

As políticas públicas e o desenvolvimento da nanomedicina como uma pesquisa tecnocientífica no Brasilⁱ

Public policies and nanomedicine development as a technoscientific research in Brazil

Las políticas públicas y el desarrollo de la nanomedicina como una investigación tecnocientífica en Brasil

Adriano de Fariaⁱⁱ

Graciela de Souza Oliverⁱⁱⁱ

Resumo

Este artigo tem o objetivo de caracterizar o desenvolvimento do que podemos nomear nanomedicina, levando em consideração os estudos prospectivos, os conceitos, as orientações das Políticas de Nanociências e Nanotecnologias (N&N) e uma avaliação das publicações e grupos da área. A nanomedicina tem se desenvolvido no Brasil a partir de políticas públicas de fomento às N&N — iniciadas em 2001 — orientadas para a pesquisa tecnocientífica e realizadas em redes. Identificamos que os tópicos tecnológicos predominantes nos artigos, patentes e projetos em nanomedicina se concentram em aplicações dermatológicas e em odontologia. Ainda assim, após treze anos, não há uma política de fomento específica para essa área no Brasil. O artigo indica quais iniciativas de financiamento alavancariam a nanomedicina no país, bem como que tipo de atividade científica ela tem caracterizado.

Palavras-chave: Nanociência; Nanotecnologia; Política científica e tecnológica; Tecnociência; Prospecção tecnológica; Rede de pesquisa.

Abstract

This article aims to characterize the development of the field we may name nanomedicine, taking into account the prospective studies, the concepts and guidelines of Nanosciences and Nanotechnologies (N&N) Policies and a review of published data and the scientific groups of the area. The nanomedicine has

ⁱ Este artigo faz parte da dissertação de mestrado intitulada *As características e o desenvolvimento da nanomedicina nas políticas brasileiras em nanociências e nanotecnologias (2001-2012)*, do Programa de Pós-Graduação em Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do ABC (UFABC).

ⁱⁱ Universidade Federal do ABC (UFABC). Santo André, Brasil | lattes.cnpq.br/4180038414121182 | adriano.ufabc@gmail.com

ⁱⁱⁱ Universidade Federal do ABC (UFABC), Centro de Ciências Naturais e Humanas (CCNH). Santo André, Brasil | lattes.cnpq.br/8294147356194199 | graciela.oliver@ufabc.edu.br

been developed in Brazil by the creation of public policies to N&N – initiated in 2001 – which were oriented to technoscientific research, and made by networks. We identified that the predominant technological topics in the scientific articles and projects supported by the policies of N&N in healthcare are focused on dermatological and dental applications. However, after thirteen years, there is no specific policy to promote this area in Brazil. The article is indicating what funding initiatives that would boost nanomedicine in the country, as well as what type of scientific activity is characterized by it.

Keywords: Nanoscience; Nanotechnology; Science and technology policy; Technoscience; Technological prospecting; Research networking.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo describir el desarrollo de lo que podemos nombrar nanomedicina, teniendo en cuenta los estudios prospectivos, los conceptos, las direcciones de las Políticas de Nanociencias y Nanotecnologías (N&N) y una evaluación de las publicaciones y grupos de científicos. La nanomedicina se ha desarrollado en Brasil a partir de las políticas públicas para fomentar las N&N - iniciadas en 2001 - destinadas a la investigación tecnocientífica realizada en redes. Se encontró dos temas tecnológicos predominantes en la nanomedicina en los artículos, patentes y proyectos para aplicaciones dermatológicas y odontología. Aún así, después de trece años, no hay una política específica para promover esta área en Brasil. El artículo indica cuales las iniciativas de financiación podrían fomentar el desarrollo de la nanomedicina en el país, así como el tipo de actividad científica que ella caracteriza.

Palabras clave: Nanociencia; Nanotecnología; Política científica y tecnológica; Tecnociencia; Prospección tecnológica; Red de investigación.

Submetido: 22/fev/2014

Aceito: 6/ago/2014

Conflitos de interesse: Não há conflitos de interesse a declarar.

Fontes de financiamento: Bolsa de mestrado da UFABC entre junho e setembro de 2011 e da Capes entre outubro de 2011 e maio de 2013.

Contribuição autoral:

Os autores participaram igualmente em todas as fases da elaboração do artigo

Introdução

A pesquisa e a inovação em nanociências e nanotecnologias (N&N) tiveram início, no século XX, com o desenvolvimento da física quântica e da microeletrônica. Há projeções de que as N&N alcançariam um mercado mundial de um trilhão de dólares em 2015¹. No Brasil, os produtos baseados em N&N são comercializados em pigmentos para tintas, secadores de cabelo, lápis, esterilizadores de água, cosméticos e palmilhas¹. No mundo, os Estados Unidos e os países da União Europeia são responsáveis por duas de cada três publicações de artigos e quatro de cada cinco patentes em nanomedicina^{2,iv}.

As Plataformas Tecnológicas Europeias (ETP), criadas a partir de 2003, são fóruns realizados para subsidiar as iniciativas públicas e privadas de fomento, incluindo a elaboração de agendas de pesquisa e inovação. A Plataforma Tecnológica Europeia de Nanomedicina (European Technology Platform on Nanomedicine, ETPN) estabeleceu uma agenda de pesquisa para nanomedicina, baseada em três tópicos tecnológicos: “nanotecnologia baseada em diagnóstico e imageamento”, “liberação controlada” e “medicina regenerativa”³. Em 2009, essa instituição analisou as características, os desafios e os benefícios clínicos e econômicos para esses tópicos tecnológicos no período entre 2010 a 2020. A nanomedicina é compreendida pela ETPN como uma ciência translacional^{4,v}.

O documento estratégico do programa dos Estados Unidos para as N&N — Iniciativa Nacional de Nanotecnologia (National Nanotechnology Initiative, NNI) — não especifica o termo nanomedicina, porém aborda o desenvolvimento das N&N para proteção e promoção da saúde humana, o que está inserido em uma das áreas do programa — Meio Ambiente, Saúde e Sociedade⁶. Ao olharmos especificamente para alguns casos, notamos que as temáticas de nanomedicina estavam direcionadas pela missão e história das instituições. Os Institutos Nacionais da Saúde (National Institutes of Health, NIH), por exemplo, apresentaram um conceito de nanomedicina conectado com as pesquisas desses institutos⁷. Já a Administração de Alimentos e Medicamentos (U.S. Food and Drug Administration, FDA) apoiava as N&N, no âmbito dos objetivos de seus centros, como o Centro para Dispositivos e Saúde Radiológica (Center for Devices and Radiological Health) e o Centro Nacional de Pesquisa Toxicológica (National Center for Toxicological Research)⁸.

Desse modo, nota-se que houve uma especialização das políticas de fomento nos Estados Unidos e na União Europeia, quer fosse na organização das instituições ou na produção de estudos avaliativos exclusivos para a nanomedicina. No Brasil, entretanto, veremos que esse tema se desenvolveu no âmbito das políticas amplas voltadas para N&N sem um direcionamento exclusivo para a saúde humana.

Contexto histórico e escopo teórico dos modelos de política científica, tecnológica e de inovação

Do ponto de vista da política científica, tecnológica e de inovação, entendemos que a organização da produção dos conhecimentos depende da articulação entre diferentes atores, podendo seguir um ou mais modelos de políticas públicas de fomento⁹. Por isso, discutiremos os quatro modelos de política científica, tecnológica e de inovação apresentados por Velho⁹ para o período posterior à Segunda Guerra Mundial.

^{iv} As publicações foram consultadas no banco de dados no Science Citation Index e as patentes no Escritório de Patente Europeu, utilizando cinquenta palavras-chave relacionadas à nanomedicina². Os artigos abrangem o período entre 1980 e 2004, e as patentes o de 1993 a 2003².

^v A medicina translacional incentiva a formação de times de especialistas de diferentes áreas, incluindo as ciências humanas e sociais, para a integração de pesquisas básicas e aplicadas com o foco na melhoria da saúde⁵.

O primeiro modelo de política científica, tecnológica e de inovação consolidou-se com a Segunda Guerra Mundial segundo a expressão: “ciência como motor do progresso”⁹. As características de um Estado centralizador e a subvenção da pesquisa básica se estenderam para o pós-guerra¹⁰. Se antes da Segunda Guerra o orçamento para pesquisa em ciência e tecnologia era relativamente pequeno, após ela houve um rápido crescimento dele em relação ao Produto Interno Bruto¹¹. Nesse período, foram criadas instituições para a coordenação estatal da política científica e tecnológica, nas quais a avaliação dessa política seria responsabilidade sobretudo das comunidades científicas⁹. A ciência era compreendida de uma perspectiva nomeada linear-ofertista¹². No modelo linear, o processo de inovação seria unidirecional seguindo as etapas: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento tecnológico e inovação¹³.

No segundo modelo, a ciência é vista como “solução e causa de problemas” — décadas de 1960 e 1970⁹. A produção de conhecimento está orientada para áreas prioritárias em um modelo ainda linear, mas impulsionado pela demanda⁹. A governança da política científica, tecnológica e de inovação foi compartilhada entre a comunidade científica, servidores públicos e políticos⁹. Com isso, pessoas que tinham diferentes níveis de familiaridade com o conhecimento científico e tecnológico foram incluídas no processo político de formulação da política de ciência e tecnologia. Nesse período, os pesquisadores latino-americanos iniciaram a investigação sobre os obstáculos institucionais e conceituais que restringiam o desenvolvimento da ciência, incluindo o modelo linear-ofertista e a relação entre centro e periferia¹². A passagem do modelo linear para redes ou interativo foi acompanhada de muitos estudos empíricos que corroboraram um modelo complexo e não-linear de interação entre as pesquisas realizadas nas instituições de ensino superior e nas empresas¹³.

O terceiro modelo da política científica, tecnológica e de inovação — constituído nas décadas de 1980 e 1990 — considera a “ciência como fonte de oportunidade estratégica”⁹. O conhecimento seria produzido em redes pela interação entre diversos atores (universidades, institutos de pesquisa, empresas, hospitais etc.)⁹. Nesse sistema, “o setor privado-empresarial tem ocupado um espaço cada vez maior do financiamento e da execução da pesquisa”¹⁰. Novas áreas, como a biotecnologia, demandaram novas formas de se fomentar e produzir ciência e tecnologia¹⁴. O conhecimento proveniente desse tipo de financiamento tem sido tratado como propriedade¹⁵. Esse processo de mercantilização do conhecimento científico intensificou a fusão dos conhecimentos científico e tecnológico em tecnociência¹⁶. Essa característica da nanomedicina será abordada nesse artigo, ou seja, se de fato é uma tecnociência tal como argumentam Mattedi, Martins e Premevida para as nanociências e nanotecnologias (N&N): “a noção de tecnociência será entendida, então, como a fusão da ciência, tecnologia, indústria e os sistemas econômico/financeiros que financiam este complexo de relações”¹⁷.

Há um quarto modelo de política científica, tecnológica e de inovação, ou seja, o da “ciência para o bem da sociedade”, que está em processo de constituição⁹. Nele, a visão de ciência incluiria um complexo debate sobre democratização, que foi abordado, por exemplo, por Collins e Evans¹⁸, Jasanoff¹⁹ e Latour²⁰, compreendendo os problemas de criação de *expertise* e de governança democrática. As políticas de ciência, tecnologia e inovação em tal modelo teriam, por exemplo, maior escopo de participação da sociedade na elaboração, execução e avaliação da construção do conhecimento. Compreendemos ainda, conjuntamente aos estudos sociais da ciência e da tecnologia, a construção dos artefatos e fatos científicos e tecnológicos como produções culturais e que contêm valores²¹. Winner, por exemplo, argumentou que certas tecnologias podem desempenhar um papel político na sociedade, sendo algumas mais propícias a um sistema democrático²². A etnografia de laboratório, em particular, tem mostrado a influência do social

na transcrição de resultados de experimentos em controvérsias e fatos científicos²³. Em abordagens mais radicais, a ciência é produzida por um coletivo de atores que inclui cientistas, técnicos, amostras e instrumentos em uma dinâmica social, política e da natureza²⁴.

Com base em uma análise macro das políticas de ciência e tecnologia voltadas para N&N, podemos entender qual a visão de ciência presente nas políticas que subsidiam o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil, bem como compreender em qual modelo de política de ciência, tecnologia e inovação se enquadram as políticas brasileiras de N&N no que diz respeito à nanomedicina.

Metodologia

Este artigo caracteriza-se como uma análise descritiva cujo foco é uma área do conhecimento em formação. Como fazer isso considerando que muitas fontes podem ser identificadas ou mesmo construídas como documentação²⁵? Realizamos essa pesquisa baseando-nos na interpretação de informações de documentos oficiais para fomento, publicações sobre os planos estratégicos, diretrizes políticas e prospecções tecnológicas disponíveis em seus domínios eletrônicos entre maio de 2011 e abril de 2013. A partir dessa perspectiva, buscamos caracterizar os tópicos tecnológicos, os grupos de pesquisa, as publicações, as patentes e os pesquisadores com mais colaborações.

No Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)²⁶ localizamos os grupos que apresentavam os seguintes termos no título do grupo, tema da linha de pesquisa ou palavras-chave: “nanomedicina”, “nanobiotecnologia”, “nanociência”, “nano” — como palavra inteira em vez de prefixo — e “nanotecnologia”. Eles compuseram a lista inicial de grupos de pesquisa sobre N&N. A partir dela, selecionamos os 108 grupos com linhas de pesquisas que abrangiam a nanomedicina e os caracterizamos pela área predominante de pesquisa e colaboração com empresas. Havia 701 pesquisadores registrados nessas linhas de pesquisa. Acessamos seus currículos na Plataforma Lattes²⁷ para identificar os pesquisadores em nanomedicina. Nesta pesquisa, consideramos pesquisador de nanomedicina aquele que possui pelo menos um artigo completo ou uma patente registrada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) na área de saúde humana com o prefixo “nano” no título. Repetimos a busca por artigos nos currículos dos coautores sucessivamente nessa fase, entre novembro de 2012 e abril de 2013. Mas houve algumas limitações na busca de artigos pelo Lattes, como a data de atualização do currículo e, em alguns casos, a escrita do título e a atribuição de autoria estavam incompletas — cabendo identificar o próprio artigo no site do periódico para eliminar a dúvida. Depois, em abril de 2013, acrescentamos artigos de autores brasileiros sobre nanomedicina no Scopus²⁸ — sem fazer a busca de outros artigos em seus currículos Lattes. Havia 4.183 artigos de autores brasileiros publicados com o prefixo “nano” até 2012 no Scopus, por meio da expressão de busca: “AFFILCOUNTRY (Brazil) AND TITLE (nano*) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (EXCLUDE (PUBYEAR, 2013))”. Selecionamos o subconjunto de artigos na área de nanomedicina por meio da expressão: “AFFILCOUNTRY (Brazil) AND TITLE (nano*) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (EXCLUDE (PUBYEAR, 2013)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "PHAR") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "DENT"))”. Essa busca contempla as subáreas orientadas para a saúde humana — “farmacologia, toxicologia e farmácia”, “medicina” e “odontologia”; notamos que os artigos nas subáreas de “enfermagem” e “profissões de saúde” estavam incluídos nessa contagem. Obtivemos 359 artigos no Scopus (8,6% do total relativo à N&N de autores brasileiros da área de N&N) relacionados à saúde, compreendendo artigos que já havíamos identificado pelos currículos na Plataforma Lattes, a partir de

informações dos grupos de pesquisa; outros artigos em nanomedicina; e alguns não relacionados às N&N, que desconsideramos. Notamos que alguns artigos utilizavam o prefixo “nano” na área de saúde sem o contexto das N&N, como “nanoftalmia” (anomalia no olho), “Nanodea muscosa” (planta), “nanosegundo” (unidade de medida de tempo), “nanomolar” (unidade de concentração da matéria) e “nanograma” (unidade de massa). Ao todo, identificamos 485 artigos com pelo menos um autor brasileiro em nanomedicina, entre 1987 e 2012, compreendendo a participação de cerca de 1.698 cientistas — brasileiros e alguns estrangeiros, principalmente dos Estados Unidos —, em uma estimativa acima do número real, pois diferentes formas de indicação de nome na citação geraram multicoplidade na contagem. Eles representam um subconjunto do total de pesquisadores brasileiros em nanomedicina, estando ausentes, sobretudo, aqueles que não utilizaram o prefixo “nano” no título do artigo — critério de seleção nessa pesquisa. Tal como uma fotografia, registramos um momento e um fragmento.

Coerente com a visão da nanomedicina como um conhecimento construído com vista à aplicação, observamos as patentes indicadas nos currículos Lattes, mas fizemos uma lista de patentes de autoria de pesquisadores brasileiros delimitada à área de saúde humana no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)²⁹. Consideramos em nossa lista somente as patentes com o prefixo “nano” na área A61 da Classificação Internacional de Patentes no INPI — “ciência médica e veterinária, higiene”. Desconsideramos as patentes de autoria de empresas multinacionais, pois focamos naquelas cujo registro está em nome de pesquisadores brasileiros. Encontramos 61 patentes de pesquisadores brasileiros em nanomedicina entre 1993 e 2010. A partir deste conjunto de dados, analisamos as relações entre o desenvolvimento desta área e as políticas de N&N, compreendendo que o conjunto de políticas aqui abordado insere as de N&N dentro de um modelo de ciência e tecnologia que estaria entre o segundo e o terceiro momento/modelo.

Estudos prospectivos sobre N&N no Brasil

O desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias (N&N) no Brasil foi apoiado pelas políticas setoriais, que se apropriaram de uma visão sobre sua importância para a competitividade no futuro. Esse argumento foi construído baseado nas prospecções tecnológicas, as quais são utilizadas para avaliação e planejamento das políticas públicas de fomento à inovação³⁰. No Brasil foram realizados dois estudos prospectivos sobre as N&N, ambos baseados no método Delphi^{vi}:

a) “Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia”: estudo realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em 2005, sob demanda do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)³¹;

b) “Visão de Futuro da Nanotecnologia no Brasil: 2008–2025”: lançada pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e CGEE em 2010³².

No primeiro estudo prospectivo, o CGEE buscava identificar os “tópicos tecnológicos ou de pesquisa que tiveram melhor avaliação de acordo com três critérios: relevância, competitividade e oportunidade”³¹. Esses critérios buscaram identificar competências e demandas de uma localidade em um dado período

^{vi} O método Delphi tem o objetivo de coletar informações de especialistas sobre um tema. As respostas de um questionário são consolidadas e apresentadas aos participantes para que avaliem se estão de acordo com a lista. Esse procedimento se repete até se aproximar de um consenso.

objetivando a formulação de diretrizes para as políticas de fomento às N&N. Essa prospecção também considerou os estudos homólogos realizados em outros países³¹.

O estudo prospectivo da ABDI e CGEE baseou-se em dados prévios da primeira prospecção tecnológica, que já havia identificado 79 tópicos prioritários de N&N no Brasil incluindo dez tópicos tecnológicos de nanobiotecnologia: “materiais nanoestruturados biocompatíveis”, “materiais nanoestruturados para a área farmacêutica, veterinária e cosmetológica”, “métodos de diagnósticos e imagens”, “sistemas de liberação de fármacos, medicamentos e reconhecimento molecular”, “fluidos magnéticos”, “DNA e terapia gênica”, “encapsulamento de fármacos”, “neuroeletrônica”, “engenharia de tecidos” e “motores moleculares”^{31,32}. Na segunda prospecção, foi realizada uma nova consulta para a projeção do desenvolvimento dos tópicos tecnológicos entre 2008 e 2025 e, com isso, a proposição de ações para integrar a “Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia” também foi lançada em 19 de agosto de 2013. Para a área de nanobiotecnologia, a prospecção recomendou a “criação de políticas específicas para fomento, gestão e comercialização de bens, produtos e processos relacionados ao tema”³².

Essencialmente, entendemos que os seis tópicos tecnológicos descritos pela ABDI e CGEE estão presentes em três áreas da ETPN, conforme apresentamos na Tabela 1^{4,32}. Essa classificação coincide com as principais aplicações atuais de nanomedicina indicadas por Bartira Rossi-Bergmann em um artigo publicado em 2008: “sistema de carreamento e liberação de drogas”, “implantes e próteses (engenharia de tecido)” e “diagnóstico ultrarrápido e sensível usando nanosensores”³³. Reconhecemos, entretanto, que algumas pesquisas de um tópico podem estar relacionadas com mais de uma área de nanomedicina, bem como podem ser associadas a mais de um tópico tecnológico.

Tabela 1: Comparação entre as três áreas de nanomedicina na prospecção da ETPN e os seis tópicos tecnológicos de nanobiotecnologia na prospecção da ABDI e CGEE

Áreas da nanomedicina na prospecção ETPN	Tópicos tecnológicos de nanobiotecnologia na prospecção da ABDI e CGEE
Liberação controlada de fármaco	Sistemas de entrega e liberação controlada Nanorrobôs
Medicina regenerativa	Materiais nanoestruturados biocompatíveis Revestimentos e filmes biofuncionais
Diagnóstico	Biossensores Imageamento molecular

Fonte: Autoria própria com dados da Plataforma Tecnológica Europeia de Nanomedicina (ETPN)⁴ e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)³², comparando os tópicos relacionados à nanomedicina entre esses relatórios oficiais.

Essa similaridade entre os tópicos está coerente com o processo de internacionalização da política de ciência, tecnologia e inovação que foi enunciado por Velho⁹ como “um processo em que diferentes países adotam as mesmas visões de PCTI [Política Científica, Tecnológica e de Inovação], os mesmos instrumentos e formas semelhantes de gestão da PCTI”. Mas há diferenças históricas na contribuição do Estado para o fomento nos diversos países, o que nos fez pensar quais seriam os principais delimitadores para o cumprimento das prospecções ou para o alcance da competitividade. De acordo com os referenciais teóricos, enunciados inicialmente, compreendemos que os aspectos delimitadores poderiam ser:

financiamento, formação de recursos humanos, interação entre os atores e, por último e não menos importante, regulamentação. Observaremos na próxima seção que tais aspectos requerem a participação de múltiplos atores, mas no Brasil todos têm o Estado como principal agente de mobilização.

Desenvolvimento da nanomedicina no âmbito das políticas setoriais no Brasil

Nesta seção, apresentaremos como as políticas brasileiras de fomento às N&N promoveram a nanomedicina, considerando as diferentes dimensões das políticas setoriais de ciência e tecnologia, nos seus ramos industriais, educacional, de saúde e específico das N&N.

Políticas de ciência, tecnologia e inovação

A política de ciência, tecnologia e inovação vigente é direcionada pelas diretrizes estabelecidas nas Conferências Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI). A II CNCTI ocorreu em 2001 — 16 anos depois da primeira, realizada em 1985. No documento de referência dessa conferência, chamado de “Livro Verde”, as N&N foram apresentadas como uma fronteira do conhecimento com potenciais aplicações para a saúde humana. O “Livro Verde” contém o primeiro levantamento sobre o perfil de 120 pesquisadores brasileiros de N&N, realizado em 2000³⁴.

A III Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI) ocorreu no âmbito das orientações do “Livro Verde” em 2005. A IV CNCTI, realizada em 2010, produziu um documento de referência, denominado “Livro Azul”, com orientações para a política científica, tecnológica e de inovação no decênio entre 2001 e 2020, destacando as novas possibilidades tecnológicas provenientes da nanotecnologia³⁵.

As diretrizes da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, com vigência entre 2012 e 2015, foram elaboradas a partir da IV CNCTI. Nela, o objetivo da política de ciência, tecnologia e inovação para as N&N seria “promover a geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando ao aumento da competitividade da indústria brasileira”³⁶.

As primeiras ações de fomento às N&N no Brasil foram a criação de quatro redes de pesquisa pelo Edital MCT/CNPq nº 01/2001 para integração de pesquisadores de diferentes disciplinas e localidades para pesquisa na área de N&N e a aprovação de quatro projetos no Programa Institutos do Milênio, que visava à criação de centros diferenciados por sua excelência em pesquisa⁴¹. Ambas as iniciativas foram lançadas em 2001 pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) — chamado de Ministério da Ciência e Tecnologia até agosto de 2011⁴¹. As quatro redes contribuíram para o desenvolvimento de pesquisas de N&N na área de saúde, embora esse tema estivesse muito mais inserido na temática de uma das redes, ou seja, a Rede de Pesquisa em Nanobiotecnologia.

Em 2003, a Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologia (CGNT) foi criada pelo MCTI. Naquele ano, o MCTI instituiu um grupo de especialistas provenientes das instituições de ensino superior, das empresas com atuação em N&N e do governo para a formulação de um Plano de Desenvolvimento em Nanotecnologia. Observamos também que, no mesmo ano, alguns projetos na área de saúde humana foram aprovados no âmbito do Edital MCT/CNPq/CT-FVA nº 01/2003, que visava apoiar pesquisas sobre N&N a serem realizadas mediante a interação entre universidade e empresas.

Entre os doze projetos aprovados no Edital MCT/CNPq nº 012/2004 — para fomento de pesquisas baseadas em N&N em estágio avançado de desenvolvimento —, havia seis projetos compreendidos no âmbito da nanomedicina. O Edital MCT/CNPq nº 13/2004 teve o objetivo de selecionar projetos para avaliar as dimensões ética e legais das N&N e seus impactos sociais e ambientais no Brasil. Um dos projetos aprovados versava sobre as implicações no setor farmacêutico.

Após o término das primeiras quatro redes, com vigência entre 2001 e 2005, foram criadas dez redes para o período entre 2006 e 2009 por meio do Edital MCT/CNPq nº 29/2005 para continuar com o modelo de pesquisa em rede na área de N&N. Notamos que a pesquisa sobre nanomedicina era um dos interesses entre as diversas novas redes. Já o Edital MCT/CNPq nº 58/2005 apoiou empreendimentos de novos produtos e processos baseados em N&N em incubadoras, com duas propostas — entre as onze aprovadas — com aplicação em saúde humana.

Além disso, notamos vários projetos de pesquisa em nanomedicina aprovados pelos editais da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) — ligada ao MCTI: dois dos seis projetos aprovados (33,3% do total) em 2004, quatro dos nove projetos (44,4%) em 2005, seis dos doze projetos (50,0%) em 2009. Dessa forma, a área de saúde humana tem sido um dos ramos das N&N mais fomentado pelas ações da Finep relativas à N&N. Guimarães interpretou a proeminência do setor de saúde como uma prioridade do governo de desenvolver esse setor econômico³⁷.

Políticas industriais

Neste tópico, abordaremos da mesma forma a participação das políticas das N&N no setor de saúde humana, mas com foco no desenvolvimento industrial. As N&N foram incluídas nas políticas industriais a partir da Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) lançada em 2003. As diretrizes da PITCE referem-se às N&N como uma tecnologia “portadora de futuro”³⁸. Mais especificamente, justificava-se o fomento às N&N em face do déficit na balança comercial no setor de química fina, que inclui os fármacos, em uma dinâmica de competitividade pela inovação.

O Plano de Desenvolvimento Produtivo foi lançado em maio de 2008, como continuidade da PITCE, mas com programas temáticos e outro modelo de governança³⁹. Nele, as N&N foram consideradas como áreas estratégicas, demandando ações de fomento de diversos atores institucionais. Este plano reconhecia o potencial das N&N no setor médico e farmacêutico, como “nichos de mercado com potencial de competitividade”³⁹.

O Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011, sucedeu ao Plano de Desenvolvimento Produtivo, como política industrial e de comércio exterior coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Na área de incentivo à inovação, esse programa propôs que “as políticas em curso devem ser aprofundadas, buscando maior inserção em áreas tecnológicas emergentes”, incluindo as N&N⁴⁰.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) — ligada ao MDIC — tem o propósito de promover a política industrial em consonância com a política de ciência, tecnologia e inovação. Observamos que a ABDI tornou-se um fórum importante para a articulação das empresas em torno das N&N por meio da realização de fóruns. A ABDI também tem publicado estudos sobre o desenvolvimento das N&N no Brasil (veja Tabela 2).

Tabela 2: Publicações sobre N&N realizadas pela ABDI até 2012 e foco em nanomedicina

Título da publicação	Ano	Descrição	Foco em nanomedicina
Estudo prospectivo — nanotecnologia: 2008–2025 ³²	2010	Mapeamento da produção de artigos e patentes, considerações sobre mercado e predição do estágio de desenvolvimento tecnológico das N&N por tópico tecnológico no curto, médio e longo prazos, com a indicação de ações para promoção desses temas	A análise da nanobiotecnologia contém resultados da nanomedicina em conjunto com as aplicações para agricultura
Cartilha de nanotecnologia ¹	2010	Apresentação de conceitos e aplicações das N&N	A saúde é apresentada como um dos setores a serem mais impactados pelas N&N
Panorama da nanotecnologia no mundo e no Brasil ⁴¹	2010	Contextualiza a constituição de recursos humanos, grupos de pesquisa e infraestrutura, com síntese dos resultados de editais de fomento, bem como considerações sobre marco regulatório	Informa que o setor de saúde humana e animal foi um dos mais beneficiados pelos editais da Financiadora de Estudos e Projetos
Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulamentação	2011	Informações sobre riscos das N&N, com a revisão dos documentos sobre regulamentação	Discussão sobre a toxicologia de nanoestruturas
Panorama de patentes de nanotecnologia	2011	Lista de patentes de residentes brasileiros em N&N	Indicação de sete patentes na área de saúde, medicina e cosméticos

Fonte: Autoria própria com dados de documentos da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) sobre as nanociências e nanotecnologias (N&N).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) — ligado ao MDIC — lançou um fundo de investimento comum para biotecnologia e nanotecnologia em 2009 — sendo ambas identificadas como áreas estratégicas. Assim, dado o alinhamento das políticas setoriais do MCTI e MDIC, e através da atuação da ABDI e do BNDES, no decorrer dos três anos seguintes à ETPN, notamos o caráter das políticas de ciência, tecnologia e inovação para N&N voltadas para o incentivo à inovação. Observamos que estas tenderam a constituir um elo mais forte no arranjo de atores participantes das políticas brasileiras voltadas para N&N, podendo com isso gerar núcleos de *expertise*. E o setor de saúde humana? No próximo tópico buscamos identificar a participação das políticas de saúde no incentivo às N&N.

Políticas de saúde

A 1ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, em 1994, recomendou a criação de uma Secretaria de Ciência e Tecnologia ligada ao Ministério da Saúde, a qual foi constituída em 2003⁴². A Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde foi aprovada na conferência seguinte, realizada em 2004. Esta política recomendava “aumentar a capacidade indutora em P&D em Saúde aproximando-a das necessidades da política de Saúde”, bem como reconhecia o potencial das N&N no setor de saúde humana⁴³. Uma de suas prioridades de pesquisa é o desenvolvimento das N&N por meio dos “[e]studos sobre as perspectivas de uso da nanotecnologia em produtos de interesse para a saúde principalmente medicamentos e agrotóxicos) (sic) em relação ao seu risco potencial”⁴⁴. A pesquisa sobre N&N é apontada como uma das prioridades em dois dos dezesseis objetivos estratégicos. Assim, o

Ministério da Saúde seria mais participativo no fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação em saúde humana — incluindo nanomedicina.

O Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde apoiou 28 projetos, entre 2004 e 2010, que compreendemos serem voltados para a nanomedicina, no âmbito de 21 editais⁴⁵. Esses projetos compreendem 0,7% do total de projetos e 1,1% do orçamento do Departamento de Ciência e Tecnologia para apoio a projetos entre 2004 e 2012 — um total de 3.783 projetos referentes a 236 editais com um montante de R\$ 748 milhões. Os principais temas de pesquisa foram câncer — principalmente de pele — e leishmaniose. Contudo, notamos a ausência de uma política específica do Ministério da Saúde para as N&N, pois durante a pesquisa não encontramos edital exclusivo para N&N, muito menos para nanomedicina. Tal posicionamento contribuiria para o desenvolvimento da nanomedicina, como um conhecimento translacional, alinhado com a dinâmica do complexo econômico-industrial de saúde e as demandas de saúde pública; além de atenuar o déficit da balança comercial de produtos de saúde pela produção local de produtos para saúde baseados em N&N.

Além disso, na área de saúde podemos encontrar empresas notáveis por seu investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D), como no setor farmacêutico, onde esse percentual alcança 10% das receitas — embora nas multinacionais esteja concentrado nas sedes⁴⁶. Considerando a importância da inovação para a competitividade desse setor, Coutinho e Ferraz — há vinte anos — já recomendavam a constituição de redes com a participação de “órgãos governamentais de fomento, instituições de pesquisa e empresas privadas e públicas”⁴⁶.

Políticas de educação

Pensando na política de incentivo à pesquisa científica, tecnológica e de inovação, sabemos que a formação de profissionais qualificados é uma de suas principais funções⁴⁷. O III Plano Nacional de Pós-graduação (2005-2010) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) — instituição vinculada ao Ministério da Educação — informava ser “preciso inserir a política de formação de recursos humanos no contexto da política industrial brasileira”⁴⁸. Nele, havia uma recomendação de maior estímulo à formação de pesquisadores na área de N&N no nível de pós-graduação⁴⁹. De fato, os interesses das comunidades de pesquisa e o fomento à formação de recursos humanos voltados para a N&N formaram um grande grupo de pesquisadores de N&N: 9.344 pesquisadores de 1.573 instituições publicaram 4.945 artigos científicos sobre N&N — com, pelo menos, uma das instituições dos autores localizadas no Brasil — entre 1998 e 2009⁴⁹. O IV Plano Nacional de Pós-graduação (2010-2020) indicava as N&N como áreas prioritárias, citando a IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação⁵⁰. A política de educação em nível de pós-graduação tem incentivado as N&N em conjunto com as políticas científica, tecnológica e de inovação e industriais.

O fomento da Capes às N&N iniciou-se em setembro de 2002 com o financiamento de seis bolsas destinadas a estudantes de qualquer curso de pós-graduação no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. As propostas deveriam ser interdisciplinares, inclusive com a indicação de dois coorientadores de áreas do conhecimento distintas.

Identificamos apenas um edital lançado pela Capes para o fomento das N&N: edital Rede BrasilNano. Este edital apoiou a constituição de projetos colaborativos para formação em nível de pós-graduação ou complementar (graduação e técnico), visando à integração entre as instituições de ensino superior e as empresas para a produção de uma pesquisa orientada para aplicações, incluindo saúde. Como resultado,

foram selecionadas trinta e oito redes para atuação entre dezembro de 2008 e novembro de 2012. Assim, entendemos que houve um direcionamento para a formação de recursos humanos e a produção de conhecimentos tecnocientíficos.

Pensando no foco em nanomedicina, vinte e sete projetos aprovados no Edital Rede BrasilNano possuíam um título que compreendemos estar relacionado à nanomedicina, ou seja, com o prefixo “nano” e aplicação em saúde humana. Alguns projetos estavam orientados para temáticas de aplicação, como os tipos de doenças, enquanto outros para o conhecimento científico e tecnológico utilizado.

Grupos de pesquisa e produção científica e tecnológica

No Diretório dos Grupos de Pesquisa, buscamos identificar os grupos atuantes em nanomedicina a partir das palavras-chave: “nanomedicina” (sete grupos), “nanobiotecnologia” (51), “nanociência” (29), “nano” (93) e “nanotecnologia” (255). Desse modo, observamos que alguns grupos já fazem uso do termo nanomedicina. Ao se apropriar desses termos de busca, consideramos todos esses grupos como atuantes em N&N, dos quais 108 grupos — 107 criados entre 1979 e 2012 e um em 2013 — possuíam linhas de pesquisa que abrangiam o setor de saúde humana. A distribuição destes grupos por área de conhecimento indica a predominância das áreas de química e farmácia e de grupos mais recentes (veja Figura 1). Além disso, observamos que a participação das empresas não tinha relação com o tamanho do grupo, pois havia grupos com mais de trinta pesquisadores sem a participação de empresas, bem como um grupo com sete pesquisadores indicou ter a participação de seis empresas — praticamente uma proporção de um pesquisador por empresa. Assim, podemos ter diferentes naturezas de conhecimento no desenvolvimento da nanomedicina no Brasil, como a constituição de grupos de excelência em sistema de liberação de fármacos para fins de inovação, bem como em pesquisa básica sobre a interação entre as nanoestruturas e sistemas biológicos.

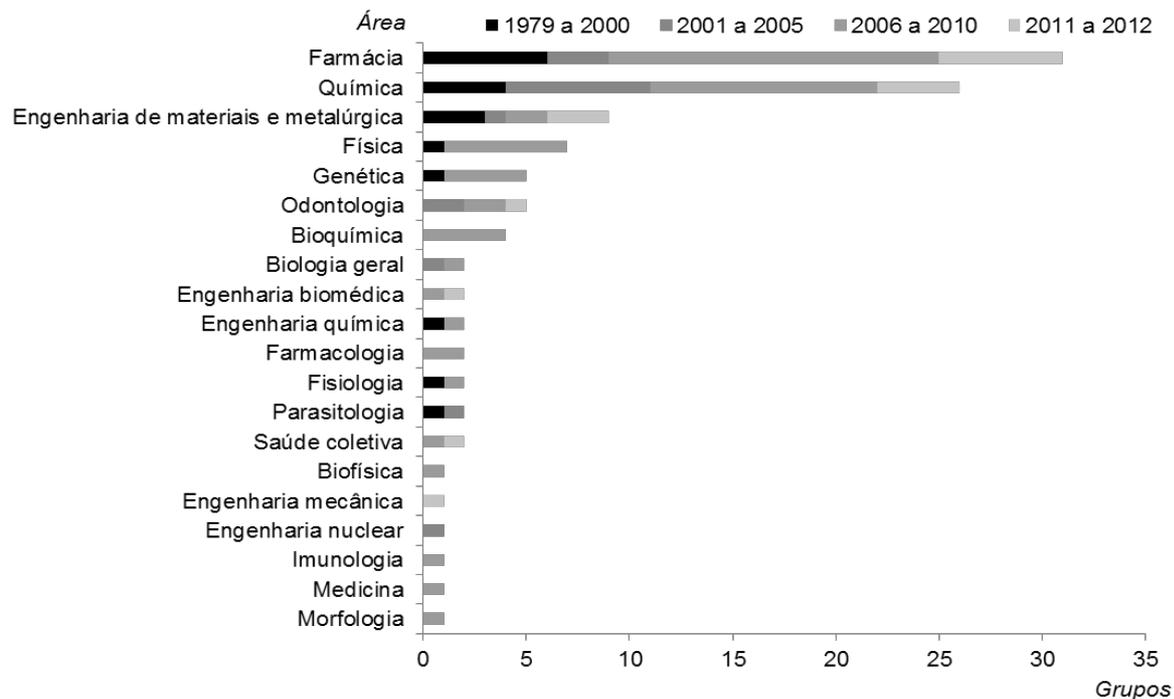


Figura 1: Área do conhecimento e ano de criação dos grupos com linhas de pesquisa voltadas para a nanomedicina (1979–2012). Fonte: Autoria própria com dados do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq²⁶ para indicar a área de conhecimento predominante dos grupos de pesquisa sobre nanomedicina no Brasil, considerando o ano de criação.

Observamos que 483 artigos sobre nanomedicina de autores brasileiros compreendem três períodos de publicação (veja Figura 2): entre 1998 e 2004, com dois a sete artigos publicados — praticamente todos no tópico tecnológico “sistemas de entrega e liberação controlada”; entre 2005 e 2010, entre 16 e 53 artigos com aparecimento de outros tópicos tecnológicos; entre 2011 e 2012, com crescimento mais acentuado, 102 e 141 artigos, e maior diversidade de tópicos. Houve mais dois artigos publicados em 1987 e 1992, mas não estão indicados no gráfico, pois não há registro de artigos nos anos seguintes — até 1997. Reconhecemos nessa distribuição de tópicos uma correspondência com as ações de fomento do CNPq, Finep e Capes. Os artigos sobre nanomedicina foram publicados em 202 periódicos nacionais e internacionais, dos quais 128 (63,4% do total) continham apenas uma publicação. As dez revistas com maior quantidade de artigos eram estrangeiras, sendo que a revista brasileira com mais publicações é Química Nova.

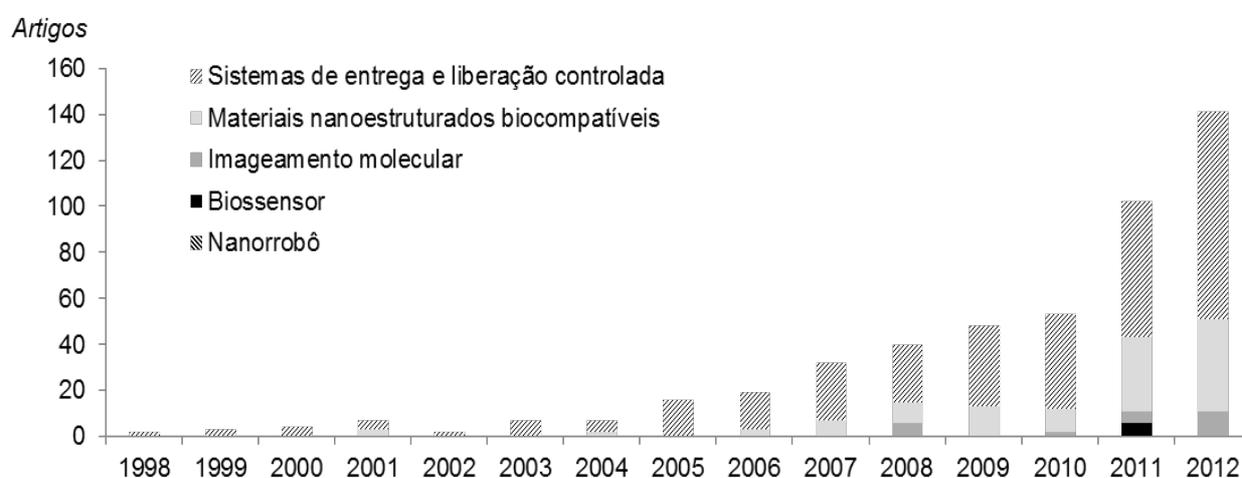


Figura 2: Artigos sobre nanomedicina por tópico tecnológico de autores brasileiros (1998–2012).

Fonte: Autoria própria com dados dos grupos no Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq²⁶, currículos na Plataforma Lattes²⁷ e artigos no Scopus²⁸ para identificação dos tópicos tecnológicos nos artigos sobre nanomedicina. Houve apenas um artigo no tópico de nanorrobô — não aparente no gráfico — em 2008.

A distribuição de sessenta patentes em nanomedicina, entre 2004 e 2010, não possui o mesmo perfil de curva crescente da publicação de artigos (veja Figura 3). Houve mais uma patente — total de 61 — em 1993, mas não está indicada no gráfico, pois nos anos seguintes não há registro de patentes até 2003. A redução nos últimos anos é atribuída ao tempo de demora para a publicação de patentes, tanto que não havia indicação de nenhuma patente em nanomedicina em 2011 e 2012. Apesar disso, observamos que a produção de patentes se consolidou apenas em 2004, seis anos após a consolidação da publicação de artigos, em 1998. Assim, as políticas públicas que contribuíram para o crescimento de artigos tiveram efeito limitado no crescimento de patentes.

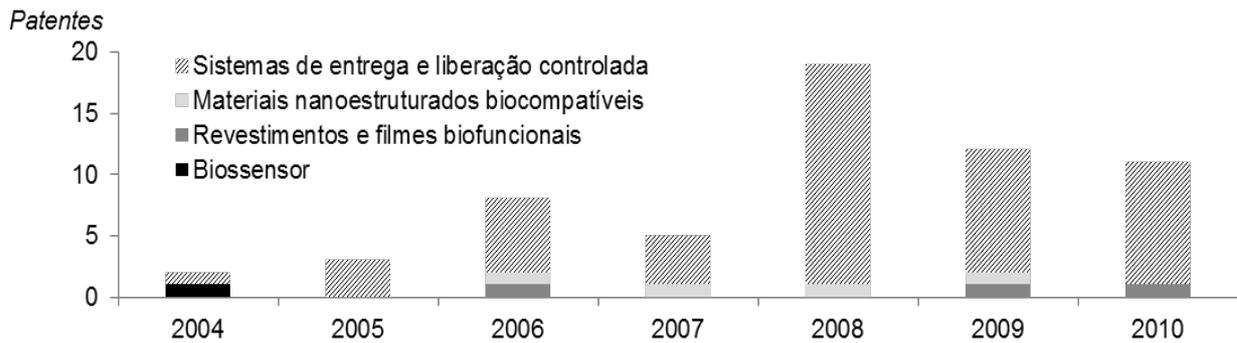


Figura 3: Patentes em nanomedicina por tópico tecnológico de autores brasileiros (2004–2010)

Fonte: Autoria própria com dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI)²⁹ para identificação dos tópicos tecnológicos nas patentes em nanomedicina.

Considerando a ênfase das políticas brasileiras em N&N na construção do conhecimento em rede, caracterizamos os vinte pesquisadores com mais colaborações na publicação de artigos científicos em termos de sua formação e do fomento recebido. Notamos que os pesquisadores possuíam uma formação disciplinar, com o doutoramento na mesma área da graduação. A maioria deles (12 ou 60% do total) são autores de patente, com um perfil mais propício à pesquisa tecnocientífica. A nanomedicina tinha participação reduzida no total de sua publicação de alguns pesquisadores enquanto, para outros cientistas, esse ramo do conhecimento representava mais de 90% da produção de artigos científicos. Por último, resta salientar que, no tocante à análise das patentes, praticamente todos os pesquisadores (18 dos 20 pesquisadores ou 90% do total) atuavam no tópico “sistemas de entrega e liberação controlada”.

Considerações finais

A nanomedicina tem sido fomentada no âmbito das políticas amplas voltadas para as nanociências e nanotecnologias (N&N) — desde 2001 —, com a participação de diferentes atores: Ministério da Saúde, Capes, CNPq e Finep. Esses atores têm induzido a constituição de redes de pesquisa e de estímulo à inovação, com a produção de conhecimentos científico e tecnológico — ou tecnocientífico. Na prática, entretanto, alguns grupos de pesquisa não atuavam em rede, deixando de compartilhar, por exemplo, a infraestrutura e construir conhecimento sobre N&N⁵¹.

Notamos que as agências de fomento CNPq, Finep e Capes têm promovido a integração entre a formação de recursos humanos e a pesquisa tecnocientífica, enquanto o Ministério da Saúde apoiou projetos no âmbito de sua agenda. Assim, a nanomedicina está se desenvolvendo como um ramo do conhecimento tanto orientado para a competitividade do setor de saúde humana como para as demandas próprias da saúde coletiva no Brasil. Destacamos que os setores mais dinâmicos em nanomedicina em termos de projetos aprovados no âmbito das políticas públicas, patentes e publicação de artigos estão associados aos seguintes tópicos:

a) “Sistemas de entrega e liberação controlada”: nanocosmético para aplicação dermatológica e fármacos para tratamento de câncer de pele;

b) “Materiais nanoestruturados biocompatíveis”: aplicação em odontologia.

Compreendemos que há mais de um modelo de política de ciência, tecnologia e inovação e de ciência apoiando a nanomedicina, pois notamos a coexistência de projetos de pesquisa dita básica, enquanto alguns temas são produzidos com a participação das empresas visando o uso clínico e a comercialização.

Predomina, entretanto, uma visão de “ciência como fonte de oportunidade estratégica” — terceiro modelo de Velho⁹. Reconhecemos que o incentivo à pesquisa em rede foi assertiva, ao produzir sinergias entre pesquisadores de diferentes áreas e destes com os empresários, pois tal interação é necessária para que o conhecimento seja de fato tecnocientífico. Portanto, a partir desta avaliação de como a área de nanomedicina foi fomentada podemos perguntar: o terceiro modelo de política de ciência, tecnologia e inovação é apropriado para o desenvolvimento da nanomedicina e da sociedade atualmente?

Ressaltamos, por fim, que tal modelo já apresenta um produto em comercialização baseado em pesquisa nacional no tópico de sistemas de entrega e liberação controlada. O fotoprotetor fabricado pela Biolab — farmacêutica brasileira — com alto fator de proteção foi desenvolvido com colaboração de pesquisadoras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e apoio da Finep. Esse êxito deve motivar uma ampla discussão sobre a regulamentação no Brasil — em negociação no mundo —, ainda que específica para este tópico tecnológico.

Restam controvérsias sobre o entendimento da toxicologia das nanoestruturas e críticas ao atraso no estabelecimento de regulamentação⁵², que tem se constituído na União Europeia⁵³ e nos Estados Unidos⁶. O debate sobre a regulamentação das N&N no Brasil foi introduzido com os esforços de divulgação e conscientização das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e N&N pela Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (Renanosoma) — criada com o Edital MCT/CNPq n^o 13/2004 para o estudo dos impactos das N&N⁴¹. Também contribuíram o Grupo de Trabalho em Marco Regulatório — no qual participaram pesquisadoras notáveis por sua contribuição para o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil⁵⁴ — do Fórum de Competitividade de Nanotecnologia da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), bem como as publicações dessa instituição; e pelas propostas — rejeitadas — de regulamentação de produtos baseados em nanotecnologia — Projeto de Lei n^o 5076/05, do deputado federal Edson Duarte, e Projeto de Lei n^o 131/10, do médico e senador Sebastião Afonso Viana Macedo Neves. Acreditamos, por fim, que maior articulação entre os atores das políticas de N&N orientadas para o setor de saúde humana contribuiria para a formulação de políticas específicas — e de regulamentação — da nanomedicina no terceiro ou mesmo quarto modelo — mais democrático — de política científica, tecnológica e de inovação⁹.

Referências

1. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Cartilha sobre nanotecnologia. Brasília: ABDI; 2010 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Cartilha20nanotecnologia.pdf>>.
2. Wagner V, Hüsing B, Gaisser S. Nanomedicine: Drivers for development and possible impacts. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais da Comunidade Europeia; 2008 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC46744.pdf>>.
3. European Technology Platform on Nanomedicine. Strategic Research Agenda. Luxemburgo: Escritório para Publicações Oficiais das Comunidades Europeias; 2006 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <[ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanomedicine_bat_en.pdf](http://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanomedicine_bat_en.pdf)>.
4. European Technology Platform on Nanomedicine. Roadmaps in nanomedicine towards 2020. Berlim: ETP Nanomedicine Secretariat; 2009 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.etp-nanomedicine.eu/public/press-documents/publications/etpn-publications/091022_ETPN_Report_2009.pdf>.

5. Azevedo VF. Medicina translacional: qual a importância para a prática reumatológica? *Revista Brasileira de Reumatologia* 2009, 49(1):81–83 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0482-50042009000100009&lng=en&nrm=iso>. [doi: 10.1590/S0482-50042009000100009]
6. National Science and Technology Council. National Nanotechnology Initiative Strategic Plan. Fev. 2011 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2011_strategic_plan.pdf>.
7. National Institutes of Health. Nanomedicine. Overview. 27 abr. 2012 [acesso em 26 abr. 2013]. Disponível em: <<https://commonfund.nih.gov/nanomedicine/overview.aspx>>.
8. U.S. Food and Drug Administration. Current Nanotechnology Programs at FDA [acesso em 26 abr. 2013]. Disponível em: <<http://www.fda.gov/ScienceResearch/SpecialTopics/Nanotechnology/ucm309672.htm>>.
9. Velho L. Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. *Sociologias* 2011; 13(26): 128–153 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222011000100006&lng=en&nrm=iso>. [doi: 10.1590/S1517-45222011000100006]
10. Furtado AT. Novos arranjos produtivos, estado e gestão da pesquisa pública. *Cienc Cult* 2005 Jan-Mar; 57(1): 41–45; 2005 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n1/a20v57n1.pdf>>.
11. Ben-David J. Conclusão. In: Ben-David J. O papel do cientista na sociedade: um estudo comparativo. Leite DM, tradutora. São Paulo: Pioneira, EDUSP; 1974 [1971]. p. 235–56.
12. Dagnino RP. Ciência e Tecnologia no Brasil: o Processo Decisório e a Comunidade de Pesquisa. Campinas: Editora da Unicamp; 2007.
13. Campos AL. Ciência, tecnologia e economia. In: Pelaez V, Szmrecsányi T, organizadores. Economia da inovação tecnológica. São Paulo: Editora Hucitec; 2006. p. 137–67.
14. Salles Filho SLM. A organização da pesquisa e a busca de novos padrões organizacionais (Embrapa, Fiocruz, IPT). In: Salles Filho SLM, organizador. Ciência, tecnologia e inovação: A reorganização de pesquisa pública no Brasil. Campinas: Komedi; 2000. p. 27–45.
15. Volti R. Scientific knowledge and technological advance. In: Society and Technological Change. 6 ed. New York: Worth Publishers; 2010. p. 58–74.
16. Oliveira MB. Desmercantilizar a tecnociência. In: SANTOS BS, organizador. Conhecimento prudente para uma vida decente: “Um discurso sobre as ciências” revisitado. São Paulo: Cortez; 2004. p. 241–66.
17. Mattedi M, Martins PR, Premebida A. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. *Pensamento Plural*, Pelotas 2011; 9: 130–55 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://pensamentoplural.ufpel.edu.br/edicoes/09/6.pdf>>.
18. Collins HM, Evans R. The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience. *Soc Stud Sci* 2002; 32(2): 235–296 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <<http://sss.sagepub.com/content/32/2/235.short?rss=1&ssource=mfc>>. [doi: 10.1177/0306312702032002003]
19. Jasanoff S. Breaking the waves in Science Studies: Comment on H. M. Collins and Robert Evans, ‘The Third Wave of Science Studies’. *Soc Stud Sci* 2003; 33(3): 389–400 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <<http://sss.sagepub.com/content/33/3/389.refs>>. [doi: 10.1177/03063127030333004]

20. Latour B. A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos. Bauru: EDUSC; 2001 [1999]. 370 p.
21. Bijker W. How is technology made? That is the question! *Cambridge J Econ* 2010; 34(1): 63–76 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <<http://cje.oxfordjournals.org/content/34/1/63.full>>. [doi: 10.1093/cje/bep068]
22. Winner L. Do artifacts have politics? In: Johnson DG, Wetmore JM (Ed.). *Technology and Society: Building our Sociotechnical Future*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press; 2008 [1986]. p. 209–26.
23. Latour B. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: UNESP; 2000 [1987].
24. Latour B. *Políticas da natureza: como fazer ciência na democracia*. Bauru: EDUSP; 2004 [1999].
25. Le Goff J. A visão dos outros: um medievalista diante do presente. In: Chauveau A, Tétart P. *Questões para a história do presente*. Bauru: EDUSC, 1999 [1992]. p. 93–102.
26. Diretório dos Grupos de Pesquisa [base de dados da Internet]. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; 1992–[acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>.
27. Currículo Lattes [base de dados da Internet]. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; 1999–[acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do?metodo=apresentar>>.
28. Scopus [base de dados da Internet]. Elsevier B.V.; 1995–[acesso em 26 abr. 2013]. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>.
29. Consulta à base de dados do INPI [base de dados na Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<https://gru.inpi.gov.br/pPI/jsp/patentes/PatenteSearchBasico.jsp>>.
30. Alencar MSM. *Estudos de futuro como abordagem para prospecção: caso nanotecnologia*. Rio de Janeiro. Tese [Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos] — Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2008 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://tpqb.eq.ufrj.br/download/estudo-de-futuro-o-caso-da-nanotecnologia.pdf>>.
31. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Consulta Delphi em Nanociência e Nanotecnologia — NanoDelphi: Relatório Final*. Brasília: CGEE; 2005 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.sae.gov.br/site/wp-content/uploads/12estudo_nanotecnologia.pdf>.
32. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. *Estudo prospectivo — Nanotecnologia: 2008–2025. Série Cadernos da Indústria; 20*. Brasília: ABDI, 2010 [acesso em 12 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1266607820.pdf>.
33. Rossi-Bergmann B. A nanotecnologia: da saúde para além do determinismo tecnológico. *Cienc Cult* 2008; 60(2): 54–57 [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000200024&lng=en&nrm=iso>.
34. Silva CG, Melo LCP, coordenadoras. *Nanociências e nanotecnologias*. In: Silva CG, Melo LCP, coordenadoras. *Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para a sociedade brasileira — Livro Verde*. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia; Academia Brasileira de Ciências; 2001. p. 79–82 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/859/1/ciencia,%20tecnologia%20e%20inova%C3%A7%C3%A3o_%20desafios%20para%20a%20sociedade%20brasileira.%20livro%20verde.pdf>.

35. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Livro Azul da 4ª Conferência Nacional de Ciência e Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: MCTI e CGEE, 2010 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6820>>. p. 51.
36. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Nanotecnologia. In: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012–2015: Balanço das atividades estruturantes 2011. Brasília: MCTI; 2012. p. 72-74. [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0218/218981.pdf>.
37. Guimarães CFC. Desenvolvimento da nanotecnologia em empresas brasileiras e suas potenciais implicações para o emprego. Curitiba. Dissertação [Mestrado em Tecnologia e Trabalho] — Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2010 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <http://files.dirppg.ct.utfpr.edu.br/ppgte/dissertacoes/2010/ppgte_dissertacao_320_2010.pdf>.
38. Casa Civil da Presidência da República; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; Ministério da Fazenda; Ministério do Planejamento; Ministro da Ciência e Tecnologia; Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada; et al. Diretrizes de Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior. 26 nov. 2003 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/politicact/diretrizes-pi-031212.pdf>>.
39. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Nanotecnologia. In: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Política de Desenvolvimento Produtivo: Balanço de Atividades 2008/2010. v. 4. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio; 2011. p. 39–44.
40. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. A dimensão sistêmica. In: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Plano Brasil Maior. Plano 2011-2014. Texto de Referência. Brasília: MDIC; 2011. p. 18–24 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.brasilmaior.mdic.gov.br/wpcontent/uploads/2011/11/plano_brasil_maior_texto_de_referencia_rev_out11.pdf>.
41. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Panorama nanotecnologia. Série Cadernos da Indústria;19. Brasília: ABDI; 2010 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Panorama%20de%20Nanotecnologia.pdf>>.
42. Goldbaum M, Serruda SJ. O Ministério da Saúde na política de ciência, tecnologia e inovação em saúde. Revista USP mar–mai 2007; 73: 40–47. [acesso em 14 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/revusp/article/viewFile/13587/15405>>. [doi: 10.11606/issn.2316-9036.v0i73p40-47]
43. Departamento de Ciência e Tecnologia. Fomento à pesquisa em saúde. In: Departamento de Ciência e Tecnologia. 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde — Anais. Brasília: Ministério da Saúde; 2005. p. 53–55 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/relatoriofinal2cnctis.pdf>>.
44. Departamento de Ciência e Tecnologia. Pesquisas estratégicas para o sistema de saúde. Série B: Textos Básicos de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2011 [acesso em 12 ago. 2014]. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/livro_pesquisas_estrategicas_para_o_sus.pdf>.
45. Pesquisa Saúde [base de dados da Internet]. Brasília: Departamento de Ciência e Tecnologia [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://pesquisasaude.saude.gov.br/bdgdect/index.php>>.
46. Coutinho L, Ferraz JC., coordenador. Estudo da competitividade da indústria brasileira — competitividade da indústria de fármacos. Campinas: Unicamp, 1993 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.ivfrj.ccsdecania.ufrj.br/download/est_compet.pdf>.

47. Morel RLM. Marco teórico. In: Morel RLM. *Ciência e Estado: a política científica no Brasil*. São Paulo: T. A. Queiroz Editor, 1979. p. 5–22.
48. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Potencialidades e debilidades da pós-graduação. In: *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Plano Nacional de Pós-Graduação (2005–2010)*. Brasília: CAPES; 2004. p. 49–51 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/spin/2005/spin415/pnpg2005-2010.pdf>>.
49. Oliveira SC. *Redes de colaboração científica: a dinâmica da rede em nanotecnologia*. São Carlos. Dissertação [Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade] — Universidade Federal de São Carlos; 2011 [acesso em 12 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4077>.
50. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Introdução. In: *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Plano Nacional de Pós-graduação 2011–2020*. v. 1. Brasília: CAPES; 2010. p. 8–11 [acesso em 11 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/spin/2005/spin415/pnpg2005-2010.pdf>>
51. Ludeña ME. *Avaliação de redes de inovação em nanotecnologia — a proposta de um modelo*. São Paulo. Tese [Doutorado em Administração] — Universidade de São Paulo; 2008 [acesso em 12 ago. 2014]. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-11122008-163153/pt-br.php>>.
52. Cancino J, Marangoni VS, Zucolotto V. Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. *Quím Nova* 2014; 37(3): 521–6. [dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140086].
53. União Europeia. *Recomendação da Comissão de 18 de Outubro de 2011 sobre a definição de nanomaterial*. *Jornal Oficial da União Europeia*. 20 out. 2011 [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011H0696&from=PT>>.
54. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia. *Contribuições: GT-Marco Regulatório* [acesso em 13 ago. 2014]. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>.