



Em direção à construção de Indicadores Regionais de Nanociência e Nanotecnologia

Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi¹

Ariadne Chloë Mary Furnival²

Carlos Roberto Massao Hayashi³

Márcia Regina da Silva⁴

Maycke Young de Lima⁵

Resumo

O desenvolvimento da ciência e os avanços do conhecimento científico e tecnológico propiciaram que as estruturas dos materiais fossem exploradas em uma escala mais reduzida que antes e abriram novas possibilidades na manipulação e domínio dos materiais em escala nanométrica. Neste nível a matéria apresenta propriedades particulares e diferentes e as fronteiras estabelecidas entre as disciplinas científicas e técnicas são atenuadas. Decorre daí a dimensão multidisciplinar fortemente associada à nanotecnologia, uma vez que existe uma estreita ligação entre os conhecimentos adquiridos pelas nanociências e suas aplicações imediatas. O artigo aborda a produção de indicadores regionais de nanociência e nanotecnologia com base na realização de pesquisa exploratória que extraiu informações relacionadas às temáticas no Diretório de Grupos de

¹ Doutora em Educação/UFSCar, docente do Departamento de Ciência da Informação e vice-coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Especial/UFSCar. E-mail: dmch@power.ufscar.br

² Doutora em Política Científica e Tecnológica/Unicamp, docente do Departamento de Ciência da Informação/UFSCar. E-mail: chloe@power.ufscar.br

³ Doutorando em Educação/UFSCar, docente do Departamento de Ciência da Informação e Chefe da Unidade Especial de Informação e Memória do Centro de Educação e Ciências Humanas/UFSCar. E-mail: massao@power.ufscar.br

⁴ Doutoranda em Educação/UFSCar, bibliotecária da USP-Ribeirão Preto. E-mail: marciaregina@usp.br

⁵ Graduando em Biblioteconomia e Ciência da Informação/UFSCar, bolsista Fapesp-IC. E-mail: maycke@gmail.com

Pesquisa no Brasil/CNPq e no Portal Inovação/MCT. A pesquisa exigiu prospecção nas áreas da química, biologia, engenharia, física, matemática e nos campos da sociologia, tendo em vista as implicações dos estudos de nanociência e nanotecnologia na sociedade e seus impactos sociais, ambientais, econômicos, éticos, dentre outros. Os resultados obtidos permitiram estabelecer delineamentos preliminares para a construção de indicadores regionais de CT&I nesta área de conhecimento.

Palavras-chave: nanociência; nanotecnologia; indicadores de CT&I; desenvolvimento regional.

In direction to the construction of Regional Indicators of Nanoscience and Nanotechnology

Abstract

The development of science and the advances of the scientific and technological knowledge had propitiated the structures of the materials to be explored in a more reduced scale than ever before, and it had provided new possibilities in the manipulation and domain of the materials in nanometrical scale. In this level the substance presents particular and different properties and the established frontiers between the scientific and technical disciplines are attenuated. Hence the multi-disciplinary dimension strongly associated to the nanotechnology, once there is a narrow linking between the acquired knowledge from the nanosciences and their immediate applications. The article approaches the production of regional indicators of nanoscience and nanotechnology based on an exploratory research in which it was extracted information related to the thematics in the *Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq* and in the *Portal Inovação/MCT*. The research demanded prospection in the areas of chemistry, biology, engineering, physics, mathematics and in the fields of sociology, for viewing the implications of the studies in nanoscience and nanotechnology in the society, as well as their environmental, economical, ethical and other impacts. The results allowed to establish preliminary delineations for the construction of regional indicators of ST&I in this area of knowledge.

Keywords: nanoscience; nanotechnology; ST&I indicators; regional development.

Introdução

No binômio I+D (inovação e desenvolvimento) a nanotecnologia - a ciência do muito pequeno e campo puramente científico, até há pouco tempo restrito às áreas da Física e da Química, e a alguns centros de pesquisa - representava apenas a letra I, ou seja, a inovação. Pouco a pouco, tornou-se uma promessa econômica e neste “nano-bonde” da ciência todos querem garantir o seu lugar: governos, investidores de capital de risco e grandes empresas orientadas para a tecnologia, além é claro, dos cientistas. Todos estão interessados em acrescentar a letra D no binômio I+D, aproximando-se o momento em que a nanotecnologia seja uma realidade palpável cotidiana.

O tema se reveste de grande importância em várias áreas do conhecimento, e com muito mais vigor na ciência e engenharia dos materiais, que se relacionam com áreas distintas como a metalurgia e a eletrônica, os polímeros e a energia nuclear, os materiais estruturais e supercondutores, os bio-materiais.

Muitos países da Europa, América do Norte, Ásia e América Latina têm elaborado planos nacionais com a finalidade de desenvolver amplamente as áreas de nanociência e nanotecnologia. Nos dias atuais é incontestável o fato de que as nações dificilmente poderão avançar em termos de desenvolvimento tecnológico sem o cultivo da nanotecnologia. No plano mundial, especialmente em países desenvolvidos como Estados Unidos, Japão, Alemanha e França, recursos elevadíssimos são investidos para desenvolver pesquisa em nanotecnologia, especialmente para as tecnologias de informação e os novos materiais. Ao mesmo tempo, grandes esforços econômicos de longo prazo estão sendo realizados para estudar e utilizar as propriedades dos materiais e sistemas nanoestruturados, bem como sobre as aplicações da nanotecnologia na informática, microeletrônica, comunicações, logística militar, saúde humana e animal, meio-ambiente. Tais desenvolvimentos geram, sem dúvida, implicações nos comportamentos econômicos e sociais em escala mundial. Esta confluência de saberes, com novos conhecimentos que geram inovação e inauguram setores de aplicação, notadamente no campo da nanociência e da nanotecnologia (N&N) é fruto da inter/multi/transdisciplinaridade entre as áreas, característica principal da nanociência e nanotecnologia (N&N).

Como refere Viotti (2003), ciência, tecnologia e inovação (CT&I) são elementos-chave para o crescimento, a competitividade e o desenvolvimento de empresas, indústrias, regiões e países. Sendo assim, o desafio atual que se coloca para as nações, estados e regiões frente às inovações científicas e tecnológicas – a nanociência e a nanotecnologia enfocadas neste artigo - é estabelecer seus sistemas nacionais e regionais de inovação de forma a estimular as competências desta nova área.

Para tanto, na visão de Viotti (2003) é necessário compreender e monitorar os processos de produção, difusão e uso destes conhecimentos científicos, tecnologias e inovações, assim como dos fatores que os influenciam e de suas conseqüências e a existência de competentes sistemas de indicadores de CT&I é uma ferramenta essencial para que tal tarefa seja executada.

Estas reflexões preliminares dão conta do escopo deste artigo que procura apresentar os resultados de uma pesquisa exploratória e de levantamento que foi realizada na base de dados do Diretório de Grupos de Pesquisas no Brasil/CNP e no Portal Inovação/MCT e se propôs a elaborar alguns indicadores gerais sobre N&N no país. Além disto, destaca a importância de se avançar na produção destes instrumentos de medição da ciência, tecnologia e inovação de forma a melhor compreender as especificidades e os processos de desenvolvimento econômico, tecnológico e social na esfera regional e propõe a elaboração de indicadores regionais de N&N.

O artigo está estruturado em quatro partes além desta introdução. Na primeira, enfocamos a área de N&N, por meio de um breve histórico, aqui denominado “nano” história. Em seguida, focalizamos os estudos prospectivos realizados na área N&N no país que fundamentaram, do ponto de vista teórico, a elaboração da pesquisa. Na quarta parte apresentamos indicadores de N&N, os quais podem servir de subsídios para elaboração dos indicadores regionais de N&N. Finalmente, na última parte, tecemos considerações sobre a importância e necessidade de produção de mais e melhores indicadores regionais de nanociência e nanotecnologia.

Uma “nano” história da nanotecnologia e nanociência

A história da nanotecnologia começa com uma conferência proferida em 1959 por Richard P. Feynman, intitulada *There's plenty of room at the bottom*, em que o físico fala da crescente necessidade de espaço e estimula pesquisas na redução do tamanho dos objetos, questionando a possibilidade de, futuramente, ser utilizada a

manipulação de átomos para alcançar tal redução. Na época, esta foi apenas uma especulação, porém o que antes era sonho, hoje já é realidade. Desde então, o desafio lançado por Feynman à comunidade científica, de ir ao coração da matéria para transformá-la, molécula por molécula, foi aceito pelos nanocientistas que confirmaram, de fato, que “há espaço de sobra lá embaixo”.

A nanotecnologia tem por objetivo criar novos materiais e desenvolver novos produtos e processos baseados na crescente capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas (SILVA, 2002). No entanto, o termo “nanotecnologia” não foi usado até 1974 quando Norio Taniguchi, pesquisador da Universidade de Tóquio, utilizou-o para se referir à habilidade de projetar materiais em escala nanométrica. Usado na ciência para designar um bilionésimo, o prefixo *nano* compõe os neologismos nanociência e nanotecnologia (N&N) para os quais a definição básica consiste em que ambos lidam com ciência e tecnologia numa escala entre cerca de 1 e 100 nanômetros, sendo que a importância de tal abordagem está no fato de que os materiais exibem, nesta dimensão, propriedades diferentes das normais, deixando de obedecer a leis convencionais da física. Ela pode também tratar de estruturas maiores com as propriedades desejadas, atuando no início da estrutura hierárquica dos materiais. Para melhor compreender o conceito de uma estrutura hierárquica, observemos, por exemplo, a grama do jardim: átomos; moléculas; membranas; organelas celulares (núcleo, vacúolo, etc.); células da planta; folha individual de grama; campo. A nanotecnologia atua nos primeiros níveis (átomos e moléculas) e considerando que os últimos níveis são formados pelos seus antecessores (células são formadas por organelas, organelas por membranas, e assim por diante) e, de certa forma, herdam suas características, podemos conceber que a atuação nos primeiros níveis da estrutura hierárquica pode gerar folhas de grama ou campos com propriedades diferentes do normal (NANOPEIDIA, 2006).

De acordo com definições da *Royal Society & Royal Academy of Engeneering* (2004), *nanociência* é o estudo dos fenômenos e da manipulação de materiais em nível atômico, molecular e macromolecular, onde as propriedades diferem significativamente daquelas em menor escala. Por sua vez, a *nanotecnologia* diz respeito ao projeto, caracterização, produção e aplicação de estruturas, artefatos e sistemas pelo controle de sua forma e tamanho em escala nano.

Ao traçar uma breve cronologia da nanotecnologia, Alves (2004a) também destaca outros acontecimentos importantes: a criação do microscópio eletrônico de tunelamento de átomos individuais, em 1981; a descoberta dos fulerenos, em 1985; a publicação do livro de Eric Drexler, *Engines of Creation*, o primeiro passo na popularização da nanotecnologia.

Chaves (2002) assinala que a nanociência e a nanotecnologia, têm por meta dominar parte, pequena que seja, do virtuosismo da natureza na organização da matéria átomo por átomo, molécula por molécula. Assim,

(...) a nanociência e a nanotecnologia visam, respectivamente, a compreensão e o controle da matéria na escala nanométrica ou, de forma mais abrangente, desde a escala do átomo até cerca de 100 nanômetros, que coincidentemente é a escala típica de um vírus. Apesar desses desenvolvimentos ainda estarem no seu início, em uma fase exploratória, as possibilidades já parecem quase sem limites e a nanotecnologia promete ser uma grande revolução tecnológica. (CHAVES, 2002)

As nanotecnologias podem ser vistas como genuinamente interdisciplinares posto que abrangem várias as disciplinas científicas, da física à química e à biologia, passando pela engenharia e medicina. As áreas de aplicação da N&N referem-se às indústrias automobilística e aeronáutica, eletrônica e de comunicação, química e de materiais, farmacêutica, biotecnológica e biomédica, bem como pelos setores de fabricação, energético, meio-ambiente e defesa. No que se refere aos materiais que estão no cerne de quase todas as pesquisas da área N&N podem ser citados: polímeros, nanocápsulas, nanopartículas catalíticas, nanotubos de carbono, monocamadas auto-montadas, coberturas nanoparticuladas, nanocompósitos e têxteis; poços quânticos (MCT, Nanotecnologia, 2006).

Silva (2004) menciona que estudo prospectivo recente realizado no Canadá identificou como as cinco áreas mais promissoras de aplicação da nanotecnologia em países em desenvolvimento, como sendo: a) armazenamento, produção e conservação de energia; b) aumento da produtividade da agricultura; c) tratamento e remediação da água; d) diagnóstico e prevenção de doenças; e) sistemas de direcionamento de medicamentos.

Segundo Hoffmann, Faria e Gregolin (2004, p.3) a nanotecnologia no Brasil torna-se cada vez mais importante, pela alta

tecnologia envolvida, pelo surgimento de possíveis novos empreendimentos de base tecnológica, e pela inserção brasileira em pesquisas com visualização mundial.

Em 2000, o governo dos Estados Unidos lançou a *National Nanotechnology Initiative*, iniciativa de nanotecnologia nacional, investindo a considerável quantia de \$422 milhões na pesquisa na área, mostrando, dessa forma, seu reconhecimento da importância estratégica da nanotecnologia para o país. Neste ponto, a nanotecnologia começa a fazer parte do vocabulário público em grande escala (DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2006; HICKEY, LI, MUCHE, 2006).

Em Taiwan, estabelece-se em 2002 o Centro de Pesquisa em Nanotecnologia no *Industrial Technology Research Institute* (ITRI, 2003). Ainda neste ano criou-se a *International Association of Nanotechnology* (IANT), uma organização sem fins lucrativos que objetiva estimular a pesquisa científica e o desenvolvimento das áreas de nanociência e nanotecnologia, que tem promovido eventos internacionais para discutir temas relacionados às descobertas científicas na área; tecnologias avançadas; educação e treinamento; padrões internacionais; ambiente e sociedade; nanotoxicologia e segurança; iniciativas internacionais; aplicações comerciais e investimento de risco.

No Brasil, as pesquisas em nanociência e nanotecnologia são apoiadas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em conjunto com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) desde a década de 1990.

Em 2001 foi lançado o programa *Institutos do Milênio* pelo MCT/CNPq, com investimentos da ordem de R\$22,5 milhões; e dos quinze institutos aprovados, quatro desenvolviam pesquisas na área de nanotecnologia. No mesmo ano, o MCT/CNPq lançou um edital para criação de redes cooperativas em nanotecnologia, resultando em quatro redes criadas, com investimento total de R\$22,5 milhões, conforme mostra a Tabela 1.

Segundo consta do relatório elaborado pelo MCT sobre os investimentos, resultados e demandas na área de nanotecnologia (MCT, 2006), entre 2002 e 2005 as redes de nanotecnologia fomentadas pelo governo envolveram 300 pesquisadores, 77 instituições de ensino e pesquisa, 13 empresas, além de publicar mais de 1000 artigos científicos e depositar mais de 90 patentes.

O relatório aponta ainda que em 2004, a implementação das ações do Programa “Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia”, no âmbito do PPA 2004 – 2007, focadas na geração de patentes, produtos e processos na área, “assegurou o apoio à pesquisa básica, à pesquisa entre ICT’s e empresas, fortaleceu as redes existentes e a infra-estrutura laboratorial.” Em meados de 2005, o Brasil já contava com cerca de 120 patentes em nanotecnologia (JC, 2005).

Tabela 1: Investimentos do MCT/CNPq na área de nanotecnologia (Institutos do Milênio)

Institutos do Milênio	Instituições	Recursos (R\$milhão)
Nanociência	UFMG, CETEC/MG, UFJF, UFRJ, UERG, LNLS, FUNREI/MG, IPT/SE, UFBA, PUC-RIO, CNEN, CBPF, UFV	6,2
Nanomateriais complexos	UNICAMP, UFRJ, USP, UFPE	5,8
Materiais Poliméricos	USP, UFRN, UFPR, UFPI, UNICAMP, UFSCar, COPEL/PR, UFMT	5,4
Rede de Pesquisa em Sistemas em Chips, Microsistemas e Nanoeletrônica	UNICAMP, UFRGS, UFRJ, USP, UFPE, UnB, UFSC	5,1
Total		22,5

Fonte: Vieira (2005).

Em 2005, segundo dados do Relatório Nanotecnologia (MCT, 2006) o Programa de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia foi fortalecido com o lançamento da Política Industrial, Tecnológica e do Comércio Exterior e com a criação da Ação Transversal de Nanotecnologia dos Fundos Setoriais. Passa a apresentar um novo patamar de investimentos. Ao mesmo tempo é lançado o Programa Nacional de Nanotecnologia, onde ações, apoiadas pelos Fundos Setoriais se juntam às Ações orçamentárias do PPA.

O Relatório Nanotecnologia (MCT, 2006) também informa que os investimentos em 2005 até o 1º semestre de 2006 ultrapassam a casa dos R\$70 milhões e destaca nesse período “a criação de 10 novas redes de pesquisa, o fortalecimento do LNLS, INMETRO, CBPF, Embrapa Instrumentação e CETENE, o apoio a mais de 28 projetos compreendendo a pesquisa básica e a pesquisa entre ICT’s e empresas”. No campo da cooperação internacional “foram implementadas missões exploratórias à África do Sul, Austrália, Japão, Reino Unido e foi criado o Centro Brasileiro Argentino de Nanotecnologia” (MCT, 2006).

Estabelecido este breve panorama histórico da área N&N e sua configuração no país vejamos como se configuram os estudos prospectivos realizados no Brasil sobre o tema.

Estudos prospectivos em nanotecnologia e nanociência no Brasil

No Brasil, desde a sua criação em 2001, o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) representa importante papel na promoção e realização de estudos e pesquisas prospectivas de alto nível na área de ciência e tecnologia e suas relações com os setores produtivos. Segundo Melo (2006) o enfoque metodológico⁶ que orienta as ações de prospecção do CGEE é baseado nas propostas de Horton (1999), Conway e Voros (2002), Godet (1991, 2000) e nas orientações do *Handbook of the Knowledge Society Foresight* (MILES, KEENAN & KAIVO-OJA, 2002)⁷.

Melo (2006) destaca que frente ao cenário de explosão do conhecimento aliado aos desafios da inovação, há uma compreensão crescente sobre a centralidade da gestão do conhecimento na promoção do desenvolvimento econômico e social. Para a autora, os processos de decisão devem ser baseados em informação estratégica de qualidade, analisada e tratada de acordo com as necessidades. Deste ponto de vista, a importância da prospecção do conhecimento se justifica pela contribuição para o desenvolvimento de uma cultura de

⁶ Sobre as diversas escolas no campo de estudos de futuro (*technological foresight*, que representa o *mainstream*; a *prospective* francesa, o *foresight* inglês e os *roadmaps* corporativos) e os métodos de *technological foresight* e técnicas *forecasting*, veja o já citado estudo de Zackiewicz (2003) e também os de Canongia, Santos e Zackiewicz (2004); Cruz e Tigre (2004) e Barros (2003).

⁷ No site do MCT é possível consultar os documentos que resultaram das atividades de prospecção em nanotecnologia realizadas pelo CGEE (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/31903.html>).

pensamento estratégico e de mais longo prazo entre os tomadores de decisão.

Zackiewicz (2003) resgata as origens das atividades de avaliação e prospecção em C&T e procura mostrar como novos conceitos estão provocando uma singular convergência entre esses dois campos. Para este autor, o “entendimento de suas trajetórias e mudanças conceituais é subsídio fundamental para compreender o contexto atual e as implicações que decorrem para a noção de planejamento em atividades de C&T”.

No que se refere aos estudos prospectivos na área de nanociência e nanotecnologia no Brasil alguns trabalhos se destacam, como os de Galembeck e Rippel (2004); Hoffmann, Faria e Gregolin (2004), Borschiver et al (2005); Alves (2004b e 2005); Silva (2005); Hayashi (2004); Unicamp (2005); Pina et al (2006), como pode ser visto na breve revisão de literatura a seguir.

Os estudos de prospecção tecnológica na área N&N realizados por Galembeck e Rippel (2004) foram contratados pelo CGEE e descreve as estratégias adotadas em diferentes programas institucionais existentes no mundo para a promoção da inovação tecnológica baseada em nanotecnologias e análise dos investimentos realizados no setor privado neste contexto.

Hoffmann, Faria e Gregolin (2004) realizaram estudo de natureza exploratória na base de dados SCIE (*Science Citation Index Expanded*), visando traçar um panorama das nanotecnologias no Brasil. Com o recurso da análise bibliométrica identificaram as principais instituições e temas de pesquisa. Os resultados obtidos mostraram que a produção científica brasileira na área de nanotecnologia começa a crescer a partir de 1998 e em 2003 alcança um patamar oito vezes maior. Como principais estados atuantes na área a pesquisa identificou: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. Em termos de instituições, a pesquisa verificou que as que mais contribuíram para a produção científica em nanotecnologia foram as universidades, com 88,9% do total da produção encontrada. E, entre as instituições, as que tiveram maior número de publicações foram a USP, a UNICAMP e a UFMG, sendo que no ano de 2003, USP e UFSCar tiveram o maior número de produções científicas na área. Os temas que possuem maior número de publicações foram: nanopartícula, nanotubo, nanocristal, nanoestrutura e nanocompósitos.

Borschiver et al (2005) realizaram um estudo de tendências tecnológicas em nanotecnologia aplicada ao setor de materiais poliméricos com base em informações extraídas de documentos de

patentes. O banco de patentes do *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) foi utilizado como fonte de dados e proporcionou o mapeamento dos principais países depositantes, tipo de depositante e ano de publicação, setores de aplicação, tipos de polímeros utilizados e principais aditivos de cargas incorporados às matrizes poliméricas.

No ano de 2004 a revista *Parcerias Estratégicas*, publicada pelo MCT/CGEE, dedicou o volume 18 à temática nanociência e nanotecnologia (N&N). Além de apresentar a íntegra do documento preliminar para discussão com a comunidade científica do Brasil, elaborado pelo MCT/CNPq, que visava obter subsídios para criação de um programa de apoio na área N&N no país e a estratégia de criação dos centros e redes de excelência, em 2001. Além disto, são apresentados artigos em que os autores discutem os principais aspectos relacionados ao tema, entre eles: caracterização e histórico da área; os desafios da N&N para o desenvolvimento industrial e as políticas de C&T no Brasil; os fatos, as oportunidades e as estratégias relacionados aos nanocompósitos poliméricos e nanofármacos; as parcerias estratégicas na área; as aplicações biomédicas; a abordagem metodológica do CGEE para a atividade de prospecção em ciência, tecnologia e inovação e finalmente, a ética e o humanismo na tecnologia. A edição da revista é completada uma resenha e com dois artigos relacionados à memória N&N: a íntegra da conferência *Há mais espaços lá embaixo*, de Feynman (1959) e reflexões históricas sobre o planejamento no Brasil.

Os estudos de Alves (2004b e 2005), também elaborados para o CGEE, apresentam os resultados de mapeamento da competência científica nacional em nanociência e nanotecnologia, abrangendo o período de 1994-2004. Baseado em análises bibliométricas as fontes de dados do estudo foram as bases de dados da Web of Science, de bolsistas produtividade em pesquisa e do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil, do CNPq. Além disto, os dados foram complementados através de uma consulta eletrônica a 271 pesquisadores identificados com a temática N&N e os resultados obtidos forneceram uma panorâmica da atividade de N&N no Brasil, com a identificação de temáticas, instituições, pesquisadores, recursos humanos e setores industriais envolvidos.

As competências nacionais em N&N identificadas por Alves (2005) estão concentradas nos seguintes temas: nanoestruturas, nanopartículas, nanocompósitos, nanomateriais, quantum-dots, nanotubos e nanobiotecnologia. A pesquisa também revelou que cerca de 70% dos pesquisadores que atuam na área não são bolsistas de

pesquisa do CNPq. Entre as instituições que se destacam na área N&N encontram-se a USP, a Unicamp, a UFSCar, a UFRJ, UFM, UFPE, UFC, UnB, UFRS e o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron.

Por sua vez, Silva (2005) coordenou a Comissão NanoDelphi do CGEE que se incumbiu de realizar uma consulta *Delphi* em N&N para identificar tópicos tecnológicos, de acordo com os critérios de relevância, competitividade e oportunidade, visando à priorização de investimentos em ciência, tecnologia e inovação (CT&I) nesta área no Brasil. Os tópicos identificados foram: 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 universidades também têm realizado estudos de levantamento da temática N&N. Dois estudos de levantamento podem ser citados no âmbito de Pró-Reitorias de Pesquisa e Pós-Graduação: o da UFSCar (Hayashi, 2004) e o da Unicamp (2005).

O estudo de Hayashi (2004) foi realizado na então base corrente do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq, utilizando como estratégia de busca a palavra-chave nanotecnologia. Os resultados apontaram que havia na UFSCar 17 grupos de pesquisa que atuavam na área de nanotecnologia, distribuídos em duas áreas de conhecimento: Engenharias (7 grupos na área de Engenharia de Materiais) e Ciências Exatas (10 grupos, sendo 3 em Química e 7 em Física). Estes grupos desenvolviam 23 linhas de pesquisa e mobilizavam 77 pesquisadores, 124 estudantes e 20 técnicos.

A classificação das pesquisas realizadas por estes grupos, de acordo com os setores de atividade, indicou que o relacionamento se dava nas áreas de: aeronáutica e espaço; atividades no campo das nanotecnologias e desenvolvimento de nanoprodutos; desenvolvimento de novos materiais; fabricação de aparelhos e equipamentos de telecomunicação; fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; fabricação de material eletrônico e de aparelhos e equipamentos de comunicação; fabricação de produtos cerâmicos; indústria eletro-eletrônica; indústria metal-mecânica; produtos e

serviços voltados para a defesa e proteção do meio-ambiente, incluindo o desenvolvimento sustentado.

Verificou-se, também, que um grupo de pesquisa mantinha relação com empresa e as relações predominantes diziam respeito à pesquisa científica com condições de uso imediato dos resultados; transferência de tecnologia desenvolvida pelo grupo para o parceiro e transferência de tecnologia desenvolvida pelo parceiro para o grupo. Em termos de remuneração esta associação do grupo com a empresa possibilitou: transferência de recursos financeiros do parceiro para o grupo; fornecimento de bolsas para o grupo pelo parceiro e transferência de insumos materiais para as atividades de pesquisa do grupo.

A Unicamp (2005), por meio da Pró-Reitoria de Pesquisa realizou um levantamento da temática na instituição e identificou: 72 teses e 31 dissertações defendidas no período 1992-2004; os financiamentos de pesquisa no período 1997-2006; as 43 patentes *nano* na Unicamp; as 447 publicações em *nano* na Web of Science (1991-2004), destacando os 10 trabalhos mais citados; os periódicos mais utilizados pelos pesquisadores da área “nano” e os seus respectivos fatores de impacto no ISI.

Pina et al (2006) com base em um levantamento do estado da arte em nanotecnologia e nanobiotecnologia e procuraram traçar um panorama atual da área e identificar futuras possibilidades de utilização desta tecnologia. Assim como foi realizado em trabalhos correlatos, estes autores também utilizaram dados das bases *Web of Science* e da *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e estenderam a pesquisa ao levantamento de investimentos de capital de risco que vêm sendo feitos em nanobiotecnologia e em outras nanotecnologias. Os achados da pesquisa apontaram que o número de artigos a respeito do tema na Web of Science e o número de patentes depositadas na USPTO vêm aumentando a partir do final da década de 1980. Quanto aos investimentos realizados a pesquisa concluiu que o aporte global de recursos governamentais aplicados em nanotecnologia também cresceu exponencialmente e que, em se tratando de capital de risco privado investido nessa área, a maior parcela dos investimentos vem sendo feita em nanobiotecnologia. Em termos de investimentos, a posição do Brasil ainda é pouco representativa, se comparada aos países centrais EUA e União Européia.

Last but not least, é importante mencionar que o avanço do conhecimento N&N e a sua apropriação pelo setor produtivo, em uma perspectiva fundada no campo das Ciências Humanas - notadamente

das Ciências Sociais - têm sido postos e discutidos de maneira sistemática, desde 2004, pela *Renanosoma* – Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio-Ambiente. Os dois eventos científicos internacionais por ela organizados (*Seminanosoma*)⁸ trouxeram à luz importantes reflexões realizadas por pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento, que abordaram as relações da nanotecnologia e da inovação com a economia, o meio-ambiente, a agricultura, e a regulação das novas tecnologias, bem como sobre os objetos e produtos da N&N e seus impactos na sociedade. Assim, os estudos apresentados nestes eventos podem contribuir para a elaboração de indicadores qualitativos da atividade em N&N no país, pois como refere Martins (2004):

(...) a nanotecnologia existe neste contexto de desenvolvimento concomitante de outras tecnologias que estão se influenciando mutuamente, levando a construção de áreas de intersecção de conhecimentos e de aplicação que potencializam o já elevado potencial de transformação que cada tecnologia em si já nos mostra. Se faz necessário ressaltar este impacto coletivo no campo social, político e ambiental a que a sociedade que vivemos está sofrendo e que a nanotecnologia é parte integrante. (MARTINS, 2004)

Além disto, este autor assinala que os gestores de C&T ligados a esta área do conhecimento e os pesquisadores envolvidos na produção de N&N são oriundos apenas das ciências exatas e biológicas. Reclama ainda que os documentos produzidos por estes profissionais “apontam apenas para a produção científica e sua relação com as possíveis aplicações industriais”, mas não contêm nenhuma referência, “preocupações relativas às inter-relações entre nanotecnologia, sociedade e meio ambiente”, sendo que é “na sociedade e no meio ambiente que irão se materializar os impactos da adoção desta tecnologia”. Deste ponto de vista, os impactos da N&N deverão ser estudados com base nos fundamentos das ciências humanas. Rattner (2005a) ao concordar com esta visão assinala:

Para estudar e compreender os fenômenos complexos da vida humana e da natureza é necessário elaborar um modelo conceitual e

⁸ *Seminanosoma* é o acrônimo dos I e II Seminários Internacionais em Nanotecnologia, Sociedade e Meio-Ambiente realizados em 2004 e 2005, respectivamente. Os anais dos eventos foram organizados por Martins (2005 e 2006).

metodológico que contemple e destaque as interações entre variáveis derivadas de diferentes áreas do conhecimento. Este referencial teórico deve permitir a articulação e integração de diferentes áreas de conhecimento para levar também a práticas convergentes. (RATTNER, 2005a)

Este autor também enfatiza a importância de avaliação dos impactos da N&N e propõe “a formação de redes de organizações da sociedade para monitorar e avaliar os rumos de desenvolvimento da nanotecnologia”, indispensável para “proteger, sobretudo, os menos preparados e informados, diante das incertezas e riscos associados ao desenvolvimento da nanotecnologia.” Isto seria possível, segundo o autor, “mapeando os potenciais benefícios e impactos”. Com isto, as “intervenções orientadoras e reguladoras do poder público tornarão todos os processos de inovação mais racionais, transparentes e democráticos”.

Rattner (2005b) também chama atenção para diversos aspectos relacionados à N&N, entre os quais se destacam a necessidade de monitoramento, apropriação e propriedade e controle social da tecnologia, que devem ser realizadas com base em decisões sobre a alocação de recursos para P&D e a avaliação de projetos e seu monitoramento. O autor argumenta que “a nanotecnologia e suas múltiplas aplicações não são revolucionárias em si. Somente na medida em que forem acompanhadas por mudanças nas relações sociais e culturais poderá a sociedade, como um todo, beneficiar-se das inovações”. E finaliza:

Inovações tecnológicas devem ser não somente tecnicamente possíveis, mas também ambiental e biologicamente seguras, economicamente vantajosas, socialmente benéficas e eticamente aceitáveis. Tudo isso legalmente regulamentado. (RATTNER, 2005b)

Contribuições para a construção de indicadores N&N

No sentido de contribuir com a produção de indicadores de N&N foi realizada uma pesquisa exploratória nas bases de dados do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq⁹, considerando os censos de 2004, 2002 e 2000 e a Base Corrente.

⁹ O Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq é um inventário dos grupos de pesquisa em atividade no país e cadastra grupos de pesquisa desde 1992. Até a presente data realizou censos nos anos de 1993, 1995, 1997, 2000, 2002 e 2004. As informações

Também foi consultado o Portal Inovação¹⁰, iniciativa do Ministério da Ciência e Tecnologia, do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e do Instituto Stela, disponibilizado na internet, que oferece um conjunto de indicadores e permite a realização de buscas por competências e oportunidades de cooperação técnico-científica em diversas áreas de conhecimento.

A potencialidade e o uso destes sistemas de informação em ciência, tecnologia e inovação têm sido exploradas por diversas áreas de conhecimento para realizar estudos sobre tendências de pesquisa, estados do conhecimento, avaliação da produção científica e produção de indicadores de CT&I, conforme relatam Hayashi, Hayashi e Silva (2005) e Ferraz, Hayashi e Hayashi (2006).

Como parte da estratégia metodológica da pesquisa utilizou-se as palavras-chaves *nanociência* e *nanotecnologia* para a busca de informações no Portal Inovação e na base corrente e censitárias de 2000, 2002 e 2004 do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq.

No Portal Inovação foi realizada busca por especialistas e grupos de pesquisa. No Diretório, os campos selecionados para busca orientada na base corrente foram os seguintes: nome do grupo; título da linha e palavras-chave da linha e na base dos censos os campos selecionados foram nome do grupo; nome da linha de pesquisa; palavra-chave da linha de pesquisa e repercussões do grupo.

Os resultados obtidos da consulta ao Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq e no Portal Inovação permitiram delinear o perfil dos grupos de pesquisa em N&N no país e produzir indicadores de N&N relativos a número de grupos atuantes; ano de criação dos grupos; recursos humanos envolvidos; áreas de conhecimento; linhas de pesquisa desenvolvidas; vinculação institucional; região; temáticas abordadas (palavras-chave) e setores de atividade envolvidos.

Perfil dos grupos de pesquisa e recursos humanos envolvidos em pesquisa N&N

No Portal Inovação foram encontrados 75 grupos em Nanociência e 384 grupos em Nanotecnologia, totalizando 459 grupos de pesquisa.

sobre os censos podem ser encontradas no site da Plataforma Lattes. A consulta foi realizada no mês de agosto/2006.

¹⁰ O endereço do Portal Inovação é: <http://www.portalinovacao.info/ISPublish/inovacao/portal/>. A consulta foi realizada no mês de agosto de 2006.

Por sua vez, os resultados das bases censitária e corrente do Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq apontaram a existência de 106 grupos de pesquisa envolvidos com a temática N&N. Esta diferença entre os resultados obtidos no Portal e no Diretório é devida aos diferentes critérios de indexação adotados por estes sistemas de informação¹¹.

Com relação aos achados nas bases censitária e corrente do Diretório, os dados revelaram um importante crescimento do número de grupos. Verificou-se que o Censo 2000 cadastrou apenas um grupo, enquanto que o Censo 2002, 15 grupos; o Censo 2004, 44 grupos. Na Base Corrente foram encontrados 46 grupos cadastrados.

O crescimento no número de grupos ocorre a partir de 2002, o que coincide com o incremento políticas governamentais de fomento à área de nanotecnologia, tais como o programa Institutos do Milênio, em 2001 e os editais dos Fundos Setoriais¹², a partir de 2003. A implementação dos Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, criados no âmbito do MCT, alocados no FNDCT e operados pela Finep parece que

(...) deram novo fôlego à promoção da pesquisa e desenvolvimento no país, com o florescimento de uma nova geração de projetos de pesquisa, e vêm sendo ainda, responsáveis pela modernização e adequação da infra-estrutura de C&T, particularmente com a utilização dos recursos do CT-Infra. (NEVES e LEMOS, 2005)

Uma simples consulta aos investimentos governamentais anuais em N&N, conforme Tabela 2, parecem confirmar estas análises.

¹¹ No Portal Inovação, tanto o grupo de pesquisa quanto o especialista é indexado pela frequência de palavras-chave com base em um conjunto de ferramentas e tecnologias da informação. Já no Diretório, as palavras-chaves são cadastradas pelos líderes quando do cadastramento do grupo.

¹² De acordo com Neves e Lemos (2005) são 16 Fundos Setoriais: CT-Petro (Petróleo e Gás); CT-Energia (Energia); CT-Hidro (Recursos Hídricos); CT-Transporte (Transportes); CT-Mineral (Recursos Minerais); CT-Espacial (Atividades Espaciais); Funttel (Telecomunicações); CT-Info (Informática); Fundo Verde-Amarelo (Cooperação Universidade-Indústria); CT-Infra (Infra-estrutura); CT-Agro (Agronegócios); CT-Biotec (Biotecnologia); CT-Saúde (Saúde); CT-Aeronáutico (Setor Aeronáutico); CT-Amazônia (Desenvolvimento de Atividades de P&D na Região Amazônica); e CT-Aquaviário (Transporte Aquaviário e Construção Naval).

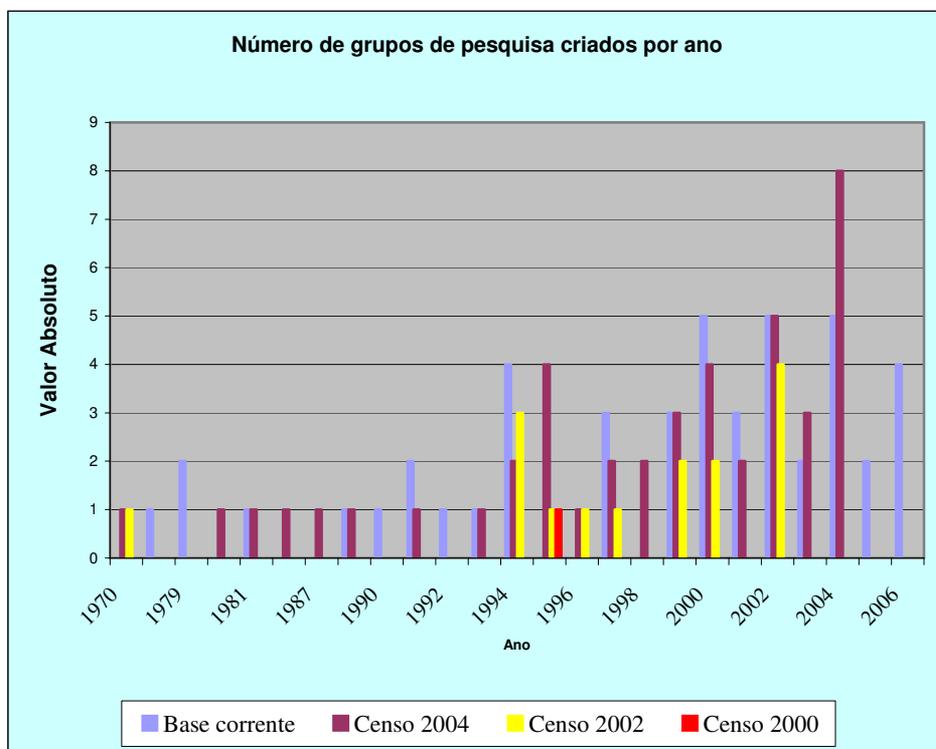
Tabela 2: Resumo dos investimentos em nanotecnologia no período de 2001 a 2006

Ano	Recursos (R\$)
2001	25.468.471,25
2003	11.652.097,00
2004 ¹	17.515.128,45
2005 ²	80.057.406,88
2006 ³	5.200.000,00
TOTAL	139.893.103,58

Fonte: MCT. Relatório (2006, p.12) – (1) esperando valores do Edital RAHE/Inovação 021/2004; (2) esperando valores dos Laboratórios Nacionais e (3) exercício atual.

A Figura 1 mostra que com relação ao ano de criação, os grupos de pesquisa N&N foram criados no período 1970-2006. É importante frisar que o Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq foi iniciado no CNPq em 1992 e desde então foi realizado o cadastramento dos grupos numa frequência quase sempre bianual. Isto não significa que antes do primeiro censo do Diretório, realizado em 1992, não houvesse grupos de pesquisa em N&N no país, mas sim que a atuação nesta área ainda era embrionária, ou mesmo que muitos destes grupos hoje atuantes na área de N&N, na época de sua criação estavam envolvidos com pesquisas em outras áreas. Mesmo porque, como vimos na “nano” história da nanotecnologia, o desenvolvimento da N&N no mundo e no país somente se intensifica no final dos anos 1990 e início dos anos 2000.

Também se verificou, de acordo com a Figura 1, que para cada base do Diretório consultada, o maior número de grupos criados data do último ano de coleta para o fechamento da base. Uma exceção é para o Censo 2000, em que havia apenas um grupo cadastrado no Diretório. Assim, por exemplo, no Censo 2002 o ano com maior número de grupos criados é 2002, e o mesmo acontece no Censo 2004. Os números indicam que a base corrente, cujo fechamento bienal está previsto para este ano, também tende a seguir o mesmo modelo dos censos anteriores. Tal constatação indica o aumento da criação de grupos de pesquisa, em âmbito nacional, na área de nanotecnologia e nanociência ao longo dos anos.

Figura 1: Número de grupos de pesquisa criados por ano

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

Ademais, podemos observar na Figura 1 que o ano de 2004 foi aquele em que mais grupos foram criados, coincidindo, de acordo com os dados da Tabela 1, com o ano em que os maiores recursos do MCT foram aplicados nesta área (R\$ 80.057.406,88). Com relação aos grupos criados no ano de 2006 é importante assinalar que estes dados referem-se à base corrente e uma comparação com os censos anteriores somente será possível após o fechamento da base.

Os resultados do Diretório apontaram que a área N&N mobiliza 1.609 pessoas entre pesquisadores, estudantes e técnicos, no período compreendido entre os censos 2000 e a base corrente.

Deste total, 729 são pesquisadores, 722 estudantes (de graduação e pós-graduação) e 158 técnicos. A distribuição destes pode ser conferida na Tabela 3:

Tabela 3: Recursos humanos envolvidos na área N&N nos censos e base corrente

Pessoal	2000	2002	2004	Base Corrente	Total
Pesquisadores	5	76	321	327	729
Estudantes	1	83	328	310	722
Técnicos	0	16	73	69	158
Total	6	175	722	706	1.609

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq.

Por sua vez, os dados obtidos no Portal Inovação, com relação aos especialistas em N&N foram sistematizados nas Tabelas 4 e 5, a seguir e permitiram traçar o seguinte perfil, com relação à titulação e área de conhecimento de titulação.

Os dados da Tabela 4 apontam que os especialistas em *nanociência* estão distribuídos em 12 estados do país, concentrando-se nas regiões sudeste (67,8%) seguidos pela região sul (16,1%), nordeste (10,7%) e centro-oeste (5,4%).

Tabela 4: Distribuição de Especialistas em Nanociência no Portal Inovação, por titulação e área

UF	Especialistas	Titulação Máxima	Especialistas	Área de titulação	Especialistas
SP	36	Doutorado	78	Física	26
RJ	24	Mestrado	9	Química	19
PR	8	Graduação	5	Eng.	9
PE	6	Especialização	1	Materiais e Metalurgia	
RS	4	Total	93*	Eng. Elétrica	5
MG	3	* A diferença entre os totais de especialistas por UF e Titulação (93) e Área de titulação (82) pode estar relacionada à ausência destas informações no CV Lattes dos pesquisadores e no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNP que são fonte de dados para o Portal Inovação		Eng. Nuclear	3
DF	3			Filosofia	3
SC	3			C.	2
GO	2			Computação	
CE	2			Outras**	15
MA	1			Total	82*
BA	1			** (<2) Eng. Produção, Sociologia, Imunologia, Agronomia, Linguística, Eng. Civil, Letras, Biofísica, Comunicação, História, Eng. Mecânica, Medicina, Eng. Química, Morfologia	
Total	93*				

Fonte: Portal Inovação (coleta de dados em agosto/2006).
Elaboração própria.

Além disto, foi possível verificar que com relação à titulação a maioria possui doutorado (84%, correspondente a 78 pesquisadores), enquanto que dos outros 15 especialistas, 9,7% é mestre, 5,3% é graduado e 1% tem especialização.

As áreas de titulação destes especialistas concentram-se na área de Ciências Exatas - Física e Química, representando 55% do total – seguidas pelas Engenharias (20,8%). Os 24,2% englobam as demais áreas de conhecimento Ciências Humanas, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências Biológicas e da Saúde, Ciências Agrárias e Computação).

Tabela 5: Distribuição de Especialistas em Nanotecnologia no Portal Inovação por titulação e área de conhecimento da titulação.

UF	Especialistas	Titulação Máxima	Especialistas	Área de titulação	Especialistas
SP	207	Doutorado	335	Física	83
RJ	65	Mestrado	80	Química	78
RS	48	Graduação	47	Engenharia de Materiais e Metalurgia	43
MG	42	Especialização	11	Engenharia Elétrica	32
PR	37	Total	473*	Farmácia	19
SC	19	* A diferença entre os totais de especialistas por UF (499), Titulação (473) e área de titulação (409) pode estar relacionada à ausência destas informações no Currículo Lattes dos pesquisadores e no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNP que são fonte de dados para o Portal Inovação.		Bioquímica	14
DF	15			Engenharia Mecânica	14
CE	12			Sociologia	12
PE	10			Ciências da Computação	10
BA	8			Odontologia	9
SE	7			Educação	8
GO	7			Economia	6
RN	4			Engenharia Química	6
PB	4			Engenharia Nuclear	6
PA	4			Outras**	69
AL	3			Total	409*
MT	3			** (<6) Eng. de Produção, Comunicação, Filosofia, Genética, Agronomia, Fisiologia, Morfologia, Medicina, Engenharia Civil, Imunologia, Biofísica, Medicina Veterinária, Administração, Geociências, Eng. Aeroespacial, Botânica, Ciência e Tec. de Alimentos, Eng. Elétrica, Letras, Lingüística, Eng. Sanitária, Ecologia, Zootecnia, Zoologia, História, Ciência da Informação, Matemática e Biologia Geral	
ES	2				
PI, AP, AM	2				
Total I	499*				

Fonte: Portal Inovação (coleta de dados em agosto/2006). Elaboração própria.

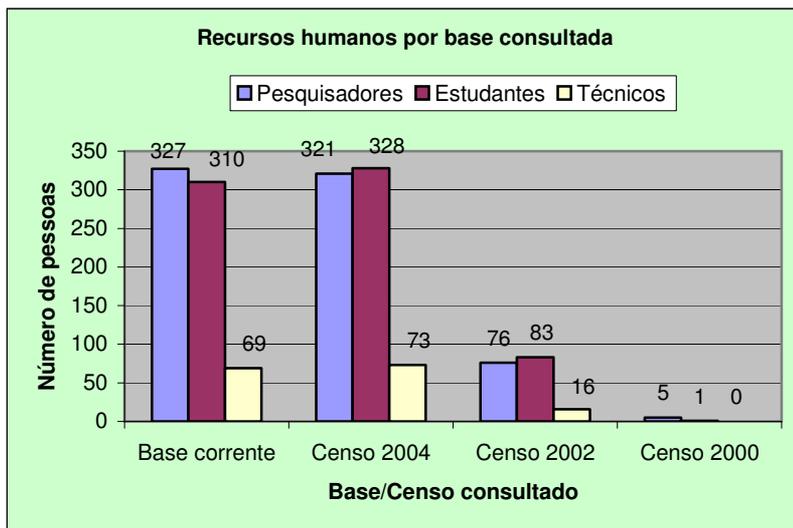
A Tabela 5 apresenta a distribuição dos especialistas em *nanotecnologia*. Os dados permitem verificar que 63% estão localizados na região sudeste, 20,8% na região sul, 10% na região nordeste, 5% na região centro-oeste e apenas 1,2% na região norte.

Quanto à titulação máxima, 71% possuem doutorado, 17% mestrado e 12 % graduação e especialização. As áreas de titulação majoritárias são as Ciências Exatas, nas subáreas Física e Química (39,3%), seguidas das Engenharias (24,7%). Os 36% restantes englobam as áreas de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, Ciências Biológicas e da Saúde, Ciências Agrárias, Computação.

Quando se comparam os dados de titulação dos especialistas em nanotecnologia e nanociência, percebe-se que no primeiro grupo diminui a distância entre as áreas majoritárias das Ciências Exatas e Engenharias, ou seja, passa de 75,8% para 64% em relação às outras áreas. Isto nos leva a supor que foram ampliados os enfoques sobre as implicações sociais das nanotecnologias, bem como que suas aplicações nas áreas de Ciências da Saúde e Agrárias também tenham sido incrementadas.

Por sua vez, os dados sobre os recursos humanos presentes na base corrente do Diretório de Grupos de Pesquisa apontaram que em 2006 há 327 pesquisadores, 310 estudantes de graduação e 69 técnicos envolvidos na área N&N, conforme dados da base corrente.

A situação tem pouca alteração do Censo 2004 para a base corrente, com um discreto aumento no número de pesquisadores e um pequeno decréscimo no número de estudantes e técnicos, conforme a Figura 2. A comparação entre os Censos mostra um aumento significativo no período de 2000 a 2004. Também é digno de nota que no ano de 2000 havia apenas 5 pesquisadores e 1 estudante envolvidos na área N&N vinculados à área de Física e pertencentes ao CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas).

Figura 2: Recursos humanos por base do Diretório.

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

As áreas de conhecimento e as linhas de pesquisa N&N

Os 106 grupos de pesquisa encontrados no Diretório e os 459 grupos presentes no Portal Inovação estão distribuídos em diversas áreas de conhecimento. Na Tabela 6 podemos verificar como se dá a distribuição dos grupos N&N no Portal Inovação por área de conhecimento.

Quanto aos grupos de pesquisa do Diretório, há uma liderança das Ciências Exatas e da Terra em todas as bases consultadas no que diz respeito ao número de grupos de pesquisa por grande área, conforme a Figura 3.

Na base corrente, o segundo lugar é ocupado pelas Engenharias e o terceiro lugar é das Ciências da Saúde. Outras áreas atualmente providas de grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia são as Ciências Biológicas, as Ciências Humanas, as Ciências Sociais Aplicadas e as Ciências Agrárias.

Tabela 6: Distribuição dos Grupos N&N no Portal Inovação por área de conhecimento

Nanociência		Nanotecnologia	
Áreas	Grupos	Áreas	Grupos
Física	31	Física	72
Química	15	Química	69
Engenharia de	6	Engenharia de	33
Materiais e		Materiais e	
Metalurgia		Metalurgia	
Linguística	3	Eng. Elétrica	30
Educação	3	Farmácia	18
Ciência da	2	Ciência da	10
Computação		Computação	
Biofísica	2	Engenharia	9
		Mecânica	
Outras¹³	11	Bioquímica	9
		Sociologia	9
		Educação	8
		Engenharia Química	8
		Agronomia	8
		Odontologia	8
		Engenharia de	6
		Produção	
		Outras¹⁴	86
Total	73	Total	383
TOTAL		456¹⁵	

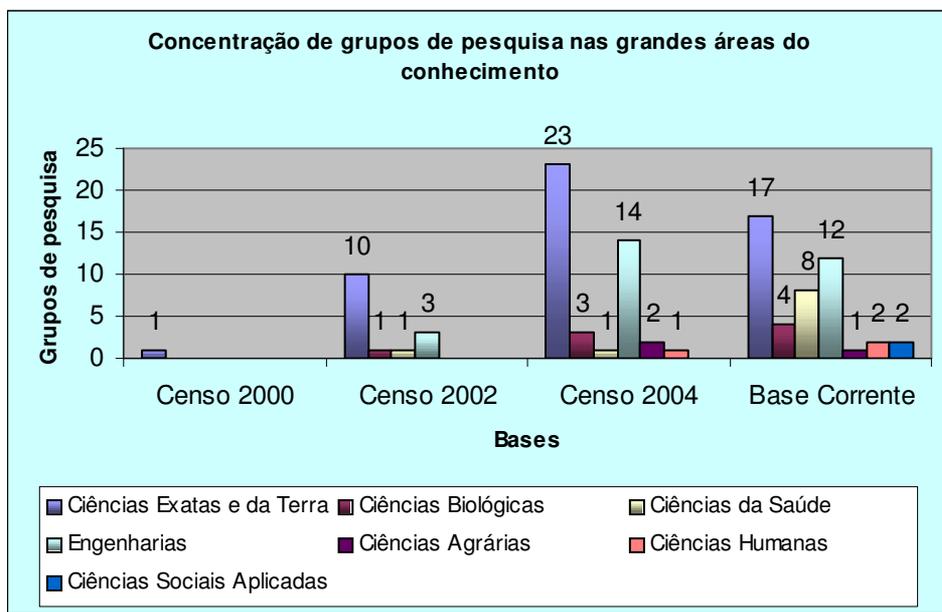
Fonte: Portal Inovação

¹³ Filosofia, Engenharia Elétrica, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Agronomia, Farmácia, Biologia Geral, Economia, Matemática, Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Imunologia.

¹⁴ Microbiologia, Biofísica, Medicina, Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciência da Informação, Geociências, Ecologia, Engenharia Nuclear, Parasitologia, Morfologia, Economia, Engenharia Biomédica, Linguística, Zoologia, Administração, Engenharia Civil, Biologia Geral, Engenharia Agrícola, Filosofia, Engenharia Sanitária, Fisiologia, Arquitetura e Urbanismo, Botânica, Direito, Farmacologia, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Genética, Ciência Política, Astronomia, Desenho Industrial, Zootecnia, Medicina Veterinária, Matemática, Imunologia, Museologia.

¹⁵ A discrepância entre o total de 456 grupos em relação aos 459 do resultado inicial deve-se ao fato de que o preenchimento dos dados do Diretório é realizado pelos líderes de pesquisa e estes podem ter deixado de declarar alguns campos.

Figura 3: Concentração de grupos de pesquisa nas grandes áreas do conhecimento no Diretório



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

A Tabela 7 mostra a concentração de grupos de pesquisa por áreas e subáreas do conhecimento nas bases do Diretório. O resultado total, englobando as bases censitárias e corrente aponta que a área de Ciências Exatas e da Terra é majoritária (48,1%). Nesta área destaca-se a subárea da Química, com 30 grupos (28,3%), seguida pelas subáreas da Física, com 19 grupos (18%). As Engenharias totalizaram 29 grupos (27,4%), com destaque para as subáreas de Engenharia de Materiais e Metalúrgica e Engenharia Mecânica com 10 grupos cada (ambas com 18,8%). A área de Ciências da Saúde comparece apenas com a subárea da Farmácia, com 10 grupos (9,4%), seguida pela área de Ciências Biológicas, com 8 grupos (7,5%). As Ciências Agrárias e Ciências Humanas representam cada uma 2,8% do total de grupos e a área de Ciências Sociais Aplicadas está representada com 2 grupos (1,9%) do total.

Tabela 7: Distribuição dos grupos de pesquisa N&N por áreas de conhecimento no Diretório

Grandes Áreas	Sub-Áreas	Total
Ciências Exatas e da Terra	Química, Física e Computação	51
Engenharias	Elétrica, Materiais e Met., Mecânica, Biomédica, Química, Civil, Minas, Nuclear, Produção	29
Ciências da Saúde	Farmácia	10
Ciências Biológicas	Biofísica, Microbiologia, Morfologia, Bioquímica	8
Ciências Agrárias	Tecn. Alimentos, Agronomia, Medicina Veterinária	3
Ciências Humanas	Sociologia	3
Ciências Sociais Aplicadas	Economia, Planejamento Urbano e Regional	2
TOTAL		106

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq.

Quando se consideram as subáreas, verifica-se que a subárea Química lidera nesse critério a partir do Censo 2002, representando 46,67% dos grupos; em 2004, 27,27% e na Base Corrente, 23,91% dos grupos. Quando se comparam os dados das subáreas de Química e Física verifica-se que esta última era a única presente na base 2000, com apenas 1 grupo, saltando para 3 e 9 grupos (2002 e 2004) e caindo para 6 grupos na base corrente.

Os dados também indicam que a subárea da Física mantém o segundo lugar até 2004, mas perde posição na base corrente para a subárea de Farmácia, que salta de 1 grupo em 2004 para 8 grupos na base corrente.

Outra observação importante é que as subáreas majoritárias da Química e Física começam a ceder mais espaço para outras subáreas a partir de 2004, indicando a interdisciplinaridade intrínseca da área N&N.

Chama atenção as subáreas de Ciências da Computação, Engenharia Biomédica, Engenharia Química, Agronomia, Bioquímica, Engenharia de Produção e Medicina Veterinária que tinham grupos presentes no Censo de 2004 e não comparecem com nenhum grupo na base corrente. Uma possível explicação para este fato é que estes grupos talvez estivessem em atualização no momento da coleta de dados. Outra possibilidade é que estes grupos não tenham sido

atualizados nos últimos doze meses, o que provoca, automaticamente, a sua exclusão da base corrente.

As subáreas de Economia, Sociologia e Planejamento Urbano e Regional também merecem um destaque, considerando suas presenças nos Censos de 2004 e na Base Corrente, com 1 e 3 grupos, respectivamente cadastrados. Materializa-se aqui a proposta da *Redenanosoma* que se propõe a trazer as Ciências Humanas e Sociais Aplicadas para o debate em torno das aplicações e implicações da nanociência e nanotecnologia na sociedade.

Como já foi mencionado anteriormente com relação ao ano de criação dos grupos de pesquisa, a distribuição dos grupos de pesquisa N&N por subáreas de conhecimento também parece estar sujeita aos mesmos efeitos do apoio governamental à área N&N, por meio de editais dos Fundos Setoriais (CT-Petro, CT-Energ e Fundo Verde Amarelo), conforme apontado no Relatório do MCT (2006).

Tabela 8: Número de linhas de pesquisa por base

Bases	Nano*	%	Outras	%	Total
2000	1	0,88	0	0,00	1
2002	12	10,62	32	8,00	44
2004	50	44,25	165	41,25	215
BC	50	44,25	203	50,75	253
Total	113	100	400	100	513

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq.

Nas bases do Diretório foram cadastradas 513 linhas de pesquisa desenvolvidas pelos 106 grupos, conforme aponta a Tabela 8, que também permite visualizar o número de linhas de pesquisa que possuem o prefixo *nano* em seu nome, sendo que estas representam 22% do total. A Tabela 8 também mostra que houve um aumento contínuo ao longo dos Censos/Bases, acompanhando o aumento do número de grupos cadastrados no Diretório.

As temáticas das pesquisas N&N

As temáticas desenvolvidas pelos grupos de pesquisa N&N são bastante diversificadas. Podemos observar este fato por meio do

número de palavras-chave cadastradas pelos grupos de pesquisa no Diretório. No total foram cadastradas 5.839 palavras chaves atribuídas pelos grupos de pesquisa nas quatro bases pesquisadas do Diretório.

Na Tabela 9, observa-se uma quantidade consideravelmente maior no número de palavras-chave cadastradas no Censo 2004. Esse fato deve-se, provavelmente, à ampliação do interesse dos pesquisadores para atuarem em novos temas de pesquisa na área N&N. Percebe-se ainda que houve um crescimento no número de palavras-chave do censo 2002 para o 2004, reflexo do número de grupos de pesquisa cadastrados que saltou de 15 para 44 grupos nestes censos.

O prefixo *nano* aparece em 9,9% do total das palavras-chave, o que indica uma provável associação dos temas *nanociência* e *nanotecnologia* à diferentes temáticas, culminando na interdisciplinaridade inerente à área.

Tabela 9: Número de palavras-chave com o prefixo *nano* por base do Diretório

Bases	Nano*	%	Outras	%	Total
2000	0	0,00	6	0,11	6
2002	84	14,51	732	13,92	816
2004	395	68,22	3649	69,37	4044
BC	100	17,27	873	16,60	973
Total	579	100	5.260	100	5.839

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

Tomando como referência apenas as dez primeiras palavras-chave em cada base do Diretório que apresentavam o prefixo *nano*, foi possível identificar quais são as temáticas das pesquisas N&N mais frequentes nas bases do Diretório. Os resultados obtidos apontaram a existência de 301 palavras-chave. Verificou-se que entre elas, a que apresentou maior frequência foi a palavra *nanotecnologia*, com 111 citações (36,9%), seguida por materiais nanoestruturados (8,3%); nanopartículas (8%). Com o mesmo número de citações (15, ou seja, 5% cada) aparecem *nanociência* e *nanotecnologia*; *nanocompósitos*; *nanomateriais*.

A palavra *nanociências* recebeu apenas 2 citações (0,6% do total). Estas palavras totalizaram 68,2%. Os restantes 31,8% das

palavras-chaves referem-se às seguintes palavras-chave: nanoestruturas; instrumentação em nanotecnologia; nano-magnetismo; nanopartículas poliméricas; fotocorrosão de semicondutores para nanocompósitos; materiais nanoporosos; nanocompósitos de semicondutores; vidros com nanopartículas metálicas e filmes finos; microengenharia/nanotecnologia; nanomateriais magnéticos luminescentes; nanometrologia; nanopartículas magnéticas; nanotecnologia supramolecular; bionanotecnologia; cerâmicas nanoestruturadas.

Por sua vez, o total de setores de atividades com as quais os grupos de pesquisa N&N se relacionaram nas quatro bases do Diretório é de 429, sendo que ocorreu um aumento considerável nos setores de atividade a cada Censo/Base consultada. Este número saltou de 3 em 2000, para 42 em 2002. Nos censos de 2004 foram 159 setores de atividades com os quais os grupos de pesquisa N&N se envolveram e a base corrente registra 225 setores.

As instituições e as regiões do país que concentram pesquisa em N&N

Com relação à distribuição dos grupos de pesquisa por instituição verificou-se que nas bases de dados do Diretório eles estão vinculados a 41 instituições. Os dados obtidos revelaram que o CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas) abriga o único grupo do Censo 2000, mas nos censos seguintes perde muitas posições e acaba por desaparecer na Base Corrente.

No Censo 2002 a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear) compartilha a liderança com a USP (Universidade de São Paulo), a UFPB (Universidade Federal da Paraíba), a UFPE (Universidade Federal de Pernambuco) e a UFPR (Universidade Federal do Paraná), cada uma abrigando 13,33% do total de grupos de pesquisa.

Tabela 10: Distribuição dos grupos de pesquisa N&N no Diretório por instituições no Diretório

Instituições	Censo 2000	Censo 2002	Censo 2004	Base Corrente	Total
CNEN	0	2	4	3	9
UFPE	0	2	4	3	9
USP	0	2	4	3	9
UFPB	0	2	3	2	7
UNICAMP	0	0	2	4	6
UFRJ	0	0	3	2	5
CBPF	1	1	2	0	4
UFPR	0	2	2	0	4
IBU	0	1	1	1	3
UFRGS	0	0	1	2	3
UFS	0	0	1	2	3
UFU	0	0	1	2	3
¹⁶ Outras ¹	0	3	11	10	24
Outras ^{2,3}	0	0	5	2	7
Outras ⁴	0	0	0	10	10
TOTAL					106

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

No Censo 2004 a CNEN compartilha a liderança somente com a USP e a UFPE, cada uma com 9,09% dos grupos. E na base corrente a situação altera-se, pois essas três instituições ficam em segundo lugar com 6,52% dos grupos cada e a UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas) assume a liderança, abrigando 8,7% dos grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia. A Tabela 10 traz maiores detalhes sobre a distribuição dos grupos de pesquisa nas instituições brasileiras.

Foi possível verificar que em termos regionais estas instituições estão distribuídas da seguinte maneira: Sudeste, 59 grupos (55,7%); Sul, 12 grupos (11,3); Centro-Oeste, 6 grupos (5,7%); Nordeste, 26 grupos (24,5%) e região Norte, 3 grupos (2,8%). Por sua vez, os dados obtidos no Portal Inovação apontaram que os 459 grupos de pesquisa estão distribuídos em 12 estados (nanociência) e 14 estados (nanotecnologia), conforme a Tabela 11.

¹⁶ Outras¹: Com grupos nas bases 2002, 2004 e corrente (ABTLUS; CEFET/MA; EMBRAPA; FURB; IPT; UEFS; UFPEL; UMC; UNB; UNESP; UNIBAN; UNIFEI); Outras²: Com 1 grupo cada no Censo 2004 (Cenpra, CTA, PUC/RJ, PUC-PR, UFBA e UFMG); Outras³: Com 1 grupo cada no Censo 2004 e na Base Corrente (CTA e ITA); Outras⁴: Com 1 grupo cada na Base Corrente (UEPA, UFAM, UFC, UFCG, UFG, UFMG, UFPA, UFPI, UFSC, UFT).

Tabela 11: Distribuição dos Grupos por UF no Diretório

Nanociência		Nanotecnologia	
UF	Grupos	UF	Grupos
SP	14	SP	144
RJ	11	RJ	51
PR	11	MG	46
PE	9	RS	34
RS	7	PR	29
MG	5	PE	14
DF	5	SC	9
CE	4	SE	9
GO	3	RN	7
SE	2	DF	7
BA	2	PB	6
SC	2	CE	6
Total	75	BA	6
		GO	6
		Outros (PA, MA, AL, MT, AM)	10
		Total	384
		TOTAL	459

Fonte: Portal Inovação

A Tabela 11 permite verificar que em termos regionais 271 grupos estão localizados na região sudeste e 92 na região sul; na região norte apenas 4 grupos e na região nordeste, 70 grupos, enquanto que na região centro-oeste estão localizados 22 grupos. Em termos percentuais, verifica-se que cerca de 80% dos grupos pertencem às regiões sul-sudeste; 16% ao norte-nordeste e 5% estão localizados na região centro-oeste, demonstrando que a competência em N&N está concentrada nas regiões sul e sudeste do país.

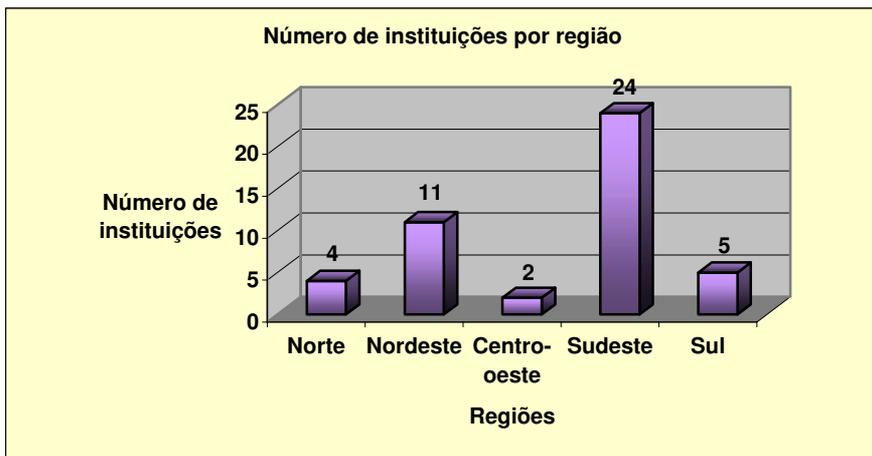
Esta distribuição parece repetir a dos programas de pós-graduação no país, em que a maior concentração também se localiza nestas regiões, as quais se constituem em pólos de produção de pesquisa e conhecimento especializado. A pesquisa no Portal Inovação mostrou em que a maioria dos grupos de pesquisa N&N pertence às regiões sul e sudeste, confirmando os achados do Diretório e indicando que, de fato, as competências N&N no país localizam-se majoritariamente nestas regiões.

Neste aspecto, vale lembrar, como fez Gusmão (2006) que a elevada concentração regional da infra-estrutura de C&T instalada no Brasil, “com a respectiva concentração de recursos e oportunidades na região Sudeste do país, tem sido objeto de muitas reflexões e debates

entre diferentes atores envolvidos no sistema”. Na mesma direção argumenta Rocha Neto (2005) ao referir que o fomento às atividades de C&T no Brasil tem sido altamente concentrado nas dimensões regionais, institucionais e individuais. Além disso, enfatiza o autor, este fomento tem sido focado apenas na geração de conhecimentos, mas “não tem cuidado da apropriação econômica e social do que tem sido gerado” e desta forma, “tem contribuído muito pouco à geração de riquezas para o país”.

No que tange à distribuição dos grupos de pesquisa por instituição no Diretório, considerando apenas a Base Corrente, verificou-se que o maior número de instituições está presente na região Sudeste, responsável por sediar atualmente 52,17% das instituições com grupos de pesquisa em nanociência e nanotecnologia. Essa região é seguida, respectivamente, pelas regiões Nordeste (23,91%), Sul (10,87%), Norte (8,7%) e Centro-Oeste (4,35%), conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Número de instituições por região no Diretório



Fonte: Base Corrente do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq.

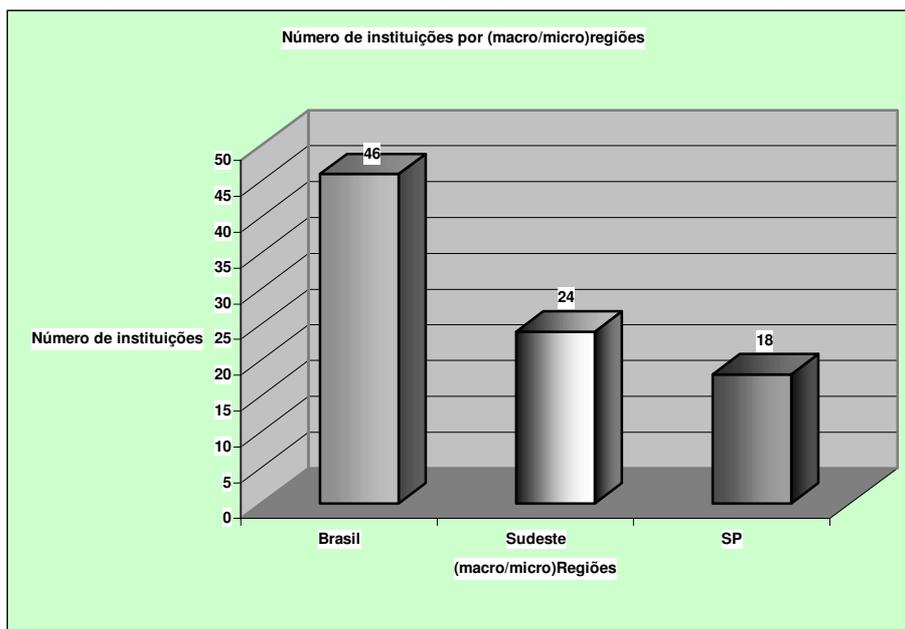
Por meio da agregação dos dados sobre a vinculação dos grupos por região na base corrente, verificamos que o Estado de São Paulo é aquele no qual há maior concentração de grupos de pesquisa no país, com 39,13% dos grupos de pesquisa em relação ao país e 75% dos grupos em relação à região Sudeste, conforme Figura 5.

Estes dados evidenciam que a região sudeste do país, em especial do estado de São Paulo reúne a maior competência em N&N.

Acrescente-se a isto a recente iniciativa do governo estadual em instituir o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos e criar 5 novos pólos tecnológicos no estado, localizados nas cidades de São Carlos, Ribeirão Preto, Campinas, São José dos Campos e São Paulo. (SÃO PAULO, 2006).

Em Campinas, o foco será em iniciativas em tecnologia da informação e telecomunicações. Por sua vez, setores como o de óptica, materiais e instrumentação avançada para agricultura terão seu espaço em São Carlos. No Vale do Paraíba, serão instaladas empresas dos segmentos aeronáutico e espacial, de acordo com a vocação da região de São José dos Campos, que já abriga o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Enquanto em Ribeirão Preto ficarão as inovações do campo da saúde e da biotecnologia, a região entre os municípios de Guarulhos, Arujá e Itaquaquecetuba, na Grande São Paulo, terá um pólo de empresas de software, equipamentos médico e hospitalares, energia, biotecnologia e nanotecnologia.

Figura 5: Número de instituições por (macro/micro) regiões.



Fonte: Base Corrente do Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq

Em direção à construção de indicadores regionais N&N

Desde que Freeman (1987), Nelson (1993) e Lundvall (1992) difundiram em seus trabalhos a noção de Sistema Nacional de Inovação - conceito fundamental para o entendimento da inovação tecnológica nas sociedades contemporâneas - ampliou-se o debate relacionado às economias nacionais e regionais frente à globalização a questão da regionalização da ciência e da tecnologia.

O paradoxo da inovação regional refere-se à contradição aparente entre a maior necessidade de as regiões menos favorecidas investirem em inovação e a sua menor capacidade de absorver os investimentos feitos em inovação ou em atividades relacionadas, quando comparadas com as regiões mais avançadas (LANDABASO, 1994 e LANDABASO, OUGHTON, ORGAN, 1999).

As relações entre inovação e desenvolvimento regional têm atraído o interesse de estudiosos. Suzigan et al (2004) mencionam que a literatura que estuda estes aspectos assume características multidisciplinares, combinando elementos de geografia econômica, organização industrial, economia da inovação, comércio internacional e economia de empresas. Destacam os autores sobre a importância de construção de indicadores múltiplos que permitam mapear a distribuição regional de atividades de ciência, tecnologia e inovação, uma vez que esta distribuição reflete a própria distribuição regional de conhecimentos que substanciam capacitações técnicas, científicas e tecnológicas.

Por sua vez, Cândido, Goedert e Abreu (2001) assinalam que para fortalecer o processo de criação, de implementação e de manutenção dos Sistemas Regionais de Inovação é necessário criar e/ou fortalecer as redes locais interorganizacionais, as quais “ajudam na indução e na difusão da mudança tecnológica, ao mesmo tempo em que, facilitam a geração do conhecimento e experiências acumuladas entre os atores participantes.” Para tanto estes autores propõem a “formulação de um instrumento de pesquisa que permita identificar o grau de conectividade entre os diversos atores envolvidos em nível de setores públicos e privados (empresas, instituições, universidades, centros de pesquisa, etc.)”. Com base nas análises destes dados é criado um “índice sociográfico, que permite medir o grau de integração dos diversos atores as redes regionais, segundo a frequência de comunicações existentes entre os agentes”.

Com relação ao referencial evolucionista de sistema de inovação, Lastres e Cassiolato (2003) mencionam os conceitos de arranjo e sistema produtivo e inovativo local, focalizando conjuntos

específicos de atividades econômicas. Segundo os autores, este foco privilegia

a investigação das articulações entre empresas e destas com outros atores; dos fluxos de conhecimento (em particular, em sua dimensão tácita); das bases dos processos de aprendizado para capacitação produtiva, organizacional e inovativa; e da importância da proximidade geográfica e identidade histórica, institucional, social e cultural como fontes de diversidade e vantagens competitivas. (LASTRES e CASSIOLATO, 2003)

Conforme exposto anteriormente, a N&N no país, apesar de recente, já possui um conjunto considerável de indicadores globais que permitem traçar a evolução desta pesquisa no Brasil.

A pesquisa aqui descrita sobre os grupos de pesquisa e especialistas atuantes na área N&N cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq e no Portal Inovação/MCT trouxeram algumas luzes sobre estas competências em nível macro. É necessário agora caminhar na direção da produção de indicadores regionais de N&N, pois como salientam Rocha e Ferreira (2004) “na esfera da ciência e da tecnologia o país ainda não possui um instrumento de informação capaz de caracterizar e dimensionar os sistemas estaduais de ciência, tecnologia e inovação”.

Sicsú e Melo (2004) também mencionam que é importante uma base de indicadores de inovação confiáveis que permita estruturar estratégias setoriais e políticas industriais de intervenção nos mais diversos espaços produtivos nacionais.

Queiroz (s.d.) destaca que a tendência hoje não é definir áreas de C&T como se fez anteriormente e argumenta que é importante levar em conta o “conceito de redes, que integram um conjunto de áreas com trabalho multidisciplinar, privilegiando ao mesmo tempo os conhecimentos da ciência básica, da ciência aplicada, da tecnologia e os conceitos de redes sociais que se entrelaçam.” Assinala ainda a necessidade de que a lógica da rede prevaleça no conjunto de relações e esforços da C&T, para promoção do social e do desenvolvimento regional.

Finalmente, no que se refere aos indicadores de CT&I, vale lembrar como o fez Rodrigues (2004) que

(...) quando se trata de responder sobre o papel que a ciência e a tecnologia assumem no desenvolvimento de uma sociedade, os indicadores são importantes ferramentas de análise. No entanto,

as suas características intrínsecas, de definições e critérios objetivos de construção, não impedem que sejam apropriados por diferentes olhares. (...) Fundamentalmente, é preciso tecer a conexão entre a produção do conhecimento e as demandas da sociedade, incluindo as necessidades de fazer frente à competitividade dos mercados, mas entendendo que são partes do mesmo corpo. Inovação sem atender também a um projeto de fortalecimento do sistema de C&T no país, é inovação de pé-quebrado. Não vai muito longe. (RODRIGUES, 2004).

Referências bibliográficas

ALVES, O. L. **Mapeamento da competência nacional em nanociência e nanotecnologia nos últimos 10 anos (1994-2004)**. Campinas, fevereiro de 2005. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/7604.pdf. Acesso em agosto 2006.

ALVES, O. L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.18, p.23-40, ago. 2004a.

ALVES, O. L. **Desenvolvimento científico em nanociência e nanotecnologia nos últimos 10 anos (janeiro 1994 – julho 2004)**: relatório parcial. Campinas, set. 2004b. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/7603.pdf. Acesso em agosto 2006.

BARROS, H. (coord.). **Estudo ProspeCTar**: um exercício de prospecção tecnológica nacional. Relatório Final. Brasília: MCT/CCT, 2003.

BORSCHIVER, S.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; SANTOS, T. N. dos; SILVA, F. C. da; BRUM, P. R. C. Patenteamento em nanotecnologia: estudo do setor de materiais poliméricos nanoestruturados. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v.15, n.4, p.245-248, 2005.

CANDIDO, G. A.; GOEDERTE, A. R.; ABREU, A. F. A competitividade local, o desenvolvimento regional e os sistemas nacionais e regionais de inovação: uma proposta metodológica para viabilização do desenvolvimento regional sustentável. **Caos**: Revista Eletrônica de Ciências Sociais, João Pessoa-PB, n.3, dez. 2001. Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br/caos/index.html>. Acesso em agosto 2006.

CANONGIA, C.; SANTOS, D.; SANTOS, M. M.; ZACKIEWICZ, M. Foresight, inteligência competitiva e gestão do conhecimento:

instrumentos para a gestão da inovação. **Gestão & Produção**, v.11, n.2, p.231-238, maio-ago. 2004.

CRUZ, L. A.; TIGRE, P. B. **Modelo SENAI de prospecção**: documento metodológico. Montevideo: Cinterfor/OIT, 2004.

CHAVES, A. Nanociência e nanotecnologia. **ComCiencia**, 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano17.htm>. Acesso em agosto de 2006.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. **Diretórios dos grupos de pesquisa no Brasil**: censos 2004 - 2002 - 2000 e base corrente. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/censo2004/>. Acesso em julho 2006.

CONWAY, M.; VOROS, J. Implementing organisational foresight: a case study in learning from the future. In: **Probing the future**: developing organisational foresight in the knowledge economy, July 2002.

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. **NanoScience**: nanoscience timeline. Disponível em: <http://www.msc-nanoscience.tudelft.nl/nanotimeline.html>. Acesso em julho 2006.

FERRAZ, M. C. C.; HAYASHI, M. C. P. I.; HAYASHI, C. R. M. A temática do desenvolvimento sustentável em grupos de pesquisa. **Encontros Bibli**: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Florianópolis, n. 21, p. 49-68, 1º sem. 2006.

FEYNMAN, R. P. **There's plenty of room at the bottom**: an invitation to enter a new field of physics. Transcrição da palestra dada em 29 dez. 1959. Disponível em: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>. Acesso em julho 2006.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**, London: Pinter, 1987.

GALEMBECK, F.; RIPPEL, M. M. **Nanotecnologia**: estratégias institucionais e de empresas. Campinas: Instituto de Química/Instituto do Milênio de Materiais Complexos, 2004.

GODET, M. **A caixa de ferramentas da prospectiva estratégica**. Lisboa: Cadernos do Cepes, 2000.

GODET, M. **Prospective et planification stratégique**. Paris: Dunod, 1991.

GUSMÃO, R. Concentração regional da C&T no Brasil: a supremacia de São Paulo na configuração do padrão técnico-científico nacional. In: **VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y de la Tecnología**, Colombia, 2006.

HAYASHI, M. C. P. I. **Nanotecnologia: grupos de pesquisa da UFSCar certificados no Diretório de Grupos de Pesquisa no Brasil/CNPq**. São Carlos: PROPGP/UFSCar, 2004 (mimeo).

HAYASHI, M. C. P. I.; HAYASHI, C. R. M.; SILVA, M. R. da. Mapeamento de competências em CT&I no Portal Inovação. In: **II Seminário Internacional de Ciência e Tecnologia na América Latina: a Universidade como promotora do desenvolvimento sustentável**, 2005, Campinas. Campinas: Unicamp, 2005. p.1-20.

HICKEY, B.; LI, L.; MUCHE, D. **Nanotechnology nanomaterial**. Disponível em: <http://ww.mgnet.org/~douglas/Classes/cs521-s03/nano/Nanotechnology.pdf>. Acesso em julho 2006.

HOFFMANN, W. A. M.; FARIA, L. I. L.; GREGOLIN, J. A. R. Estudo da evolução da pesquisa brasileira em nanotecnologia a partir de informações da base de dados SCIE. In: **Workshop Brasileiro de Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento**, 5., 2004, Brasília. **Anais...** Brasília, Abraic, 2004. v.1. p.1-15.

HORTON, A. Forefront: a simple guide to successful foresight. **Foresight: the Journal of Future Studies**, v.1, n.1, p.5-9, feb. 1999.

IANT. International Association of Nanotechnology. Disponível em: <http://www.nanotechcongress.com>. Acesso em julho 2006.

ITRI. Nanotechnology R&D in ITRI. In: **Annual report 2002**. Taiwan, 2003. Disponível em: <http://www.itri.org.tw/eng/about/annual/annual02/annual2002e-3-3.pdf>. Acesso em julho 2006.

JC. Brasil tem 120 patentes de nanotecnologia. **Jornal da Ciência**, São Paulo, 1 jul. 2005. Disponível em: <http://jornaldaciencia.org.br/Detalhe.jsp?id=29474>. Acesso em julho 2006

LANDABASO, M. **Promoción de la innovación en la política regional comunitária: una propuesta de estratégia regional**. Bilbao: Universidad del País Vasco, 1994.

LANDABASO, M.; OUGHTON, C.; MORGAN, K. The regional innovation policy in the beginning of the XXI century. In: **VIII Seminário Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica – ALTEC'99**, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, oct. 1999. p.459-495.

LASTRES, H. M. M.; CASSIOLATO, J. E. Sistemas de inovação e arranjos produtivos locais: novas estratégias para promover a geração, aquisição e difusão de conhecimentos. **Revista do Centro de Ciências Administrativas**, Fortaleza, v.9, n.2, p.189-195, dez. 2003.

LUNDEVALL, B. **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. Londres: Pinter, 1992.

MARTINS, P. R. Nanotecnologia, sociedade e meio-ambiente no Brasil: perspectivas e desafios. **II Encontro da ANPPAS**, Indaiatuba, 22-29 maio de 2004. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro/segundo/papers/papers.html>. Acesso em agosto 2006.

MARTINS, P. R. (org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio-ambiente**. São Paulo: Associação Editorial Humanitas, 2005.

MARTINS, P. R. (org.). **Nanotecnologia, sociedade e meio-ambiente**. São Paulo: Xamã, 2006.

MCT. Nanotecnologia. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/5035.htm>. Acesso em agosto 2006.

MCT. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. **Relatório nanotecnologia: investimentos, resultados e demandas**: Brasília: MCT/CGNT/SETEC, 2006.

MELO, L. C. P. **Prospecção de conhecimento no setor público**. Brasília: ENAP, 2006. Disponível em: http://www.enap.gov.br/downloads/ec43ea4fapresentacao_cd_luciamelo_prospeccaoconhecimento.ppt. Acesso em agosto 2006.

MILES, I.; KEENAN, M.; KAIVO-OJA, J. **Handbook of knowledge society foresight**. Manchester: Prest, 2002.

NANOPEdia: the web course of nanotechnology. Disponível em: <http://nanopedia.case.edu/>. Acesso em julho 2006.

NELSON, R. R. (ed.) **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University Press, 1993.

NEVES, M. A.; LEMOS, C. Infra-estrutura de C&T. In: SISTEMA Firjan. **Incentivo à inovação tecnológica nas empresas**. Rio de Janeiro: FIRJAN/GDT, 2005. p.23-40. (Cadernos de Tecnologia, 3).

PARCERIAS ESTRATÉGICAS, Brasília, n.18, p.1-248, agosto 2004.

PINA, K. V.; PINTO, L. R.; MORATORI, R. B.; SOUZA, C. G. de; BARBASTEFANO, R. G. Nanotecnologia e nanobiotecnologia: estado da arte, perspectivas de inovação e investimentos. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v.2, n.2, p.65-76, 2006.

QUEIRÓZ, A. D. **Ciência e tecnologia em prol da geração de emprego**. Entrevista no Portal da Andifes. s.d. Disponível em: <http://www.andifes.org.br/entrevistas/Diomario.php>. Acesso em agosto 2006.

RATTNER, H. Nanotecnologia e a política de Ciência e Tecnologia. **Passages de Paris: Revue Scientifique de l'Association des Chercheurs et Etudiants Brésiliens en France**, n.2, p.180-188, 2005a. Disponível em: <http://www.apebfr.org/passagesdeparis/edition2/dossier.html>. Acesso em agosto 2006.

RATTNER, H. Nanotecnologia: para melhor ou para pior? In: MARTINS, Paulo Roberto (org.) **Nanotecnologia, sociedade e meio-ambiente**. São Paulo: Associação Editorial Humanitas, 2005b. p.172-184.

ROCHA, E. M. P.; FERREIRA, M. A. T. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação: mensuração dos sistemas de CTeI nos estados brasileiros. **Ciência da Informação**, Brasília, v.33, n.3, p. 61-68, set./dez.2004.

ROCHA NETO, I. Regionalização de C&T e geração de riquezas. In: **Seminários Temáticos para a 3ª. Conferência Nacional de C, T & I: geração de riqueza**, Brasília, 16-18 novembro 2005. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/cncti3/>. Acesso em agosto 2006.

RODRIGUES, T. Quando os Indicadores de C&T deixam de indicar e passam a determinar. **ComCiência**, nov. 2004. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/2004/11/11.shtml>. Acesso em agosto 2006.

THE ROYAL SOCIETY & THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. **Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties.** July, 2004. Disponível em: <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>. Acesso em agosto 2006.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. **Decreto nº 50.504, de 6 de fevereiro de 2006.** (Institui o Sistema Paulista de Parques Tecnológicos, instrumento articulador de Parques Tecnológicos no Estado de São Paulo).

SICSÚ, A. B.; MELO, L. C. P. de. Estatísticas e Indicadores de Inovação no Setor Industrial – PINTEC e o desvendar das estratégias empresariais. In: **VI Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología,** Buenos Aires, 2004. Disponível em: <http://www.riicyt.edu.ar/interior/interior.asp?Nivel1=6&Nivel2=2&IdTaller=2&Idioma=>. Acesso em agosto 2006.

SILVA, C. G. da. O que é nanotecnologia? **ComCiência**, nov. 2002. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm>. Acesso em agosto de 2006.

SILVA, C. G. da. Nanotecnologia: o desafio nacional. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.18, p.5-8, ago. 2004.

SILVA, C. G. da (Coord.). **Consulta Delphi em nanociência e nanotecnologia: NanoDelphi.** Relatório Final. Brasília: MCT/CGEE, 2005.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J.; GARCIA, R.; SAMPAIO, S. E. K. Inovação e conhecimento: indicadores regionalizados e aplicação a São Paulo. In: **Anais do XXXII Encontro Nacional de Economia,** João Pessoa-PB, 2004. Disponível em: http://www.anpec.org.br/encontro_2004.htm. Acesso em agosto de 2006.

UNICAMP. **Levantamento da nanotecnologia na Unicamp.** Campinas: PRP/Unicamp, 2005.

VIEIRA, A. C. G.. Iniciativas e investimentos do MCT em nanociência e nanotecnologia. In: **Reunión de Nanotecnología y Empresas, Centro Argentino-Brasileño de Nanociência y Nanotecnología,** Buenos Aires, 28-29 nov. 2005. Disponível em: www.mct.gov.br/upd_blob/7603.pdf. Acesso em agosto 2006.

VIOTTI, E. B. Fundamentos e evolução dos indicadores de CT&I. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. de M. (orgs.) **Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil**. Campinas: Ed. da Unicamp, 2003. p.41-88.

ZACKIEWICZ, M. Coordenação e organização da inovação: perspectivas do estudo do futuro e da avaliação em ciência em tecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n.17, p.193-214, dez. 2003.