão de hidrogênio

Agronegócios (7)

1. processamento de alimentos e nutrientes
2. encapsulamento de nutrientes
3. acondicionamento e embalagem de alimentos
4. nanosensores para avaliação de qualidade de alimentos
5. sistemas de detecção de aromas e sabores
6. nanosensores para detectar toxinas e patógenos de plantas
7. aspecto e textura de alimentos

Recursos Hídricos e Meio Ambiente (4)

1. tratamento de água
2. tratamento de esgotos e efluentes industriais
3. recuperação ambiental
4. monitoramento ambiental

Nanotecnologia e Impactos Sociais (6)

1. impactos sociais da nanotecnologia
2. exposição humana a nanopartículas e/ou a outras nanoestruturas
3. entendimento público da nanotecnologia
4. avaliação e gestão de riscos
5. aspectos éticos
6. regulamentação da produção e comercialização de produtos nanotecnológicos

Pesquisa de Longo Prazo (5)

1. modelagem e simulação
2. dispositivos e computação moleculares
3. processos de auto-montagem e de auto-organização
4. computação quântica
5. convergências nano-bio-info-cogno

Foram observadas inúmeras possibilidades de combinação dos resultados, o que evidenciou a necessidade de escolha de um caminho de análise que pudesse produzir uma lista única, consensada e ordenada de tópicos tecnológicos, com capacidade para expressar a opinião dos especialistas participantes da consulta e de indicar tendências de pesquisa e desenvolvimento, para o futuro próximo.

A Comissão técnico-científica decidiu-se por apresentar os resultados a partir de uma análise comparativa entre os tópicos selecionados a partir da lista geral (todos os 307 respondentes) e os tópicos selecionados a partir de uma lista contendo somente a opinião dos 'conhecedores e especialistas'. Cada lista é composta a partir da análise das médias nos três critérios considerados, com medida de corte igual ou maior que o valor de média igual a 2.9, simultaneamente para os três critérios.

1 – uma primeira seleção dos tópicos tecnológicos foi realizada, considerando o conjunto dos 307 respondentes da 2ª. Rodada. Tal seleção gerou uma lista de tópicos para cada critério. Após a redução para médias maiores ou iguais a 2.9, (vide anexo 04) uma análise dos valores obtidos pelos tópicos nos diferentes critérios origina uma primeira lista priorizada de tópicos tecnológicos. (vide quadro 09)

Lista de tópicos tecnológicos em N&N - Médias $\geq 2,9$ - Universo Geral			
Tópicos	Relevância	Oportuni- dade	Competitivi- dade
Acondicionamento e embalagem de alimentos	3.0000	2.9143	2.9714
Armazenamento de energia	3.4848	3.2273	2.9848
Catálise	3.3922	3.1961	2.9314
Células a combustível	3.4595	3.2297	2.9054
DNA e Terapia Gênica	3.4741	3.2069	2.9138
Encapsulamento de Fármacos	3.5798	3.4034	3.2437
Encapsulamento de Nutrientes	3.2000	2.9714	2.9714
Materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica	3.5328	3.3934	3.1311
Materiais nanoestruturados, biocompatíveis	3.5656	3.2049	2.9672
Monitoramento Ambiental	3.4894	3.2766	3.1489
Nanoeletrônica, Materiais e Dispositivos	3.5155	3.1134	2.9278
Nanosensores para avaliação qualidade de alimentos	3.5833	3.4167	3.1667
Nanosensores para detectar toxinas e patógenos de plantas	3.4857	3.2571	3.0571
Produção, armazenamento e conversão de hidrogênio	3.4857	3.3000	2.9714
Recuperação ambiental	3.4468	3.1702	3.0638
Sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular	3.7109	3.4531	3.2031
Tratamento de água	3.4898	3.3265	3.1224
Tratamento de esgotos e efluentes industriais	3.5417	3.3333	2.9792

Quadro 09 - Lista de tópicos tecnológicos em N&N – Todos os critérios Todos os respondentes

2 – de modo similar à etapa anterior, uma segunda seleção de tópicos tecnológicos foi realizada, considerando o nível de conhecimento dos participantes, selecionando apenas os que se declararam ‘conhecedores’ e ‘especialistas’. (vide anexo 05) Após análise das listas resultantes, considerando os valores de média em cada critério, foi organizada uma segunda lista priorizada de tópicos. (vide quadro 10)

Lista de tópicos

Tecnológicos em N&N – Médias $\geq 2,9$ – Universo de Conhecedores + Especialistas

Tópico	Relevância	Oportunidade	Competitividade
armazenamento de energia	3.4722	3.3333	3.0833
baterias	3.3684	3.2368	2.9211
catálise	3.6038	3.3962	3.2075
células a combustível	3.6923	3.4103	3.1795
conversores fotovoltaicos	3.3429	3.2571	3.0000
DNA e terapia gênica	3.4754	3.3279	3.0328
encapsulamento de fármacos	3.5781	3.3438	3.2812
materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica	3.6308	3.5385	3.2769
materiais nanoestruturados, biocompatíveis	3.5385	3.2308	3.0769
membranas nanoestruturadas	3.4681	3.1915	3.0638
modelagem e simulação	3.3958	3.1667	2.9792
monitoramento ambiental	3.7391	3.4783	3.4783
nanoeletrônica, materiais e dispositivos	3.5667	3.1667	2.9500
nanofilmes e interfaces	3.3214	3.2262	2.9643
nanosensores para avaliação de qualidade de alimentos	3.5000	3.3000	3.0000
nanosensores para detectar toxinas e patógenos de plantas	3.4500	3.2500	3.0500
polímeros	3.2237	3.2105	3.0000
processamento de alimentos e nutrientes	3.0000	3.0000	2.9444
produção de nanopartículas	3.4535	3.4302	3.0349
produção, armazenamento e conversão de hidrogênio	3.5128	3.2051	2.9487
recuperação ambiental	3.6957	3.4348	3.3913
sensores baseados em moléculas biológicas	3.4167	3.3194	2.9167
sensores óticos	3.3780	3.3293	3.0366
sensores químicos	3.3902	3.2317	3.0244
sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular	3.7206	3.5588	3.2500
tratamento de água	3.6087	3.3913	3.3043
tratamento de esgotos e efluentes industriais	3.6522	3.3913	3.2174

Quadro 10 – Lista de tópicos tecnológicos em N&N – Todos os critérios Conhecedores e Especialistas

3 - uma terceira análise foi realizada a partir da comparação da lista de tópicos resultante do passo 1, com a lista resultante do passo 2, de forma a se obter um conjunto mais robusto de tópicos prioritários. Esta análise buscou a existência de possíveis divergências e diferenças de

opinião entre estes dois grupos, bem como os níveis de consenso. Considerou-se que os tópicos que se repetiram, nas duas listas, são aqueles, do conjunto do universo consultado, onde há consenso e, uma **lista final** de tópicos tecnológicos é produzida. (vide quadro 11)

Lista final de tópicos tecnológicos em N&N *			
	Valores de Médias (conforme grupos "Geral" e "Conhecedores + Especialistas") ≥ 2,9		
Tópico	Relevância	Oportunidade	Competitividade
armazenamento de energia	3.4722	3.3333	3.0833
	3.4848	3.2273	2.9848
catálise	3.6038	3.3962	3.2075
	3.3922	3.1961	2.9314
células a combustível	3.6923	3.4103	3.1795
	3.4595	3.2297	2.9054
DNA e terapia gênica	3.4754	3.3279	3.0328
	3.4741	3.2069	2.9138
encapsulamento de fármacos	3.5781	3.3438	3.2812
	3.5798	3.4034	3.2437
materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica	3.6308	3.5385	3.2769
	3.5328	3.3934	3.1311
materiais nanoestruturados, biocompatíveis	3.5385	3.2308	3.0769
	3.5656	3.2049	2.9672
monitoramento ambiental	3.7391	3.4783	3.4783
	3.4894	3.2766	3.1489
nanoeletrônica, materiais e dispositivos	3.5667	3.1667	2.9500
	3.5155	3.1134	2.9278
nanosensores para avaliação de qualidade de alimentos	3.5000	3.3000	3.0000
	3.5833	3.4167	3.1667
nanosensores para detectar toxinas e patógenos de plantas	3.4500	3.2500	3.0500
	3.4857	3.2571	3.0571
produção, armazenamento e conversão de hidrogênio	3.5128	3.2051	2.9487
	3.4857	3.3000	2.9714

recuperação ambiental	3.6957	3.4348	3.3913
	3.4468	3.1702	3.0638
sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular	3.7206	3.5588	3.2500
	3.7109	3.4531	3.2031
tratamento de água	3.6087	3.3913	3.3043
	3.4898	3.3265	3.1224
tratamento de esgotos e efluentes industriais	3.6522	3.3913	3.2174
	3.5417	3.3333	2.9792

* lista ordenada em ordem alfabética. Os tópicos não são apresentados em ordem de prioridade. A lista é resultante da comparação entre as listas de tópicos 'geral' e por 'especialista + conhecedor', obtidas após medida de corte = 2,9. São apresentados os dois valores de média obtidos nas duas listas.

Quadro 11 – Tópicos Tecnológicos – Lista Final

Os resultados apresentados neste relatório oferecem uma visão interessante sobre os tópicos tecnológicos. Este relatório buscou ressaltar os tópicos considerados importantes (de consenso) do ponto de vista dos participantes da consulta.

É interessante observar as semelhanças entre os resultados apresentados neste relatório e o estudo veiculado, em abril de 2005, pelo site da BBC News (“Nanotech Promise for Global Poor”) onde se destaca o resultado de um painel realizado com 63 especialistas mundiais que identificaram para o JCB – Canadian Joint Centre for Bioethics, as áreas mais promissoras da Nanotecnologia. São elas: armazenamento, produção e conversão de energia; incremento da produtividade da agricultura; tratamento de água e remediação ambiental; diagnóstico e screening de doenças; sistemas de “entrega de drogas” (drug delivery); processamento e armazenamento de alimentos; poluição do ar e remediação; construção; monitoramento da saúde; e vetores, detecção e controle de pragas.

Em termos de processo, a consulta provou ser bem sucedida em captar visões de um grande número de participantes, principalmente levando em conta o curto prazo para sua realização.

Conclusões

Ressalta-se que as informações obtidas desta consulta podem ser analisadas sob vários formatos e enfoques. Um ponto interessante a considerar são as opiniões apresentadas somente pelos respondentes do universo empresarial. O anexo 06, apresenta as listas de tópicos, conforme os três critérios considerados, para o setor produtivo, ou seja, representando a visão do universo empresarial. O mesmo procedimento pode ser aplicado às diferentes categorias, comparando-as entre si, de modo a se obter uma percepção mais aguçada das opiniões dos diferentes grupos de respondentes.

Além deste enfoque, uma outra maneira de se olhar os tópicos tecnológicos, é conforme sua distribuição pelas áreas temáticas às quais se relacionam. O anexo 07 apresenta os tópicos distribuídos por área temática, e ordenados por suas médias, de acordo com os valores obtidos a partir das escalas de Likert associadas.

Para finalizar, esperamos que o material apresentado neste relatório possa contribuir para auxiliar a tomada de decisão sobre investimentos prioritários em N&N e para um melhor entendimento dos diferentes potenciais da N&N para o Brasil, conforme a visão dos participantes desta consulta.

Comissão NanoDelphi

Cylon Gonçalves da Silva – Coordenador

Secretário de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Eudenilson Lins de Albuquerque – Vice-Coordenador

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Jorge Humberto Nicola – Diretor de Políticas e Programas Temáticos

Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Alfredo de Souza Mendes – Coordenador Geral de Nanotecnologia – Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT

Oswaldo Luiz Alves – Universidade de Campinas - Unicamp

Ivo Alexandre Hümmelgen – Universidade Federal do Paraná – UFPR

José Maciel Rodrigues Júnior – Nanocore Biotecnologia Ltda.

Coordenação Técnica CGEE

Coordenação geral: Marcio de Miranda Santos

Coordenação técnica: Dalci Maria dos Santos

Desenvolvimento de sistemas: Kleber de Barros Alcanfor

Assistente de operação: Lilian Maria Thomé Andrade

Assessoria: Cláudio Chauke Nehme – Universidade Católica de Brasília - UCB

