

Do nano-*boom* à paralisação: a trajetória da política brasileira de nanotecnologia¹

From nano-boom to paralysation: the trajectory of Brazilian nanotechnology policy

Noela Invernizzi²
noela.invernizzi@gmail.com

Guillermo Foladori³
gfoladori@gmail.com

Josemari Perschke de Quevedo²
josemari.quevedo@gmail.com

Resumo

O Brasil formulou uma política para incentivar o campo emergente da nanotecnologia no começo da década de 2000, em sincronia com os países industrializados. A área foi declarada estratégica na política de ciência, tecnologia e inovação desde 2004 e considerada um motor para aumentar a competitividade do país. Neste artigo avaliamos a trajetória da política de nanotecnologia ao longo de 15 anos, desde a euforia inicial à situação atual de virtual paralisação pelos cortes orçamentários. Analisamos como foi conformada a agenda da política, assinalando a influencia internacional e o papel central assumido pela comunidade científica. Examinamos quatro dimensões da formulação e implementação da política: a construção de capacidades de pesquisa, a promoção da inovação, a questão dos riscos e da regulação e a avaliação das implicações éticas, legais e sociais. Mostramos que a política de nanotecnologia foi concebida com um enfoque de governança estreito, que foi sendo ampliado ao longo do tempo, como resultado de pressões do contexto local e internacional. Finalmente evidenciamos o contraste entre o caráter estratégico atribuído à nanotecnologia e a falta de priorização real revelada pela instabilidade orçamentária. As fontes de informação são principalmente documentais, complementadas por observação sistemática de eventos relevantes e entrevistas com decisores políticos.

Palavras-chave: Nanotecnologia, política de CT&I, governança da nanotecnologia.

Abstract

Brazil formulated a policy to spur the emergent field of nanotechnology at the beginning of 2000 decade, in synchrony with industrialized countries. The area was declared strategic in the country's science, technology and innovation policy since 2004, and considered a motor to increase competitiveness. In this article we assess the trajectory of nanotechnology policy throughout 15 years, since the initial euphoria to current virtual shutdown due to funding cuts. We analyze how the policy agenda was constructed, highlighting international influences and the prominent role played by nanotechnology scientists. Then, we examine four dimensions of the formulation and implementation of the policy: scientific capacity building, promotion of innovation, issues of risks and regulation, and social implications matters. We claim that the policy was conceived within a narrow governance approach, which was broadened over time as a result of pressures coming

¹ Apoio: CNPq

² Universidade Federal do Paraná

³ Universidad Autónoma de Zacatecas

from the local and international contexts. Finally, we problematize the mismatch between the strategic status given to nanotechnology and the lack of real prioritization revealed by funding instability. Information sources are mainly documentary, complemented by direct observation of relevant meetings and interviews with policy makers.

Keywords: *Nanotechnology, ST&I policy, nanotechnology governance.*

Introdução

Quando a nanotecnologia emergiu internacionalmente como um campo científico de fronteira, no início do novo milênio, o Brasil rapidamente a incorporou como uma área estratégica em sua política de ciência, tecnologia e inovação (PCTI). A política de nanotecnologia começou a ser cunhada em 2000 e um programa nacional foi lançado em 2004. Nele, a exploração dessa tecnologia emergente é considerada um instrumento para aumentar a competitividade nacional e aportar benefícios econômicos e sociais (MCT, 2003).

Neste artigo analisamos o desenho, a implementação e os desafios da política brasileira de nanotecnologia abrangendo o período 2000–2016. Mostramos, na primeira seção, como foi elaborada a agenda política, destacando o papel proeminente desempenhado pelos cientistas da área e a configuração de um modelo estreito de governança da nanotecnologia. Na segunda seção, examinamos a formulação e implementação da política, com foco em quatro dimensões: a construção de capacidades de pesquisa, a promoção da inovação, a avaliação de riscos e regulação, e a atenção às implicações sociais. Mostramos que, ao longo do processo de implementação, houve uma ampliação do modelo de governança, incorporando novos atores e temáticas. Na terceira seção problematizamos o status estratégico dado à nanotecnologia na PCTI face à instabilidade do orçamento alocado. Encerramos o artigo com breves conclusões.

Quanto à abordagem metodológica, as fontes de informação são principalmente documentais, obtidas junto ao Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)⁴, incluindo textos de política, relatórios de gestão e atas de reuniões. De forma complementar, usamos a observação direta de reuniões organizadas pelo MCTI e entrevistas com decisores políticos.

A inclusão da nanotecnologia na agenda da PCTI

Nos primeiros quatro anos do milênio, um conjunto de ações estabeleceu a nanotecnologia como área estratégica da PCTI brasileira. Em 2000, um workshop organizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e

pelo MCTI reuniu pesquisadores da área que propuseram criar um programa de nanotecnologia. Um grupo de trabalho foi instituído pelo ministério para mapear as competências locais e desenvolver uma agenda (Knobel, 2002). Cientistas destacados assumiram, nesse momento, a organização do novo campo e passaram a aglutinar a comunidade interessada.

No ano seguinte, o CNPq financiou quatro redes cooperativas de pesquisa em nanotecnologia e, com recursos do Banco Mundial, foram implantados quatro Institutos do Milênio para investigação na área. Em 2003, o grupo de trabalho estabelecido apresentou o documento base do Programa para o Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, que seria incorporado no Plano Plurianual 2004–2007 do MCTI. Para sua implementação, foi criada no MCTI a Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias (CGMNT). Esse plano inicial foi reforçado em 2005 com o lançamento do Programa Nacional de Nanotecnologia (PNN), que teve metas mais alinhadas com a Política de Desenvolvimento Industrial, Tecnológico e de Comércio Exterior. A nanotecnologia continuou a ser uma área prioritária nos sucessivos planos plurianuais 2008–2011, 2012–2015 e 2016–2019. Em 2012, o PNN foi revitalizado com a promulgação da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), que permanece em vigor.

A rápida inclusão da nanotecnologia na agenda da PCTI resultou da ação conjunta de três elementos: a influência internacional, o protagonismo da comunidade científica local, e uma racionalidade comum compartilhada por organizações internacionais, decisores políticos e cientistas sobre o papel da ciência na inovação e no desenvolvimento.

O lançamento pelos Estados Unidos da *National Nanotechnology Initiative* (NNI), em 2000, exerceu uma enorme influência sobre as políticas de outros países. Em meados de 2000, mais de 60 países já tinham programas de nanotecnologia (Sargent, 2008). Entre os formuladores de políticas e cientistas brasileiros, a NNI foi um marco de referência na concepção do primeiro programa, embora, como veremos, as linhas de ação sobre *EHS* (Ambiente, Saúde e Segurança) e *ELSI* (aspectos Éticos, Legais e Sociais), importantes naquela, foram omitidas na política local. A influência foi mais evidente na IBN, com um desenho institucional que buscou maior integração transversal entre ministérios e órgãos governamentais (Plentz, 2016).

⁴ Usamos o acrônimo MCTI para denominar o Ministério, apesar dos três nomes pelos quais passou no período estudado. Nas referências a documentos, no entanto, usamos o acrônimo vigente no momento da elaboração ou publicação dos mesmos: MCT, MCTI ou MCTIC.

A replicação de modelos de políticas tem sido recorrente na região latino-americana (Bastos e Cooper, 1995) e, como aponta Velho (2011), muitas vezes foi vista como uma resposta a desafios globais comuns. As organizações internacionais têm desempenhado um papel importante nessa transferência de políticas, e Foladori *et al.* (2012) mostram que isso ocorreu no caso da nanotecnologia. Na década de 1990, o Banco Mundial, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico e o Banco Interamericano de Desenvolvimento divulgaram uma reorientação conceitual de PCTI que propunha a integração dos países à economia do conhecimento como caminho de desenvolvimento. Isto seria obtido através da inovação e adoção de tecnologias avançadas, que permitiriam a sua inserção competitiva no mercado mundial. O projeto dos Institutos do Milênio, implementado em diversos países, articulou-se com esse objetivo, promovendo a criação de centros de pesquisa de excelência em áreas de ponta para capacitar recursos humanos e estimular os vínculos da pesquisa com o setor produtivo (Macilwain, 1998).

A agenda científica também foi influenciada pela internacionalização da comunidade científica local. Quando a área de nanotecnologia surgiu nos principais centros de pesquisa global da década de 1990, as universidades brasileiras começaram a contar com recursos como a internet e a bases on-line de periódicos científicos, e houve uma expansão das oportunidades de doutoramento e pós-doutoramento no exterior. Como resultado, os cientistas locais intensificaram seu contato com os centros mais dinâmicos de produção de conhecimento. Além disso, os sistemas de avaliação e recompensa científica, que privilegiam publicações em revistas de prestígio internacional, fortaleceram os laços com a ciência global. Os cientistas locais acompanharam a constituição do campo da nanotecnologia nos países desenvolvidos de uma maneira muito mais próxima do que fizeram no passado em outras áreas emergentes, incorporando-a rapidamente em suas agendas de pesquisa (Invernizzi *et al.*, 2012).

O segundo elemento-chave é que os cientistas interessados rapidamente se articularam para moldar o novo campo científico no país. Eles o fizeram dando-lhe visibilidade em veículos de comunicação acadêmica, promovendo o campo entre seus pares, e também na imprensa e na televisão, onde legitimaram a área em termos dos seus benefícios para o desenvolvimento econômico e social do país (Invernizzi, 2008, Korbes, 2013). A retórica, como aponta Dryzek (2010), desempenha um papel importante na governança de políticas, e foi utilizada para acomodar a nanotecnologia entre as prioridades da PCTI. Os cientistas da área rapidamente se tornaram o ator dominante da política de nanotecnologia, assumindo papéis como conselheiros e revisores de pares, e atuando diretamente como decisores políticos em posições-chave (Santos Junior, 2013). Esse processo gerou uma rápida mobilização de agentes que já orbitavam em áreas

científicas próximas à nanotecnologia, conformando uma rede consolidada (Doerr e Powell, 2005).

Os formuladores de políticas profissionais, atuando no MCTI e nas agências financiadoras, tenderam a basear suas ações nos julgamentos de expertos na área, reforçando a centralidade dos cientistas. Isso pode ser observado na composição do Comitê Consultivo de Nanotecnologia (CCNano) da CGMNT, constituído quase inteiramente por cientistas. A presença, assim como a influência, dos representantes do setor produtivo na definição da política foi pouco significativa (Mendes, 2016).⁵ No entanto, os cientistas, ao assumir o discurso da inovação, apresentaram-se como porta-vozes do setor produtivo, legitimando seus interesses científicos em termos do potencial da nanotecnologia para o desenvolvimento econômico. Outros atores, como representantes da sociedade civil, estiveram completamente ausentes da conformação da agenda.

O terceiro elemento que contribuiu para forjar o campo da nanotecnologia na agenda da CT&I foi uma racionalidade compartilhada por organizações internacionais, formuladores de políticas e cientistas sobre o papel da ciência na inovação e no desenvolvimento. A abordagem da economia do conhecimento das instituições internacionais foi de encontro com a influência da teoria dos sistemas nacionais de inovação na PCTI brasileira, e cristalizaram, desde início dos 2000, uma mudança institucional do sistema de ciência e tecnologia para aproximá-las da inovação (Bagattolli, 2013). Tudo isso convergiu para criar uma "janela de oportunidade política" (Kingdon, 1995) para a nanotecnologia, isto é, houve um ambiente favorável para introduzir um novo tópico na agenda política. Essa racionalidade se verifica no principal objetivo da política, exposto no primeiro programa e mantido nos planos subsequentes:

"... criar e desenvolver novos produtos e processos em nanotecnologia, implementando-os para aumentar a competitividade da indústria nacional, e capacitando pessoal para o aproveitamento das oportunidades econômicas, tecnológicas e científicas da nanotecnologia" (MCT, 2003:8).

De acordo com essa racionalidade dominante, o surgimento da nanotecnologia foi caracterizado como uma oportunidade que exigia rápidas ações e investimentos decisivos na área:

"... numa iminente quebra de paradigmas imposta pela nanociência e nanotecnologia, estamos diante de uma oportunidade única para ingressarmos na nova era em fase com países desenvolvidos..." (MCT, 2003: 8).

Dado o papel atribuído às tecnologias intensivas em conhecimento como catalisadoras da competitividade nos países em desenvolvimento, a nanotecnologia foi incorporada na PCTI como recurso estratégico para enfrentar a falta de competitivi-

⁵ Durante as 13 reuniões do CcNano, entre 2009 e 2014 (última reunião), houve apenas 3 representantes da Confederação Nacional das Indústrias, entre 43 participantes.

dade nacional, reconhecida como um problema público desde o final das políticas de substituição de importações. Em termos discursivos, é interessante notar os adjetivos utilizados para qualificar a nanotecnologia nos textos de políticas: "área estratégica", "portadora de futuro" (MCTI, 2007a), "fronteira para a inovação" (MCTI, 2012a); "tecnologia facilitadora" (MCTIC, 2016).

Formulação e implementação da política

O processo de definição da agenda, conduzido pela comunidade científica e centrado no problema da competitividade, se expressou em uma particular formulação e implementação da política de nanotecnologia. Esta se caracterizou por duas linhas de ação bem definidas, que foram estáveis ao longo do tempo: o fortalecimento das capacidades científicas e a promoção da inovação. Outras duas linhas de ação tiveram uma proposição muito mais ambígua. O tratamento dos riscos e da regulamentação foi uma questão em disputa, sobre a qual foi exercida uma blindagem substancial durante quase uma década. A avaliação das implicações sociais da nanotecnologia foi incorporada apenas de forma retórica e marginalizada na execução da política. Observaremos, ao abordar estas quatro questões, que as pressões do contexto nacional e internacional causaram, ao longo do tempo, uma reconfiguração do modelo de governança da política, com efeitos nos dois últimos aspectos.

Construção de capacidades científicas

Ao longo dos planos plurianuais, os instrumentos para promover a pesquisa, a formação de recursos humanos e a criação e modernização da infraestrutura de laboratórios permaneceram constantes e receberam uma parte considerável do orçamento destinado à nanotecnologia.

A promoção da pesquisa foi conduzida através de redes cooperativas concebidas com o objetivo de aglutinar e fortalecer as capacidades de investigação no país, vinculando cientistas de universidades e centros de pesquisa, e incentivando a participação de empresas.⁶ Em 2001, 2004 e 2010 o CNPq lançou três chamadas que resultaram em 31 redes cooperativas de pesquisa que ganharam maior especialização temática nas edições sucessivas. Em 2008, foram criados 16 Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCTs), também com formato de redes de instituições, abordando diversas áreas de investigação em nanotecnologia. Embora o modelo de redes tenha sido bem sucedido em ligar e expandir rapidamente os investigadores no campo e facilitar a partilha de infraestruturas laboratoriais, foi frequentemente cri-

ticado pela fragmentação de recursos entre grandes equipes e a proliferação de temas sem uma hierarquia conforme os recursos e competências disponíveis (Knobel, 2005; Plentz, 2016).

A capacitação de recursos humanos foi essencialmente financiada com investimentos regulares para bolsas de mestrado e doutorado da Capes (Coordenação para o Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior) e do CNPq; alguns projetos voltados especificamente para a formação de mestres e doutores em nanotecnologia, como o implementado em conjunto pela Capes e pelo CNPq em 2008, com 81 milhões de reais; e também através de intercâmbios e cooperação a nível internacional (MCTI, 2008).

O crescimento do número de pesquisadores em nanotecnologia foi significativo. No início da década de 2000 cerca de 300 foram identificados. Atualmente, no ano de 2017, a Plataforma Lattes de currículos abrange 5519 pesquisadores, dos quais 3030 são doutores e incluem a palavra nanotecnologia em sua produção científica (CNPq, 2017a). O diretório de grupos de pesquisa do CNPq conta com 1232 grupos de pesquisa identificados pelo prefixo "nano" no nome do grupo de pesquisa, em algumas de suas linhas de pesquisa ou nas palavras-chave usadas para categorizar seus tópicos de investigação (CNPq, 2017b).

Outro objetivo foi o desenvolvimento da infraestrutura de pesquisa. A estratégia seguida foi criar ou fortalecer laboratórios multiusuários de grande porte, com equipamentos de última geração. Também foram alocados recursos para atualizar laboratórios de universidades e centros de pesquisa (Invernizzi *et al.*, 2012). Em 2012, como uma das principais ações da IBN, foi concebido o SisNano, o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia.

O SisNano é composto por uma rede de laboratórios cujas instalações e recursos humanos estão à disposição de usuários do setor público e privado. É formado por laboratórios estratégicos - grandes laboratórios ligados ao governo federal - e laboratórios associados, pertencentes a universidades e institutos de pesquisa. Eles devem disponibilizar, respectivamente, 50% e 15 % do tempo para projetos de usuários externos, públicos e privados (SisNano, 2017). O sistema foi lançado com um orçamento anual planejado de R\$70 milhões. No entanto, em 2013, foi de R\$28 milhões, em parte executados em 2014, e em 2015 e 2016 os cortes orçamentários o reduziram a menos de R\$3 milhões. Esta enorme diminuição de recursos comprometeu a decolagem do novo desenho laboratorial (Plentz, 2016; Mendes, 2016).

Mesmo com o congelamento virtual de todas as ações da IBN a partir de 2015, pode-se avaliar que, desde o início da política, a capacitação de recursos humanos e o aprimoramento da infraestrutura foram aspectos bem-sucedidos da política. Isto pode ser atribuído ao fato de serem instrumentos tradicionais de apoio à investigação, já consolidados no país, que contribuíram para aumentar as capacidades a partir de uma estrutura inicial já existente em universidades e centros de investigação. No en-

⁶ Além de financiar pesquisas através de redes, várias outras pesquisas incluíram nanotecnologia com chamadas individuais, com parte delas destinada a jovens doutores.

tanto, o corte de recursos, paralizou violentamente esse processo de expansão.

Promoção da inovação

A partir da implementação do PNN, em 2005, a política de nanotecnologia passou a fortalecer a promoção da inovação, de acordo com os objetivos da política industrial. Assim, a execução da política, inicialmente centrada no MCTI e suas agências, estendeu seus laços institucionais para incluir o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI).

Uma das ações conjuntas dos dois ministérios foi a disseminação da nanotecnologia no setor produtivo através de 13 eventos realizados entre 2008 e 2009. Além disso, foram realizados em 2011 e 2012 dois workshops sob o tema "Nanotecnologia: da ciência ao mundo dos negócios." Em tais ocasiões foram apresentados casos de sucesso envolvendo inovações com nanotecnologia em pequenas, médias e grandes empresas e foram expostas as principais linhas de financiamento disponíveis para a inovação (Plentz e Fazio, 2013).

Um conjunto de instrumentos para o financiamento da inovação em empresas incluíram a nanotecnologia entre as áreas focalizadas. Barbosa (2017) analisou três deles: a pesquisa conjunta entre instituições de C&T e empresas (ICT-E); a subvenção econômica à inovação (SEI); e o programa de bolsas para formação de

recursos humanos em áreas estratégicas (RHAE). Os dois primeiros, com orçamentos maiores, são executados pela FINEP e o último pelo CNPq. No total, os três programas beneficiaram 122 empresas com pouco mais de R\$123 milhões entre 2003 e 2013.⁷ Os setores mais beneficiados foram saúde, cosméticos e nanomateriais. Barbosa chama a atenção para a descontinuidade dos recursos desses programas, tal como expressa a figura 1, e a escassa seletividade em termos de áreas, o que denota pouca priorização das empresas com maior potencial competitivo e resultou em fragmentação de recursos. Essa conclusão reforça um estudo anterior de Peixoto (2013) que já havia verificado tal tendência.

Através do SisNano, a inovação foi facilitada mediante o acesso das empresas à infraestrutura de laboratórios públicos e seus recursos humanos. Em uma avaliação realizada em 2015, o conjunto de laboratórios estratégicos e associados do SisNano relatou ter projetos em andamento ou em negociação com 167 empresas.⁸

Três redes de inovação Sibratec (Sistema Brasileiro de Ciência e Tecnologia) foram implementadas em 2013, com um orçamento de R\$29 milhões. As redes Sibratec direcionam pesquisadores para atender demandas tecnológicas das empresas. Uma delas, atendendo 20 empresas, abordou nanomateriais e nanocompósitos. A segunda, também atendendo 20 empresas, atuou em nanodispositivos e nanosensores. A terceira destinou-se à certificação de laboratórios públicos pelos padrões ISO para prestar serviços ao setor produtivo (MCTI, 2015).

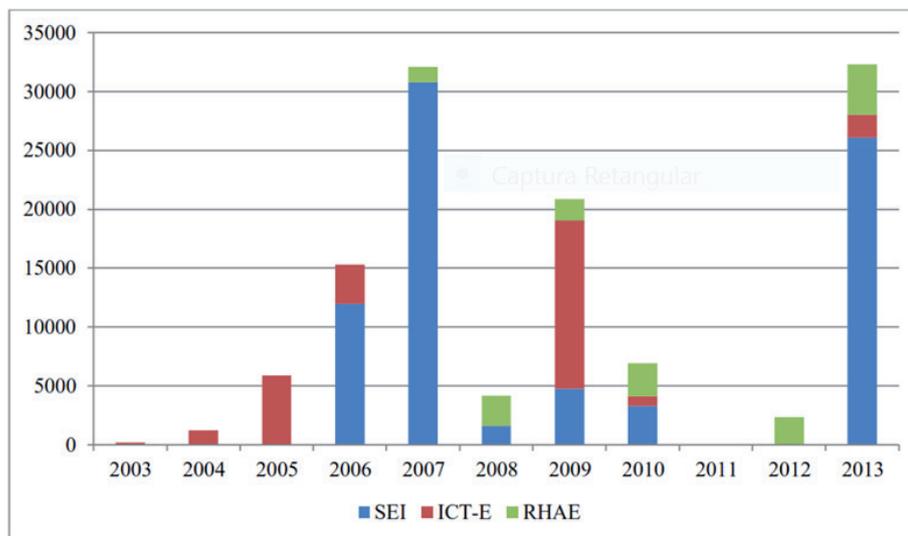


Figura 1. Evolução do financiamento para inovação em nanotecnologia dos programas Subvenção Econômica, Pesquisa ICT-Empresas e Bolsas RAHE (em milhares de reais).

Fonte: Barbosa (2017, p. 132)

⁷ Note-se que o programa com o maior orçamento, o subsídio econômico para a inovação, começou em 2006.

⁸ Dado divulgado nas apresentações realizadas no workshop de avaliação do SisNano realizado em Brasília em 29 e 30 de julho de 2014.

Os dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC) permitem avaliar a difusão da nanotecnologia no setor produtivo. Esta pesquisa considera empresas com 10 funcionários ou mais, deixando de fora algumas *start-ups* de nanotecnologia. Na PINTEC 2008, a primeira a coletar dados sobre nanotecnologia, 487 empresas relataram atividades envolvendo essa tecnologia no triênio 2006-2008. Dessas, 458 empresas foram consideradas inovadoras, ou seja, introduziram naquele período alguma inovação de produto ou processo (Peixoto, 2013, p. 161). A PINTEC 2011 reportou 1.132 empresas com atividades em nanotecnologia no triênio 2009-2011, sendo 975 delas inovadoras (IBGE, 2013, p. 67-68). Finalmente, o levantamento de 2014, que abrange o período 2012-2014, registrou uma redução no número de empresas, para 975, das quais 870 eram inovadoras (IBGE, 2016, p. 71).

Analisando os dados da PINTEC, Bagattolli e Invernizzi (2016) observaram que a taxa de inovação entre as empresas com atividades em nanotecnologia mais do que dobra a das empresas em geral. No entanto, considerando a classificação por categorias de uso da nanotecnologia, predominam as formas de inovação menos complexas, incluindo usuarios finais (53% do total na PINTEC 2011 e 61% na PINTEC 2014) e usuarios integradores da tecnologia (30% e 26%, respectivamente). A primeira categoria refere-se à aquisição pela empresa de um produto acabado que usa nanotecnologia. A categoria de usuário integrador refere-se à empresa que compra insumos ou processos nanotecnológicos para incorporá-los em bens e serviços produzidos por ela. Uma parcela minoritária de empresas, embora crescente, desenvolve atividades inovativas mais sofisticadas, abrangendo pesquisa e desenvolvimento (11% em 2011 e 18% em 2014) e produção de insumos, produtos ou processos nanotecnológicos (6,8% e 15%, respectivamente) (IBGE, 2013, p.27; IBGE, 2016, p. 74).

No que diz respeito ao incentivo à inovação, pode-se notar que a política foi descontínua, com picos de financiamento em 2007 e 2013. Há um número significativo de empresas que utilizam a nanotecnologia, porém apenas uma minoria desenvolve atividades de inovação mais intensivas. Há demanda de empresas aos laboratórios SisNano, mas ainda não há elementos suficientes para aferir o sucesso da transferência de conhecimentos das instituições de pesquisa para as empresas. Na avaliação de Mendes (2016), quem, como coordenador da CGMNT por mais de uma vez, acompanhou o desenvolvimento da política de nanotecnologia desde o início, a interação entre instituições de pesquisa e empresas avançou significativamente durante a última década e meia.

Tensões em torno dos riscos e da regulação

A primeira década da política de nanotecnologia foi marcada por uma omissão quase completa da questão dos riscos

potenciais da nanotecnologia e sua regulação. A primeira ação sistemática, a promoção da pesquisa em toxicologia, ocorreu em 2011, marcando a transição para uma abordagem mais ampla de governança que se plasmaria na IBN de 2012. Um dos objetivos da IBN é a proteção do meio ambiente e dos seres humanos (MCTI, 2012b, p. 74), e reconhece a questão regulatória como uma demanda emergente (MCTI, 2012b, p.81). Segundo a caracterização de Linkov et al. (2016), no caso brasileiro operou-se um movimento dos riscos para a governança, ao invés de uma abordagem de governança que envolvesse os riscos.

O desfase entre a promoção entusiasta da nanotecnologia e a atenção aos aspectos *EHS* pode ser atribuído a tensões entre nanocientistas, alguns mais propensos a abordar a questão, e outros defensores de adiá-la. Sem dúvida, sendo uma comunidade internacionalizada, havia conhecimento dos componentes de pesquisa *EHS* nos programas de nanotecnologia europeus e norte-americano, bem como de relatórios relevantes recomendando pesquisas sobre riscos como o da Royal Society (RS-RAE, 2004).⁹

Estudos da comunicação pública sobre nanotecnologia em jornais, revistas e TV (Korbes, 2013; Invernizzi e Cavichio, 2009) e no *Jornal de Ciência*, da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (Invernizzi, 2008) revelam que essa relutância pode atribuir-se à concepção da relação entre ciência, tecnologia e sociedade de muitos cientistas da área. Eles tendem a propor visões lineares do progresso científico, com ênfase nos benefícios e pouca consideração dos seus riscos e implicações sociais. Quando os abordam, predominam os enfoques reducionistas, que privilegiam soluções técnicas e limitadas ao domínio dos expertos. Os estudos citados observaram respostas reativas de cientistas às manifestações de grupos sociais organizados sobre os riscos e implicações sociais da nanotecnologia, e a desacreditação dos seus argumentos como não científicos.

Desde a criação do PNN em 2004, até 2013, quando ocorre a última chamada de pesquisa, de 25 chamadas apenas nove incluíram o tema riscos, e em três delas o significado está mais próximo do risco econômico do que de riscos para a saúde e o ambiente. Embora as chamadas para redes de investigação, instrumento chave da política, incluíram os impactos ambientais da nanotecnologia entre os temas propostos, não foi financiada nenhuma rede sobre esse assunto. Isso evidencia que a investigação sobre riscos teve baixa prioridade atribuída pelos comitês de avaliação, ou pelos próprios cientistas, caso não tenham sido apresentadas propostas.

No final de 2007, o recém-criado comitê consultivo CC-Nano, com função de assessorar a CGMNT, sugeriu a definição de uma estratégia de avaliação dos riscos sócioambientais dos produtos nanotecnológicos (MCTI, 2007b, p.12). Uma proposta de chamada de pesquisa foi elaborada, a qual, após várias reformulações, acabou não sendo autorizada pelos escalões mais altos do MCTI (Mendes, 2016). A declaração em uma entrevista

⁹ Ver, por exemplo, o relatório sobre Nanotecnologia do Centro de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (Galembeck e Ripel, 2004, p. 118).

recente a um renomado pesquisador evidencia que havia fortes tensões sobre o assunto. Ele afirmou que, quando em 2002, começou a investigar os riscos dos nanomateriais, foi acusado de “fogo amigo” por outros pesquisadores (Oliveira, 2017, p. 73).

A partir de meados de 2000, a discussão sobre riscos adquiriu força em nível internacional: houve um aumento das publicações científicas sobre riscos; as medidas regulatórias começaram a ser tratadas pelos governos e pelas instituições internacionais; vários grupos sociais organizados se mobilizaram exigindo mais pesquisa, regulação e até mesmo uma moratória, e várias agências ambientais e de saúde ocupacional começaram a publicar guias para a pesquisa e o trabalho seguro com nanomateriais. Nesse contexto, vários cientistas começaram a reconhecer, no país, a importância do tema, e surgiram novos atores que criaram pressão para abordá-lo. Quatro projetos de lei sobre rotulagem de produtos e regulação de nanotecnologias entraram no Congresso desde 2005, propondo perspectivas bastante diferentes das da comunidade científica e desafiando a falta de direção da política de nanotecnologia sobre o assunto. Os dois primeiros projetos foram rapidamente arquivados, e os dois últimos, apresentados em 2013, estão em análise. O debate em torno desses projetos de lei, especialmente sobre o PL 741/2013, que propõe uma Política Nacional de Nanotecnologia, colocou, pela primeira vez, um questionamento político da política pública, exigindo respostas dos decisores e pondo fim à blindagem do tema.

O Ministério da Indústria assumiu a liderança promovendo as primeiras discussões sobre regulação no Fórum de Competitividade em Nanotecnologia, criado em 2009, e publicando um relatório sobre riscos e regulação em 2011. O Comitê Consultivo da CGMNT, com uma composição de conselheiros cientistas mais favorável a enfrentar o tema, propôs em 2011 uma chamada de pesquisa em nanotoxicologia, da qual resultaram seis redes de investigação, ativas até 2015. Com a incorporação da segurança e da regulação como objetivos da IBN, em 2012, a política pública finalmente legitimou tais questões.

A criação do Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN), como órgão responsável pela definição dos objetivos, estratégias e visão de longo prazo para o desenvolvimento da nanotecnologia (Plentz e Fazzio, 2013), foi fundamental para se obter um consenso sobre a importância da pauta riscos-regulação entre oito ministérios, agências governamentais e representantes convidados da indústria e sindicatos. Uma das ações resultantes, que exigiu um elevado orçamento, foi a adesão do país em 2014 ao projeto internacional NanoREG liderado pela União Europeia, com o objetivo de desenvolver investigação de riscos para fins regulatórios (Plentz, 2016).

Ao promover uma participação mais integrada de vários ministérios e agências reguladoras, a IBN contribuiu para alinhar novos atores e construir um novo modelo de governança da nanotecnologia. Isso é verificado, por exemplo, na criação de programas próprios sobre riscos e regulação em agências como a Anvisa, responsável pela regulamentação de medicamentos e

alimentos, e a Fundacentro, agência de saúde ocupacional (Quevedo e Invernizzi, 2016).

Apesar desses avanços, os projetos de lei no Congresso Nacional geraram reações de cientistas e decisores políticos, mostrando que a questão ainda não está estabilizada. Uma audiência pública foi solicitada pelo MCTI para examinar o projeto de lei mais controverso (PL 741/2013). A audiência, realizada em junho de 2015, revelou entendimentos diferentes sobre os riscos da nanotecnologia e disputas sobre as formas mais apropriadas de regulação. Nesse evento, os representantes da comunidade científica e do MCTI conseguiram que a tramitação do PL fosse parada para realização de uma discussão mais ampla (Quevedo e Invernizzi, 2017).

A oposição ao projetos de lei gerou um reposicionamento defensivo de um grupo de renomados nanocientistas que, apoiados pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e a Academia Brasileira de Ciências, emitiram um manifesto veemente contra os PLs. O manifesto afirma que:

Os seus riscos [dos nanomateriais] à saúde humana têm sido amplamente estudados e os resultados mostram a inexistência de qualquer riscos “nano-específicos” embora estes sejam frequentemente mencionados em publicações que não tem base científica (Jornal da Ciência, 2015, np).

É notório, neste manifesto, o retorno à cena de argumentos típicos do início dos anos 2000, como a sugestão de que não há nada de novo nos nanomateriais pois eles já existem na natureza, sem levar em conta a escala nova em que se apresentam agora os nanomateriais. Também surpreende a alegação de que a questão dos riscos já teria sido resolvida pela ciência, permanecendo apenas argumentos não-científicos, fazendo caso omissivo do estágio inicial da pesquisa sobre riscos (Kulinowski, 2009).

Exclusão das implicações sociais

A política de nanotecnologia mencionou escassamente os aspectos *ELSI* e não os incorporou em objetivos e metas específicos. O documento base do primeiro Programa de Nanotecnologia considerou necessárias ações para a “informação da sociedade sobre os impactos da nanotecnologia na vida do cidadão, as novas oportunidades e os riscos de obsolescência que ela cria para produtos e processos atuais” (MCT, 2003, p. 9). Quando esse documento foi submetido a consulta pública foi observada a falta de um componente social e ambiental; todavia, isso não teve impacto no documento final (MCT, 2004). O seguinte Plano Plurianual, 2007-2010, salientou a necessidade de “estabelecer políticas sobre questões éticas e impactos sociais dos produtos baseados na nanotecnologia” (MCT, 2007a, p. 144), sem aprofundar na questão. Houve avanço na IBN na forma de apresentar a relação ciência-tecnologia-sociedade, reconhecendo que o progresso científico e tecnológico gera implicações e riscos sociais e éticos. O texto afirma a necessidade de uma maior participação da sociedade no desenvolvimento da nanotecnologia,

porém rapidamente se desliza para um enfoque unidirecional de popularização da ciência (MCTI, 2012b, p.17).

Essas escassas diretrizes resultaram em ações muito limitadas. Durante o período de 2001 a 2016, houve apenas um chamado de investigação específico sobre as implicações econômicas, sociais e éticas da nanotecnologia, em 2004, que financiou cinco projetos de pesquisa com apenas R\$200 mil. Em 2014, o CCNano destinou recursos para a formação de uma rede de pesquisa sobre o tema, mas, com os cortes orçamentários subsequentes, nunca se concretizou.¹⁰

Se, juntamente com Dye (1984), considerarmos que as políticas públicas são o que o Estado decide fazer, mas também o que decide não fazer, podemos atribuir à marginalização dos temas *ELSI*, e o adiamento do tratamento dos riscos e da regulação antes mencionados, um significado político importante.

Em primeiro lugar, essa ausência reafirma, como argumentado, uma concepção estreita da relação ciência-tecnologia-sociedade dominante entre os cientistas, ator chave da política, a qual se explicita tanto nos textos da política como na atitude reativa de muitos cientistas frente às manifestações de atores não-expertos.

Em segundo lugar, evidencia que não houve, no país, atores sociais suficientemente fortes para incluir essas questões na agenda de nanotecnologia. Somente alguns sindicatos, especialmente do setor químico e farmacêutico, se mobilizaram em torno de riscos ocupacionais e outros impactos da nanotecnologia, por exemplo, sobre o emprego (Jensen, 2013). No contexto da abertura da IBN para incluir novos atores, representantes

sindicais foram convidados a participar como observadores em reuniões do CIN. Não houve mobilização de atores vinculados a grupos ambientalistas, de consumidores, ou de justiça social que, em outros países foram os que mais se mobilizaram pela segurança da nanotecnologia e apontaram diversos impactos sociais da mesma.

Uma área estratégica?

Se considerarmos o orçamento como a expressão mais crua das prioridades estabelecidas pelas políticas públicas, podemos problematizar a construção da política de nanotecnologia em torno da ideia de "área estratégica".

A evolução do orçamento,¹¹ desde a implementação do PNN em 2004 até 2016, caracteriza-se pela instabilidade (Figura 2). O período áureo durou apenas quatro anos, e a partir de 2008 houve uma forte queda do financiamento, com uma recuperação efêmera em 2013 (com parte desse orçamento executado em 2014), e nova queda a níveis baixíssimos. Em 2017 não se espera recuperação, uma vez que o orçamento de CT&I foi reduzido à metade (Jornal da Ciência, 2017).

Observa-se que o orçamento atribuído a nanotecnologia foi mais substancial no momento do lançamento dos programas: em 2005, no início do PNN; em 2007, no lançamento do PPA 2007-2011; e em 2013, o primeiro ano da IBN. Mas, em seguida, tendeu a encolher, mostrando a falta de sustentabilidade da política e a dificuldade para cumprir plenamente seus objetivos.

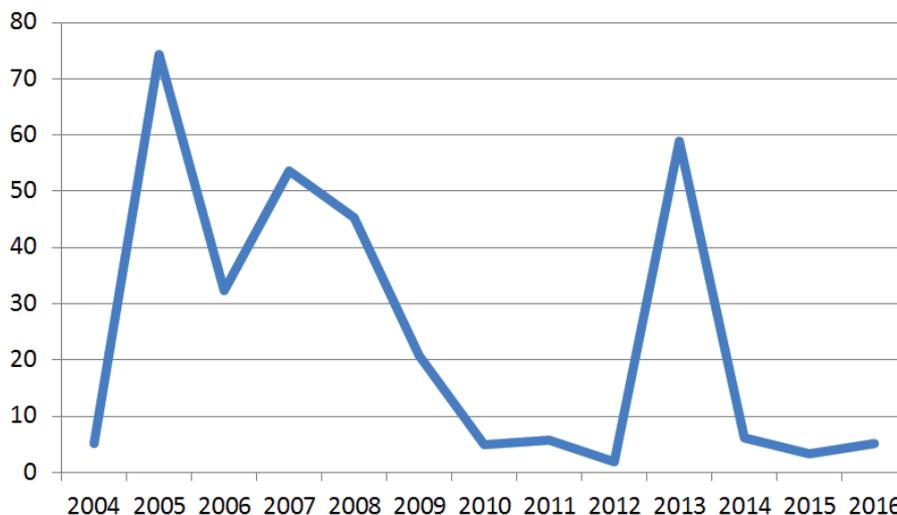


Figura 2: Investimento do MCTI em nanotecnologia de 2004 a 2016 (em milhões de Reais)

Fonte: Autores. Elaborada a partir dos dados do MCTI.

¹⁰ Ata da reunião do CCNano de 31 de Julho de 2014.

¹¹ Consideramos aqui o orçamento administrado pela CGMNT, composto pela Fonte 100, proveniente do orçamento nacional atribuído ao MCTI e os recursos do FNDCT.

Os recursos orçamentários (fonte 100) atribuídos à nanotecnologia foram consistentemente reduzidos no período analisado. Em parte, foram compensados pelos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) que, por sua vez, caíram drasticamente desde 2014 (Mendes, 2016). Em um contexto de recursos apertados, várias áreas científicas e múltiplos programas competem por recursos no MCTI. Observamos que os momentos em que foi possível garantir maiores recursos para nanotecnologia foram aqueles em que cientistas influentes da área ocuparam posições-chave como decisores políticos em vários escalões do MCTI, garantindo um forte *lobby* no ministério.

Os cientistas Fernando Galembeck e Cylon Gonçalves da Silva, ambos com posições de segundo escalão no MCTI, foram essenciais para incluir a nanotecnologia nas atividades e no orçamento do ministério no início da década de 2000. O período de maiores recursos, entre 2005 e 2008, coincidiu com o mandato como ministro do físico e pesquisador em nanotecnologia Sérgio Rezende. Após um período de diminuição de recursos, outro pesquisador da área, Adalberto Fazzio, ocupou uma posição de segundo escalão, e teve um papel determinante para garantir o orçamento para lançar a IBN. A condução da CGMNT, um cargo de terceiro escalão, foi realizada por cientistas da área entre 2008 e final de 2014.

O posicionamento discursivo da nanotecnologia como uma área estratégica da PCTI – vista como um meio de inserção competitiva do país na economia do conhecimento, e como portadora de benefícios nas áreas de saúde, ambiente, energia, agricultura, entre outras – contrasta com a instabilidade do orçamento e a necessidade de luta constante por recursos.

Conclusões

Embora o principal objetivo da política de nanotecnologia – a promoção da competitividade nacional – tenha se mantido constante ao longo de uma década e meia, observamos algumas mudanças nos temas e atores envolvidos. A primeira década foi caracterizada pelo posicionamento do campo através da capacitação em pesquisa e a busca de alinhamento com a política industrial por meio do incentivo à inovação. Durante esse período, a política permaneceu bastante centrada na comunidade científica e no MCTI, com um importante papel dos cientistas atuando como assessores e como decisores políticos. Ao longo da década, a interação com o MDIC cresceu. Questões como riscos, regulação e implicações sociais da nanotecnologia não entraram na agenda, gerando, contudo, tensões.

Algumas mudanças importantes ocorreram no início da segunda década do milênio e foram consolidadas na IBN. A IBN promoveu um reordenamento institucional, dando centralidade ao SisNano, e a um novo sistema de governança, com a incorporação de novos atores e novos temas. A rede de governança expandiu-se para vários ministérios, agências governamentais e representantes de setores sociais organizados, com o objetivo

de ampliar o alcance, a relevância e o orçamento da política. A investigação sobre nanotoxicologia e a questão da regulação ganharam legitimidade ao serem elevadas a objetivos da política e ligadas a redes internacionais (projeto NanoREG). No entanto, algumas tensões voltaram a emergir quando uma proposta de regulação de nanotecnologia foi apresentada no Congresso em 2013. A possibilidade de incorporar aspectos *ELSI* à agenda foi anunciada, mas não ocorreu, mantendo-se como problema excluído. O potencial latente neste novo desenho de política foi abruptamente interrompido pela crise política e econômica iniciada em 2015, que se refletiu em dramática redução do orçamento de C&T e no desaparecimento da coordenação específica para nanotecnologia em uma reorganização interna do MCTI.

Observamos, ao percorrer a história da política de nanotecnologia, um distanciamento entre um projeto ambicioso para desenvolver no país uma tecnologia emergente e as condições concretas para efetivá-lo. Essa brecha resultou em grande medida da fragilidade do orçamento, expressão da baixa prioridade *real* dada à área. Entretanto, é preciso notar outras limitações da política. Por um lado, a visão de desenvolvimento tecnocientífico da comunidade científica, que se tornou o principal ator da política, foi estreita. Isso fez com que fossem desconsiderados aspectos estratégicos para o desenvolvimento de uma nova tecnologia, como investigar seus riscos, examinar suas repercussões no nível regulatório e avaliar suas implicações sociais, o que gerou um *deficit* de conhecimento e ações por toda uma década.

Por outro lado, há indícios de que esse distanciamento também decorre de dificuldades inerentes à replicação de modelos de políticas. Vale ressaltar que os melhores resultados da política implementada ocorreram na capacitação científica, com um impacto ainda reduzido na promoção da inovação, seu foco central. Esse resultado não é surpreendente, mas uma tendência observada na PCTI brasileira desde os anos 1980, que foi capaz de impulsar um aumento significativo no número de pesquisadores e a expansão da produção científica a taxas elevadas, mas teve um efeito limitado no desenvolvimento tecnológico e na inovação (Viotti, 2008). Assim, os principais benefícios esperados da nanotecnologia, que chegariam através dos efeitos de derrame de uma economia mais competitiva, não parecem ser facilmente alcançáveis.

Referências

- BAGATTOLLI, C.; INVERNIZZI, N. (2016). Difusión de la nanotecnología en Brasil. Análisis preliminar a partir de la Encuesta de Innovación Tecnológica 2011. In: G. FOLADORI, G., INVERNIZZI, N.; ZÁYAGO, E. (org.). *Investigación y mercado de nanotecnologías en América Latina*. México, M.A. Porrua, p. 233-250.
- BAGATTOLLI, C. (2013). *Política Científica e Tecnológica no Brasil: mitos e modelos num país periférico*. Tese de Doutorado em Política Científica e Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 280 p.
- BARBOSA, T. (2017). *Política de Inovação em nanotecnologia no Brasil: trajetórias e empresas beneficiadas*. Dissertação de Mestrado em Políti-

- cas Públicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 187 p.
- BASTOS, M. I e COOPER, C. (1995) *Politics of technology in Latin America*. London, Routledge/UNU Press, 272 p.
- CNPq. (2017a). Currículo Lattes. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- CNPq. (2017b). Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponível em: <<http://lattes.cnpq.br/web/dgp>>. Acesso em: 15 fev. 2017.
- DOERR, L. e POWELL, W. (2005). Networks and Economic Life. In: N. SMELSER, N. e R. SWEDBERG. (Org.) *The Handbook of Economic Sociology*. Princeton, Princeton University Press, p. 379-402.
- DRYZEK, J. S. (2010) Governance networks. In: *Foundations and Frontiers of Deliberative Governance*. Oxford, Oxford University Press, 2010, p 19-134.
- DYE, T. R. (1984). *Policy Analysis: what governments do, why they do it, and what difference it makes*. Tuscaloosa, University of Alabama Press, 128 p.
- SANTOS JUNIOR, J. L. (2013). *Ciência do futuro e futuro da ciência: redes e políticas de nanociência e nanotecnologia no Brasil*. Rio de Janeiro, EdUERJ, 260 p.
- FOLADORI, G., FIGUEROA, S. e ZAYAGO, E. et al. (2012). Nanotechnology: Distinctive Features in Latin America. *Nanotechnology Law & Business* 9 (1), p. 88-103.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-45222012000200011>
- GALEMBECK, F. e RIPEL, M. (2004). *Nanotecnologia*. Caderno de Estudos Estratégicos N. 12. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.
- IBGE. (2013). *Pesquisa de Inovação 2011*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>>. Acesso em: 1 fev. 2016.
- IBGE (2016). *Pesquisa de Inovação 2014*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv99007.pdf>>. Acesso em: 1 fev. 2016.
- INVERNIZZI, N. e CAVICHILOLO, C. (2009). Nanotecnologia en los medios: que información llega al público? *Redes*, 15(29), p. 139-175.
- INVERNIZZI, N., HUBERT, M. e VINCK, D. (2012). Nanoscience and Nanotechnology: How has an Emerging Area on the Scientific Agenda of the Core Countries been Adopted and Transformed in Latin America? In: E. MEDINA, I. MARQUES e C. HOLMES (Org.). *Beyond Imported Magic: Essays on Science, Technology and Society in Latin America*. Massachusetts, MIT Press, p. 225-244.
<https://doi.org/10.7551/mitpress/9780262027458.003.0011>
- INVERNIZZI, N. (2008). Visions of Brazilian Scientists on Nanosciences and Nanotechnologies. *NanoEthics* 2(2), p.133-148.
<https://doi.org/10.1007/s11569-008-0042-y>
- JENSEN, T. (2013) Nanotecnologias na experiência recente de negociação coletiva do movimento sindical brasileiro. 1º. Seminário Internacional Nanotecnologia e Trabalho, Curitiba, 5-6 Setembro 2013.
- JORNAL DA CIÊNCIA. (2017). Governo congela quase metade dos recursos para CT&E e verba é a pior das últimas décadas. *Jornal da Ciência*, 31 mar. 2017. Disponível em: <<http://www.jornaldaciencia.org.br/governo-congela-quase-metade-dos-recursos-para-cti-e-verba-e-a-pior-das-ultimas-decadas/>>. Acesso em: 4 abr. 2017
- JORNAL DA CIÊNCIA. (2015). ABC e SBPC publicam manifesto sobre nanociências e nanoengenharia. *Jornal da Ciência*, 17 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/site/noticias/materias/detalhe.php?id=4399>>. Acesso em: 1 fev. 2016.
- KINGDON, J. (1995). *Agendas, alternatives, and public policies*. New York, Longman, 1995, 240 p.
- KNOBEL, M. (2002). *Nanoredes*. *ComCiência*, dossiê, 10 out. 2002. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/nanotecnologia/nano11.htm>> Acesso 10 Fev. 2017.
- KNOBEL, M. (2005). O futuro da nanotecnologia no Brasil. Vinte anos não são nada? *Ciência e Cultura*, 57(1), p. 4-5.
- KORBES, C. (2013). *Educação não-formal em mídias: divulgação científica sobre nanotecnologia*. Tese de Doutorado em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013, 319 p.
- KULINOWSKI, K. (2009). Temptation, Temptation, Temptation: Why Easy Answers About Nanomaterial Risk are Probably Wrong. *AzoNanotechnology*. Disponível em: <<http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2448>> Acesso 10 Fev. 2017.
- LINKOV, I., TRUMP, B. e FOX-LENT, C. (2016). Resilience: Approaches to Risk Analysis and Governance. *IRGC Resource Guide on Resilience*. Disponível em: <<https://www.irgc.org/risk-governance/resilience/>>. Acesso em 15 fev. 2017.
<https://doi.org/10.5075/epfl-irgc-228206>
- MACILWAIN, C. (1998). World Bank backs Third World centers of excellence plan. *Nature*, 396(711), p. 24-31.
- MCT. (2003). Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003.
- MCT. (2004). Relatório sobre a Consulta Pública ao Documento elaborado pelo GT de Nanotecnologia. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MCT. (2007a). Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional. Plano de Ação 2007-2010. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MCT. (2007b). Relatório de gestão Exercício 2007. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MCT. (2008). Relatório analítico Programa de C,T&E para Nanotecnologia. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia.
- MCTI. (2012a). Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012 - 2015. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- MCTI. (2012b). Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN). Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- MCTI. (2015). Relatório de Gestão, Exercício 2014. Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- MCTIC. (2016). Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019. Brasília, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações.
- MENDES, A. (2016). Entrevista concedida ao Grupo de Pesquisa CNPq Tecnologias Emergentes, Sociedade e Desenvolvimento, da UFPR. Brasília, 6-7 jul. 2016.
- OLIVEIRA, M. (2017). Medidas preventivas. *Revista FAPESP* 251, p. 71-73.
- PEIXOTO, F. (2013). *Nanotecnologia e sistemas de inovação: implicações para a política de inovação no Brasil*. Tese de Doutorado em Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 398 p.
- PLENTZ, F. (2016). Entrevista concedida ao Grupo de Pesquisa CNPq Tecnologias Emergentes, Sociedade e Desenvolvimento, da UFPR. Belo Horizonte, 16 out. 2016.
- PLENTZ F. e FAZZIO, A. (2013). Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. *Ciência e Cultura*, 65(3), p. 23-27.
- QUEVEDO, J. e INVERNIZZI, N. (2016). A rede de atores nas proposições para a regulação da nanotecnologia no Brasil. Comunicação apresentada nas XI Jornadas Latinoamericanas dos Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia, Curitiba, 26 Jul. 2016.

- QUEVEDO, J. e INVERNIZZI, N. (2017). The late risk governance in Brazilian nanotechnology policies. Comunicação apresentada no SRA Policy Forum: Risk Governance for Key Enabling Technologies, Veneza, 2 Mar. 2017.
- RS-RAE. (2004). Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties. Policy document 20/04. Londres, The Royal Society and The Royal Academy of Engineering.
- SARGENT, J.F. (2008). Nanotechnology and U.S. competitiveness: issues and options. Congressional Research Service. Disponível em: <<http://www.fas.org/sgp/crs/misc/RL34493.pdf>>. Acesso: 5 dez. 2010
- SISNANO. (2017). Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/SisNano>>. Acesso 20 fev 2017
- VELHO, L. (2011). Conceitos de Ciência e a Política de Ciência, Tecnologia e Inovação, *Sociologias*, 13 (26): p. 128-153.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1517-45222011000100006>
- VIOTTI, E.B. (2008). Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. In: CGEE (Org). *Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras*. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, p. 137-17.

Submetido em: 17/04/2017

Aceito em: 10/04/2019