



Acta Scientiarum. Human and Social Sciences

ISSN: 1679-7361

ISSN: 1807-8656

actahuman@uem.br

Universidade Estadual de Maringá

Brasil

Inácio, Myrrena; Invernizzi, Noela

Nanotecnologias para doenças negligenciadas no Brasil: trajetórias de pesquisa, incentivos e perspectivas

Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, vol. 41, núm. 1, 2019, Janeiro-
Universidade Estadual de Maringá
Brasil

DOI: <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v41i1.45769>

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=307360096004>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

redalyc.org
UAEM

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal

Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto



Nanotecnologias para doenças negligenciadas no Brasil: trajetórias de pesquisa, incentivos e perspectivas

Myrrena Inácio* e Noela Invernizzi

Programa de Pós-graduação de Políticas Públicas, Universidade Federal do Paraná, Av. Prefeito Lothário Meissner, 632, 80210-170, Jardim Botânico, Curitiba, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: myrrena@gmail.com

RESUMO. As doenças negligenciadas, que estão associadas à situação de pobreza, a precárias condições de vida e a desigualdades no acesso à saúde, foram inseridas como Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (2000) e se mantêm na agenda dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (2015). Governos, organizações internacionais e acadêmicos sugeriram que as nanotecnologias podem contribuir para o tratamento e erradicação dessas doenças, bem como para aliviar as condições de pobreza (Salamanca-Buentello et al., 2005; Juma & Yee-Cheoung, 2005). Neste artigo, examinamos a trajetória brasileira de pesquisa em nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas a partir da análise dos documentos das políticas de promoção da nanotecnologia, dos editais de financiamento e das atividades dos 65 grupos de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico atuantes na área, bem como a partir de entrevistas com pesquisadores de seis grupos de pesquisa. Argumenta-se que a política pública não tem dado suficiente ênfase à aplicação de tecnologias emergentes para resolver problemas sociais relevantes e persistentes, como as doenças negligenciadas. Conclui-se que as tímidas referências às doenças negligenciadas nos documentos de políticas em nanotecnologia convergem com um interesse marginal em termos de editais de financiamento, não estimulando suficientemente a inclusão do tema nas agendas de pesquisa.

Palavras-chave: nanotecnologias; doenças negligenciadas; agendas de pesquisa; políticas públicas.

Nanotechnologies for neglected diseases in Brazil: research trajectories, incentives and perspectives

ABSTRACT. Neglected diseases, which are associated with poverty, precarious living conditions and health inequalities, were included as the Millennium Development Goals (2000) and remain on the agenda of the Sustainable Development Goals (2015). Governments, international organizations and academics have suggested that nanotechnologies can contribute to the treatment and eradication of these diseases, as well as to alleviate the conditions of poverty (Salamanca-Buentello et al., 2005; Juma & Yee-Cheoung, 2005). In this article, we examine the Brazilian trajectory of research in nanomedicine applied to neglected diseases based on documental analysis of the policies to promote nanotechnology, funding and the activities of the 65 research groups of the National Council for Scientific and Technological Development acting in the area, as well as from interviews with researchers from six research groups. It is argued that public policy has not given enough emphasis to the application of emerging technologies to solve relevant and persistent social problems, such as neglected diseases. It is concluded that the timid references to neglected diseases in nanotechnology policy documents converge with a marginal interest in terms of funding, not sufficiently stimulating the inclusion of the theme in the research agendas.

Keywords: nanotechnologies; neglected diseases; research agendas; public policies.

Received on December 10, 2018.
Accepted on March 13, 2019.

Introdução

As doenças negligenciadas correspondem a um grupo heterogêneo de 17 enfermidades que ocorrem predominantemente, mas não exclusivamente, em países tropicais, e provocam um alto impacto na população em termos de ônus da doença, qualidade de vida, perda de produtividade e agravamento da pobreza, uma vez que afetam principalmente as populações sem saneamento adequado e em estreito contato com vetores infecciosos (Organização Mundial da Saúde [OMS], 2010; Lindoso & Lindoso, 2009).

Em face desta situação, o Ministério da Saúde definiu sete prioridades de atuação que compõem o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento em Doenças Negligenciadas no Brasil, quais sejam: dengue, doença de Chagas, esquistossomose, hanseníase, leishmaniose visceral e tegumentar, malária e tuberculose (Informes Técnicos Institucionais, 2010).

As leishmanioses, a tuberculose, a dengue e a hanseníase ocorrem em quase todo o território do Brasil. As regiões norte e nordeste apresentam o menor Índice de Desenvolvimento Humano e concentram a maior incidência das doenças negligenciadas. Por exemplo, mais de 90% dos casos de malária ocorrem na região norte (Lindoso & Lindoso, 2009).

Em 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) adotou os oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e 18 metas, com intuito de erradicar a fome, a pobreza e outros problemas sociais, incluindo as doenças negligenciadas (United Nations, 2000). No processo de definição da Agenda do Desenvolvimento pós-2015 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), permanece o comprometimento para reforçar a luta contra as doenças negligenciadas, estabelecendo como meta a erradicação dessas doenças até 2030 (United Nations, 2015).

Desde o Projeto do Milênio, governos, organizações internacionais e cientistas sugeriram que as então emergentes nanotecnologias poderiam oferecer avanços inovadores para melhorar a saúde em nível global, não somente para tratar os enfermos com novas vacinas e terapias, mas também para aliviar as condições que conduzem a enfermidades como a falta de acesso à água potável e saneamento básico (Mnyusiwalla, Daar & Singer, 2003, Salamanca-Buentello et al., 2005, Juma & Yee-Cheoung, 2005).

Constituída como um novo campo tecnocientífico ao longo dos anos 1990 (Jones, 2011), a nanotecnologia é comumente definida como a compreensão e controle da matéria na escala nanométrica, em dimensões entre cerca de 1 e 100 nanômetros (nm), onde fenômenos únicos permitem novas aplicações (National Institute of Health [NIH], 2016). A nanotecnologia visa explorar a criação de estruturas, dispositivos e sistemas com novas propriedades e funções (Royal Society and The Royal Academy of Engineering, 2004).

A nanotecnologia passou a ser fortemente estimulada pelas políticas de ciência, tecnologia e inovação (PCTI) desde o começo da década de 2000, tanto nos países industrializados como em desenvolvimento (Invernizzi, Hubert & Vinck, 2012). O Brasil investiu em torno de 320 milhões de reais (aproximadamente US\$ 100 milhões) desde a implementação do Programa Nacional de Nanotecnologia em 2004 até 2016 (Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias [CGMNT], 2016). Na Argentina, as estimativas são de cerca de US\$ 50 milhões entre 2006 e 2010 (Salvarezza, 2011), enquanto que no México foram investidos aproximadamente US\$ 60 milhões entre os anos de 2005 e 2010 (Takeuchi & Mora Ramos, 2011).

A nanomedicina, um dos ramos da nanociência e nanotecnologia, envolve três áreas, quais sejam: nanoterapia, nanodiagnóstico e medicina regenerativa. A nanoterapia se direciona ao desenvolvimento de vacinas, à atuação, ao transporte e à liberação dos medicamentos, por meio de nanocarreadores, direta e exclusivamente nas células ou áreas afetadas com intuito de atingir um tratamento mais efetivo, minimizando os efeitos colaterais e reações adversas, e garantindo maior comodidade e eficiência terapêutica para os pacientes. A nível global, para o desenvolvimento apenas de nanomedicamentos, estima-se o valor aproximado de US\$ 412 bilhões para o ano de 2019, demonstrando a magnitude do investimento para a área (Ragelle, Danhier, Prat & Anderson, 2017).

O diagnóstico comprehende o desenvolvimento de instrumentos e análise de sistemas e imagens para detectar as doenças e o mau funcionamento celular. Por fim, a medicina regenerativa auxilia na reparação e reposição dos tecidos e órgãos afetados usando ferramentas em nanoescala (Durán et al., 2009; Santos, Santos, Rodrigues, Ribeiro & Prior, 2014, Solano-Umaña, Vega-Baudrit & González-Paz, 2015).

Na área de terapia, os sistemas de nanocarreadores podem ser projetados para permitir a liberação controlada de fármacos em um destino específico. Ademais, as propriedades dos sistemas de nanocarreadores, como por exemplo as nanopartículas, lipossomas e nanocápsulas, permitem melhorar a biodisponibilidade de drogas, reduzir a dosagem, a frequência de administração e o problema da não-adesão à terapia prescrita (Santos-Magalhães & Mosqueira, 2010).

As nanopartículas, utilizadas como carreadores, têm sido aplicadas em pesquisas para o tratamento das leishmanioses (Rossi-Bergmann, Pacienza-Lima, Marcato, De Conti & Durán, 2012), esquistossomose (Dkhil, Khalil, Bauomy, Diab & Al-Quraishi, 2016), tuberculose (Da Silva et al., 2016), dengue (Basso et al., 2018), malária, doença de Chagas e hanseníase (Durán et al., 2009).

Os lipossomas são uma excelente forma de liberação controlada de fármacos devido a sua flexibilidade estrutural, sendo os nanocarreadores mais estabelecidos clinicamente para a entrega de fármacos citotóxicos, genes e vacinas (Diebold et al., 2006). Há vários estudos que utilizam os lipossomas para o tratamento das doenças negligenciadas, como por exemplo, para as leishmanioses, tuberculose, malária e esquistossomose (Duran et al., 2009).

Na área de diagnóstico das doenças negligenciadas, estudos demonstram a utilização de aplicações nanotecnológicas para os casos de leishmanioses (Abaza, 2016), tuberculose (Banyal, Malik, Tuli, & Mukherjee, 2013) e dengue (Basso et al., 2018). Também há estudos que relatam a utilização da nanotecnologia no desenvolvimento de vacinas para a prevenção das leishmanioses (Askarizadeh, Jaafari, Khamesipour & Badiee, 2017) e tuberculose (Nasiruddin, Neyaz & Das, 2017).

Essas possibilidades oferecidas pela área da nanomedicina, especialmente quando relacionadas às doenças negligenciadas, merecem atenção. Afinal, a Organização Mundial da Saúde (OMS) afirmou no Primeiro Relatório sobre doenças tropicais negligenciadas, publicado no ano de 2010, que tradicionalmente não se verifica o protagonismo dessas doenças nas agendas nacionais e internacionais de saúde (OMS, 2010).

Muitas das expectativas sobre os benefícios da nanotecnologia para solucionar problemas específicos, principalmente aqueles relacionados com os desafios do milênio, se apoiam, conforme Invernizzi e Foladori (2006), na ideia de que essas tecnologias são tecnicamente superiores às tecnologias existentes. Entretanto, essa perspectiva é limitada, como observam os referidos autores, uma vez que problemas como as doenças negligenciadas estão profundamente enraizados em condições sociais como a pobreza e a exclusão.

De um lado, as populações afetadas não têm tido acesso suficiente a outras terapias existentes, de forma que tecnologias mais avançadas podem seguir o mesmo caminho se não mediarem políticas mais justas de acesso à saúde e de melhoramento das condições gerais de vida. De outro lado, apesar do potencial oferecido pela nanotecnologia, entende-se que outros fatores precisam ser considerados nas pesquisas e políticas voltadas para as doenças negligenciadas, tais como: controle dos vetores, vigilância e controle dos hospedeiros intermediários, ampliação da vigilância e monitoramento adequado, proteção individual, boas práticas de higiene, manipulação de alimentos, ações educativas e ações de saneamento básico (Inácio, 2017).

Nas políticas brasileiras de nanotecnologia, essa tecnologia foi definida como ‘área portadora de futuro’ (Salerno, 2004) e considerada estratégica para desenvolver a competitividade nacional, aumentar a participação no mercado mundial e manter o país atualizado nas áreas mais dinâmicas do conhecimento, como a da saúde (Invernizzi, Körbes, & Fuck, 2012).

Nesse contexto, questiona-se em que medida as PCTI têm estimulado a formação de uma agenda de pesquisa para a nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas no Brasil. Indagamos se a política pública tem estimulado agendas de pesquisa visando a aplicação de tecnologias emergentes para resolver problemas sociais relevantes e persistentes como as doenças negligenciadas.

Diante dessa problemática, este estudo tem como objetivos: a) examinar a abordagem da nanomedicina para as doenças negligenciadas nas principais políticas de ciência, tecnologia e inovação, bem como nos editais de financiamento à investigação, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2016 no Brasil; e b) caracterizar os grupos de pesquisa que atuam na área de nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas no país, e analisar as perspectivas de seis grupos de pesquisa selecionados sobre as PCTI e as agendas de pesquisa para essa área estratégica.

Na seguinte seção expõe-se a metodologia da investigação. Em seguida, na seção de resultados e discussão, dividida em três partes, abordam-se, primeiramente, o estímulo à pesquisa em nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas, observando a trajetória das PCTI no país. Na sequência, analisam-se os editais de financiamento – um dos instrumentos principais das PCTI – na área de nanotecnologia para as doenças negligenciadas e, por fim, apresenta-se o mapeamento dos grupos de pesquisa que atuam na área da nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas. A partir de uma análise temática das entrevistas realizadas, examinam-se as perspectivas de seis grupos de pesquisa sobre as políticas de pesquisa e sobre suas agendas, a partir das seguintes categorias: a) constituição do grupo de pesquisa; b) doenças negligenciadas e aplicações nanotecnológicas; c) políticas de nanotecnologia; d) financiamento de pesquisas; e) incentivo à pesquisa e desenvolvimento; e f) perspectivas e desafios. O artigo se encerra com breves considerações finais.

Metodologia

Sob o ponto de vista da abordagem do problema, trata-se de uma pesquisa qualitativa e quantitativa, preocupando-se tanto com questões que não podem ser quantificadas, como é o caso das políticas de nanotecnologia e as percepções dos grupos de pesquisa, como também com questões quantificáveis relacionadas aos documentos das políticas, aos editais de fomento à pesquisa em nanomedicina aplicada a doenças negligenciadas e ao mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados e certificados no Diretório de Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que atuam em nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas.

Com o intuito de examinar a abordagem da nanomedicina para as doenças negligenciadas nas principais políticas de ciência, tecnologia e inovação, bem como nos editais de financiamento à investigação, no período compreendido entre os anos de 2002 e 2016 no Brasil, foram adotadas a pesquisa bibliográfica e documental como técnicas para a coleta de dados. Realizou-se uma revisão da literatura internacional e nacional sobre políticas de nanotecnologia, pesquisas em nanomedicina e doenças negligenciadas.

A revisão de literatura foi realizada por meio de consulta às bases de dados bibliográfica SciELO e PubMed. A estratégia de busca foi através da inserção de DeCS (Descritores e Ciências da Saúde) e termos livres, como ‘nanomedicina’, ‘nanotecnologia’, ‘políticas públicas’, ‘doenças negligenciadas’, ‘dengue’, ‘doença de Chagas’, ‘esquistossomose’, ‘hanseníase’, ‘leishmaniose’, ‘malária’ e ‘tuberculose’. Foram selecionados 30 artigos entre 2005 e 2018, dentre revisões de literatura e artigos científicos, que abordaram os tópicos de interesse para esta revisão. Após a seleção dos artigos, as informações relevantes foram extraídas de cada estudo e abordadas na revisão deste trabalho.

Já a análise documental contemplou os documentos que compõem as políticas brasileiras de nanotecnologia e os editais do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Departamento de Ciência e Tecnologia do Ministério da Saúde (DECIT) do Ministério da Saúde (MS) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) para fomento a pesquisas sobre nanomedicina e doenças negligenciadas. Para a identificação dos editais, utilizou-se como parâmetro de busca, as seguintes palavras-chave: ‘nanotecnologia’, ‘nanociência’, ‘nanomedicina’, ‘nanobiotecnologia’ e ‘nanotoxicologia’, analisando-se o período de 2002 a 2016.

Consideramos aqui os editais como instrumentos das PCTI que foram contempladas neste estudo. Os instrumentos são dispositivos técnicos e sociais que organizam as relações entre o Estado e aqueles a quem a política pública é endereçada de acordo com as representações e significados que carregam, quais recursos podem ser utilizados e por quem (Lascoumes & Galès, 2012).

Com o intuito de verificar em que medida a nanotecnologia e as doenças negligenciadas constituíram uma agenda de pesquisa no âmbito do CNPq, da CAPES, do DECIT/MS e da FINEP, a partir do mapeamento dos editais para o período informado, analisou-se: a) valor global de financiamento; e b) número de projetos aprovados por edital.

Já para mapear a pesquisa na área, foram revisadas as fichas dos grupos de pesquisa registrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq que investigam sobre nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, bem como dos Currículos Lattes dos pesquisadores de cada grupo.

Na sequência, foram selecionados seis grupos de pesquisa para um estudo mais aprofundado, observados os seguintes critérios: a) que pesquisem mais de uma das doenças negligenciadas; b) que estejam no estágio de pesquisa aplicada (desenvolvimento/produto); e c) que tenham publicações científicas sobre nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas. Procurou-se contemplar as sete doenças negligenciadas consideradas nesta pesquisa.

Nestes grupos, foram realizadas entrevistas estruturadas com cinco pesquisadores líderes (Grupo nº 2 a 6) e um pesquisador indicado pelo líder do grupo (Grupo 1), totalizando seis entrevistados, para obter informações sobre suas pesquisas, as áreas de conhecimento dos membros dos grupos, as percepções sobre os efeitos das políticas de nanotecnologia para as atividades dos grupos. Salienta-se que todos os entrevistados concordaram com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e foram comunicados sobre a possibilidade de haver interrupção da entrevista a qualquer momento, solicitação de esclarecimentos e sobre a preservação do sigilo.

As trajetórias da nanotecnologia nas políticas públicas

O Brasil começou a organizar esforços para desenvolver o campo da nanotecnologia em um workshop organizado pelo CNPq em 2000, pouco depois do lançamento da Iniciativa Nacional em Nanotecnologia nos Estados Unidos. Nele foi proposta a criação de um programa nacional de nanotecnologia (Knobel, 2004), o que foi reafirmado na II Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, em 2001, que considerou esta tecnologia estratégica, em função do seu elevado potencial para a competitividade e inovação (Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2002). Na ocasião, destacaram-se aplicações na área de saúde, especialmente o desenvolvimento de novos fármacos e os sistemas de entrega controlada de drogas.

Em 2003 se concretizou o Programa para o Desenvolvimento da Nanociência e a Nanotecnologia, que foi incorporado ao Plano Plurianual 2004-2007 do Ministério da Ciência e Tecnologia (Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia, 2003). Este deu origem ao mais abrangente e melhor financiado Programa Nacional de Nanotecnologia, que buscou maior integração com a política industrial no ano seguinte (Programa Nacional de Nanotecnologia, 2005).

Em 2004, a Política Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde foi aprovada na 2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde e na 147ª Reunião Ordinária do Conselho Nacional de Saúde. Esta política recomendou o aumento da capacidade indutora em pesquisa e desenvolvimento em saúde, aproximando-a das necessidades da política de saúde, bem como reconheceu o potencial das nanotecnologias aplicadas à saúde, em especial, para o desenvolvimento de fármacos e medicamentos. No entanto, as doenças negligenciadas não se configuraram explicitamente como opções estratégicas para as aplicações nanotecnológicas (2ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde, 2005).

A nanotecnologia continuou a ser considerada como área estratégica da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação no subsequente plano plurianual do Ministério da Ciência e Tecnologia para o período 2007-2010 que traz o Programa de Ciência, Tecnologia & Inovação para Nanotecnologia. Porém, os setores econômicos considerados relevantes para a aplicação de nanotecnologia foram: alimentos, biotecnologia, eletroeletrônico, aeroespacial, têxteis, metalomecânico e energia. Apesar de a biotecnologia envolver aplicações de nanomedicina, este plano não considerou expressamente a área (Plano de Ação 2007-2010, 2007).

Todavia, duas ações prioritárias no programa envolviam a indústria farmacêutica, uma relacionada à criação de novas redes e outra com intuito de criar centros cooperativos de pesquisa. É relevante notar que esse plano plurianual estabeleceu como uma de suas metas o estímulo à criação de laboratórios institucionais multidisciplinares em universidades e centros de pesquisas para desenvolver tecnologias para o tratamento das doenças negligenciadas. No entanto, essa meta não foi retomada no âmbito do programa de nanotecnologia (Plano de Ação 2007-2010, 2007).

O documento da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015 (Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015, 2012) também apresentou a nanotecnologia como ‘área estratégica e portadora do futuro’, com destaque para o setor de fármacos com a finalidade de incentivar o desenvolvimento de novas formas de administração de remédios. O fomento à pesquisa, desenvolvimento e inovação em doenças negligenciadas se configurou como prioridade nesse documento, com ênfase na ampliação de pesquisas e no desenvolvimento de vacinas.

Em 2012, foi lançado um novo documento orientador da política de nanotecnologia, a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (2012). Trata-se de um programa mais ambicioso que procura integrar vários ministérios e agências de governo em sua execução e financiamento. A IBN considera a saúde como área estratégica para o desenvolvimento das aplicações nanotecnológicas que incluem novos métodos de diagnóstico e monitoramento remoto.

Essa Iniciativa se alicerça no apoio às atividades de pesquisa e desenvolvimento nos laboratórios do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias – SisNANO. Na área da saúde, o Instituto de Biologia Molecular do Paraná (IBMP) coordenou a implantação da rede NanoSUS (Nanobiotecnologia para desenvolvimento, prototipagem e validação dos produtos para o SUS) dentro do programa SisNANO. O IBMP participa do projeto PODITROD (*Point of Care Diagnostics for Tropical Diseases*), com propósito de desenvolver um dispositivo *point of care* para diagnóstico molecular e imunológico de doenças tropicais (Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia, 2012).

Finalmente, a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022, 2016) reforça o papel da nanotecnologia para aumentar a

capacidade do país em inovar em segmentos competitivos e de fronteira. Na área da saúde se incluem o monitoramento em tempo real, o diagnóstico preciso e precoce e a terapêutica, por meio de sistemas de liberação controlada de drogas. Apesar de esses desenvolvimentos estarem fortemente associados às técnicas nanotecnológicas, e da Estratégia considerar as doenças negligenciadas como tema prioritário, não há uma vinculação explícita entre ambos.

Observa-se assim que, com exceção da IBN, as doenças negligenciadas não estão inseridas nas ações estruturantes das trajetórias das políticas para a nanotecnologia. Alguns documentos das PCTI as destacam como tema estratégico e prioritário, mas não há uma relação com as ações específicas para a nanotecnologia.

O estímulo à pesquisa em nanomedicina aplicada a doenças negligenciadas

As PCTI funcionam como um importante canal de comunicação entre as redes de atores da esfera pública e privada, que podem viabilizar a implementação de novas agendas de pesquisa. Por sua vez, as agendas de pesquisa emergem e se reformulam a partir do ordenamento dessas redes, que incluem e excluem temas de uma agenda (Silva & Costa, 2014).

Na sequência, examinamos um dos principais instrumentos para a execução das políticas: os editais de fomento à pesquisa. Identificamos, no conjunto dos chamados à pesquisa em nanotecnologia, aqueles que abordam as doenças negligenciadas, considerando os editais do CNPq, da CAPES e da FINEP no período entre 2002 e 2016, abarcando as principais fontes de financiamento à pesquisa no âmbito nacional. Ademais, consideramos os editais abertos pelo Ministério da Saúde, no âmbito do DECIT, que fomenta pesquisas na área fim do Ministério, de acordo com suas prioridades.

Os editais do CNPq que fomentam a pesquisa na área de nanotecnologia aplicada especificamente a doenças negligenciadas são escassos. Dos editais publicados no período, há 27 chamadas para as áreas de ‘nanotecnologia’, ‘nanociência’, ‘nanomedicina’, ‘nanobiotecnologia’ e ‘nanotoxicologia’, desconsiderando a repetição de resultados. Desse total, 25 contemplam, dentre outras áreas de conhecimento, a área da saúde; todavia, apenas duas dessas chamadas priorizam pesquisas de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas. Reconhece-se, assim, um forte interesse no fomento à pesquisa em nanotecnologia aplicada à saúde, porém com pouca ênfase nas doenças negligenciadas.

No âmbito do DECIT-MS, foram identificados 170 editais financiados para as diferentes linhas de pesquisa na área da saúde durante o referido período. Desse total, 98 chamadas priorizam as doenças negligenciadas. Porém, há apenas um edital que prevê a seleção de propostas relacionadas aos estudos de novas formulações terapêuticas nanoestruturadas para doenças negligenciadas, sendo que esse edital é o mesmo identificado no âmbito do CNPq, uma vez que foi realizado em rede de colaboração entre os órgãos (Figura 1).

Observa-se assim, que diferentemente do que ocorre no CNPq, há considerável interesse em fomentar a pesquisa sobre doenças negligenciadas, porém escasso fomento à aplicação de novas técnicas oferecidas pela nanotecnologia na pesquisa sobre tais doenças.

Para o mesmo período analisado, a CAPES financiou três editais na área de nanotecnologia aplicada à saúde, sendo apenas uma chamada direcionada especificamente ao fomento de aplicações nanotecnológicas para as doenças negligenciadas. Já no âmbito da FINEP, há quatro editais na área de nanotecnologia aplicada à saúde, sendo que apenas um tem foco nas doenças negligenciadas.

A Figura 1 relaciona os quatro editais na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, os respectivos valores globais investidos e o número de projetos aprovados em cada chamada, no âmbito do CNPq, do DECIT-MS, da CAPES e da FINEP, durante o período de 2002 e 2016:

Editoral	Valor global de financiamento	Número de projetos aprovados
1. Chamada Pública MCT/MS/FINEP – Bioproductos – Ação Transversal nº 02/2005	R\$ 12.000.000,00	8
2. Edital MCT/CNPq/CT-Saúde/MS/SCTIE/DECIT nº 034/2008	R\$ 17.000.000,00	58
3. Edital CAPES/CNPEM nº 024/2013	R\$ 7.303.873,20	18
4. Chamada MCTI/CTBIOTEC/CNPq nº 28/2013	R\$ 11.500.000,00	18

Figura 1. Editais de fomento à pesquisa na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, 2002-2016.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base nas chamadas de pesquisa de CNPq, Finep, CAPES e DECIT-MS.

Acerca dos editais relacionados na Figura 1, verificamos que: a) O Edital nº 02/2005 contempla as seguintes doenças negligenciadas: Chagas, Dengue, Esquistossomose, leishmaniose tegumentar americana, leishmaniose visceral, malária e tuberculose; b) O Edital nº 034/2008 prioriza as seguintes doenças: dengue, doença de Chagas, esquistossomose, hanseníase, malária e tuberculose. Todavia, apenas as leishmanioses são explicitamente relacionadas às aplicações nanotecnológicas; c) O Edital nº 024/2013 prioriza projetos relacionados a doenças negligenciadas, mas não especifica quais; e d) O Edital nº 28/2013 destaca projetos na área de nanofármacos voltados para entrega programada e endereçada com foco em redução de custos, aumento de eficácia e redução de efeitos colaterais especialmente para doenças negligenciadas e câncer, sem especificar quais doenças.

Em termos de valores, verifica-se que houve o financiamento total de R\$47.803.873,00 e a aprovação de 102 projetos. Contudo, esse aporte financeiro é bastante reduzido considerando-se que se trata de uma área que exige novos equipamentos. O valor médio por projeto foi de R\$468.665,42 ao longo do período analisado de 14 anos, que compreende praticamente toda a trajetória da política de nanotecnologia no país.

Ressalta-se, ainda, que esses editais priorizam as doenças negligenciadas, mas não são restritos a elas. Logo, não se pode afirmar que o número total de projetos aprovados, bem como o valor total de financiamento foram destinados exclusivamente para o incentivo dessa área estratégica. Da mesma forma que não se pode descartar o fato de outros editais na área da saúde terem fomentado a pesquisa na área da nanomedicina para as doenças negligenciadas, embora não tenham relacionado especificamente as doenças negligenciadas como área de interesse na linha de pesquisa prevista no edital.

Nesse sentido, examinando estas informações, Inácio (2017) concluiu que muito embora os editais contemplem outras áreas estratégicas da nanotecnologia e não somente a área da nanomedicina, é notável o forte interesse no fomento a pesquisas na área de nanotecnologia aplicada à saúde, por meio de uma demanda induzida por essas agências, uma vez que se trata de uma área considerada prioritária pela política de nanotecnologia. Nesse quadro geral, constata-se, no entanto, que a nanomedicina e as doenças negligenciadas são temas presentes nas agendas de pesquisa de forma isolada. Ou seja, não se verificou a articulação de esforços e investimentos frequentemente, o que limita a utilização do potencial aberto por essa nova tecnologia para enfrentar as doenças negligenciadas e sua possível contribuição para o alcance dos ODS.

Os grupos de pesquisa e suas agendas

A estrutura da comunidade científica local é crucial para compreender a tradução de um problema social como um objeto de investigação científica, e sua ressignificação de acordo com os interesses, práticas e possibilidades dos atores (Kreimer & Zabala, 2007).

De acordo com Silva e Costa (2014, p. 53), uma agenda de pesquisa é “[...] responsável pelo ordenamento dos símbolos e referências de trabalho do cientista em seu espaço de produção do conhecimento”. Essa agenda comprehende um conjunto organizado de teorias, metodologias, tecnologias, normas, padrões de comportamento, convenções, que regem a prática de produção científica em contextos históricos e culturais específicos. A articulação entre as agendas de pesquisa é permeada por coalizões entre uma comunidade específica que seleciona prioridades de pesquisa e, indiretamente, definem aquelas que não serão levadas adiante (Hess, 1997).

Nesta seção analisamos as agendas de pesquisa sobre a produção de aplicações e técnicas da área de nanomedicina para as doenças negligenciadas entre os pesquisadores e a influência das PCTI sobre tais agendas. Para isso utilizamos informação proveniente do mapeamento dos grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq e de entrevistas com pesquisadores de alguns desses grupos.

Foram consideradas as fichas cadastrais dos grupos de pesquisa, adotando os seguintes critérios cumulativos para seleção: a) grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq identificados pelas palavras chave ‘nanotecnologia’, ‘nanomedicina’, ‘nanobiotecnologia’, ‘nanociência’ e ‘nanotoxicologia’; e b) grupos de pesquisa cujas linhas de pesquisas e produções científicas dos pesquisadores líderes se vinculem a: “doenças negligenciadas” no geral ou alguma(s) da(s) sete doença(s) negligenciadas que são consideradas prioridades de atuação, conforme o MS: ‘dengue’, ‘doença de Chagas’, ‘esquistossomose’, ‘hanseníase’, ‘leishmanioses’, ‘malária’ e ‘tuberculose’. O mapeamento revelou um universo de 635 grupos de pesquisa no Diretório do CNPq até o dia 31 de janeiro de 2018 atuantes em

nanotecnologia, considerando a repetição de resultados para mais de uma palavra-chave. Entre eles, 65 grupos de pesquisa investigam sobre alguma das sete doenças negligenciadas.

É possível verificar, na Figura 2, que já existiam grupos de pesquisa desenvolvendo aplicações de nanotecnologia para doenças negligenciadas, ou que viriam a fazê-lo ao longo do tempo, desde a década de 1990. No início da década de 2000, no contexto da proposta de criação de um programa nacional de nanotecnologia e o lançamento em 2001 do primeiro chamado para a formação de redes cooperativas de pesquisa em nanociência e nanotecnologia pelo CNPq se constituem sete novos grupos.

Outros grupos foram criados após a implementação do Programa de Nanotecnologia em 2004, registrando-se um salto, com a implementação de 8 novos grupos no ano de 2009, na sequência de um período de financiamento consistente da política de nanotecnologia, entre 2005 e 2008 (Invernizzi, Foladori & Quevedo, 2017). Nos anos subsequentes surgiram outros grupos e entre os anos de 2012 e 2013 registra-se o mais recente crescimento significativo, quando foram criados 12 novos grupos, após o lançamento da IBN.

Não é possível afirmar que o ano de formação do grupo de pesquisa coincide necessariamente com o início das pesquisas na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, uma vez que a maioria dos grupos apresenta outras linhas de pesquisa, além dessa. Todavia, salienta-se que há um número significativo de grupos de pesquisa (52 grupos) com pelo menos 15 anos de experiência de pesquisa, e que se mantém atuante na área de nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas.

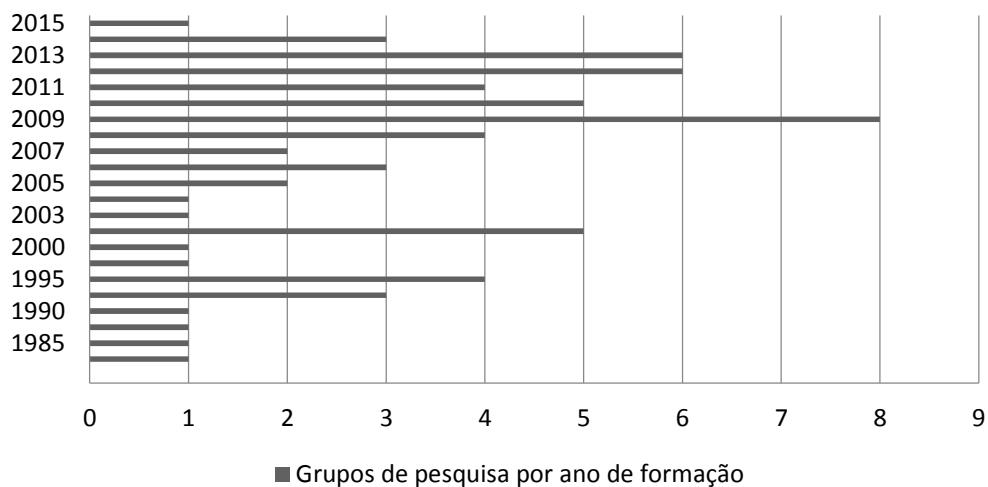


Figura 2. Grupos de pesquisa por ano de formação.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Conforme consulta às linhas de pesquisa de cada grupo, verificou-se que o maior número se dedica à investigação das leishmanioses (52 grupos), seguida pelos grupos de pesquisa que investigam sobre tuberculose (21 grupos). A doença de Chagas concentra as atividades de 14 grupos de pesquisa, enquanto que a dengue e a malária são objeto de investigação de 13 e 15 grupos, respectivamente. Na sequência, há a esquistossomose, foco de pesquisa de 10 grupos e, por último, a hanseníase é a doença negligenciada sobre a qual o menor número de grupos de pesquisa se debruça (6 grupos). Pode-se concluir que o país dispõe de uma massa crítica de pesquisadores na interface entre nanotecnologia e doenças negligenciadas, embora com atenção desigual para cada doença. Assim mesmo, constata-se que a maior parte dos grupos de pesquisa foram conformados após a estruturação de uma política para estimular a pesquisa em nanotecnologia no país.

Foram realizadas entrevistas estruturadas com 6 dos 65 grupos de pesquisa mapeados com a finalidade de indagar mais detalhes sobre as agendas de pesquisa e sobre as perspectivas dos pesquisadores em relação ao estímulo dado pelas políticas de ciência, tecnologia e inovação. Os grupos selecionados foram nomeados como: Grupo 1 (G1), Grupo 2 (G2), Grupo 3 (G3), Grupo 4 (G4), Grupo 5 (G5) e Grupo 6 (G6). A Figura 3 caracteriza os seis grupos selecionados no que tange às doenças negligenciadas que são objetos de investigação e as áreas da nanomedicina desenvolvidas, bem como traz informações sobre o pesquisador entrevistado.

Grupo 1 (UFRJ)	Constituído no ano de 2002. Atua e tem interesse exclusivamente na área de leishmanioses. Testam tecnologias para liberação de fármacos e vacinas, mas não as desenvolvem. O entrevistado do G1 foi indicado pelo pesquisador líder do respectivo grupo para participar desta pesquisa. É graduado em Farmácia e integra o grupo desde 2010
Grupo 2 (UFU)	Constituído no ano de 1989. Atualmente investiga sobre leishmanioses, hanseníase, dengue, doença de Chagas, malária e tuberculose. Desenvolve tecnologias para liberação de fármacos, desenvolvimento de vacinas, diagnóstico e medicina regenerativa. O pesquisador do G2 integra o grupo desde a sua constituição (1989) e tem graduação em Ciências Biológicas.
Grupo 3 (USP)	Formado no ano de 1995. Pesquisa sobre esquistossomose, leishmanioses e malária. Desenvolve pesquisas sobre aplicações para a liberação de fármacos, desenvolvimento de vacinas e técnicas de diagnósticos. O pesquisador do G3 compõe o grupo desde a sua criação (1995) e é graduado em Química.
Grupo 4 (UFRN)	Criado no ano de 1995. Pesquisa sobre leishmanioses. Desenvolve pesquisas voltadas para a liberação de fármacos. O pesquisador do G4 também está vinculado ao grupo desde a sua constituição (1995) e tem graduação na área de Farmácia.
Grupo 5 (UFPI)	Constituído no ano de 2008. Atua em pesquisas sobre leishmanioses e esquistossomose. Desenvolve pesquisas para a liberação de fármacos e tecnologias para diagnósticos. O pesquisador do G5 criou o grupo em 2008 e tem formação em Ciências Biológicas.
Grupo 6 (Fiocruz)	Criado no ano de 2013. Atua em pesquisas sobre leishmanioses e esquistossomose. Desenvolve pesquisas sobre liberação de fármacos, tanto sintéticos quanto biotecnológicos. O pesquisador do G6 integra o grupo desde a sua constituição (2013) e tem graduação em Farmácia.

Figura 3. Caracterização dos grupos de pesquisa entrevistados.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Todos os cinco pesquisadores líderes entrevistados nos Grupos nº 2 a 6, bem como o pesquisador do G1 informaram que já estudavam as doenças negligenciadas e passaram a incorporar a nanotecnologia a suas agendas.

Os grupos 1, 5 e 6 identificaram uma janela de oportunidade, a partir das linhas de pesquisa dos editais de financiamento para nanotecnologia que se alinhavam às áreas de formação dos pesquisadores e competências já desenvolvidas pelo grupo, e incorporaram a tecnologia emergente em suas pesquisas, resultando em novas possibilidades de diagnósticos e terapia, como, por exemplo, o G5 que já atuava na área de biotecnologia e passou a utilizar algas e o caule do caju no desenvolvimento de nanocarreadores com polímeros naturais para substituir os polímeros sintéticos que são considerados mais tóxicos. Por sua vez, os grupos 2, 3 e 4 já desenvolviam tecnologias com menor escala, como as microestruturas, e passaram a adotar a terminologia ‘nano’, com a definição do padrão dessa escala.

As três principais áreas da nanomedicina são contempladas e há um forte interesse na utilização de nanotecnologia para as leishmanioses enquanto a hanseníase tem baixa expressão nas agendas de pesquisa, assim como se verificou no mapeamento das capacidades de pesquisa de todos os grupos.

Foi indagado, nas entrevistas, em que medida as políticas de nanotecnologia promoveram uma dinâmica de pesquisa em nanomedicina aplicada às doenças negligenciadas. Três dos grupos tenderam a minimizar a importância da política, especialmente pela sua falta de sustentabilidade, uma vez que o orçamento dedicado à área oscilou bastante e foi congelado em 2015 (Invernizzi, Foladori & Quevedo, 2017). Essa situação se evidencia, por exemplo, nas respostas do entrevistado do G3 que afirmou que “atualmente não temos políticas nesta área, os financiamentos foram reduzidos e não existem demandas nestas frentes devido à crise e contingenciamento em pesquisa”. Além disso, o referido pesquisador relatou que as pesquisas em nanotecnologia só serão reativadas se novos recursos forem obtidos. O entrevistado do G1 comentou que “[...] de 2004 até 2010, a pesquisa para a nano era bem incentivada, para as doenças negligenciadas também. Agora se tirou incentivo para tudo”.

Observa-se ainda que os entrevistados dos seis grupos ressaltaram que a dinâmica interna do grupo e suas interações com o governo e/ou empresas foram mais determinantes do que a política na configuração da agenda de pesquisa.

Todos os seis grupos identificaram a falta de investimento como um grande obstáculo para a pesquisa na área. Ressaltamos que a última chamada de pesquisa em nanotecnologia foi realizada no ano de 2013 e que

o orçamento do programa de nanotecnologia foi abruptamente cortado em 2015 (Invernizzi, Foladori & Quevedo, 2017).

Diante disso, argumentamos que essa situação tende a se deteriorar rapidamente, com risco de perda das capacidades acumuladas, considerando o atual momento vivenciado pela ciência e tecnologia no Brasil, tendo em vista que entre os anos de 2014 e 2017, os investimentos na área abruptamente caíram de R\$ 8,4 bilhões para R\$ 3,2 bilhões. Para o ano de 2018, o orçamento programado foi ainda menor: R\$ 2,7 bilhões (LDO de 2019 proíbe contingenciamento de recursos captados por universidades públicas, 2018).

Entendemos assim que a minimização e/ou a falta de reconhecimento das políticas para essa área estratégica pelos cientistas põe de manifesto que estas tiveram pouco impacto no sentido de configurar suas agendas de pesquisa. A incorporação de novas abordagens e técnicas da nanotecnologia foi realizada muito mais por interesse dos próprios grupos já constituídos em torno das doenças negligenciadas.

Considerações finais

As aplicações e técnicas da nanomedicina descontinam novas potencialidades para o tratamento das sete doenças negligenciadas consideradas prioritárias pelo Ministério da Saúde. No entanto, essas perspectivas não se refletem nas trajetórias da política de nanotecnologia brasileira até recentemente. Mesmo enfatizando a pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia aplicada à saúde ao longo de sucessivos planos, não houve objetivos concretamente direcionados às doenças negligenciadas até a formulação da IBN em 2012.

Por outro lado, reconhece-se que há interesse em desenvolver ações estratégicas para o tratamento e a erradicação das doenças negligenciadas em outros eixos das políticas públicas, tanto de C&T como de saúde, embora esses esforços não estejam alinhados com a ênfase dada à nanotecnologia, enquanto tecnologia estratégica, nas PCTI.

Em termos de editais de financiamento a pesquisas que se configuram como instrumentos centrais das PCTI, constata-se que há um baixo interesse na área de nanotecnologia aplicada às doenças negligenciadas, haja vista que o aporte financeiro para pesquisas na área foi limitado no período avaliado de quase uma década e meia. Assim, conclui-se que as tímidas referências às doenças negligenciadas nos documentos de políticas em nanotecnologia convergem com um interesse marginal em termos de editais de financiamento.

As agendas dos grupos de pesquisa se constituíram, em boa medida, a partir de sua própria dinâmica e suas capacidades científicas, com uma influência relativamente limitada das políticas para a nanotecnologia. Quando as doenças negligenciadas atingiram relevância nos objetivos da política de nanotecnologia, em 2012, o que poderia ter resultado num estímulo mais forte nas agendas de pesquisa, essa política começou a desarticular-se, por efeito do severo corte orçamentário verificado a partir de 2015, frustrando essa possibilidade.

Referências

- Abaza, S. M. (2016). Applications of nanomedicine in parasitic diseases. *Journal of the Egyptian Parasitologists United*, 9(1), 1-6. Doi: 10.4103/1687-7942.192997
- Askarizadeh, A., Jaafari, M. R., Khamesipour, A., & Badiee, A. (2017). Liposomal adjuvant development for leishmaniasis vaccines. *Therapeutic Advances in Vaccines and Immunotherapy*, 5(4), 85-101. Doi: 10.1177/2051013617741578
- Banyal, S., Malik, P., Tuli, H. S., & Mukherjee, T. K. (2013). Advances in nanotechnology for diagnosis and treatment of tuberculosis. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 19(3), 289-97. Doi: 10.1097/MCP.0b013e32835eff08
- Basso, C. R., Tozato, C. C., Crulhas, B. P., Castro, G. R., Araujo, J. P. Jr., & Pedrosa, V. A. (2018). An easy way to detect dengue virus using nanoparticle-antibody conjugates. *Virology*, 513, 85-90. Doi: 10.1016/j.virol.2017.10.001
- 2^a Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação em Saúde. (2005). Brasília, DF: Ministério da Saúde.
- Coordenação Geral de Micro e Nanotecnologias (CGMNT). (2016). *Orçamento destinado a nanotecnologia. Dados consolidados por Luciana C. Estevanato*. Brasília, DF: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação.

- Da Silva, P. B., De Freitas, E. S., Bernegossi, J., Gonçalez, M. L., Sato, M. R, Leite, C. Q. F., ... Chorilli, M. (2016). Nanotechnology-based drug delivery systems for treatment of tuberculosis-A review. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 12, 241-260. Doi:org/10.1166/jbn.2016.2149
- Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia*. (2003). Proposta do Grupo de Trabalho criado pela Portaria MCT nº 252 como subsídio ao Programa de Desenvolvimento da Nanociência e da Nanotecnologia do PPA 2004-2007. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia.
- Diebold, Y., Jarrín, M., Sáez, V., Carvalho, E. L. S., Orea, M., Calonge, M, ... Alonso, M. J. (2006). Ocular drug delivery by liposomechitosan nanoparticle complexes (LCS-NP). *Biomaterials*, 28(8), 1553-1564. Doi: 10.1016/j.biomaterials.2006.11.028
- Dkhil, M. A., Khalil, M. F., Bauomy, A. A., Diab, M. S., & Al-Queaishy, S. (2016). Efficacy of gold nanoparticles against nephrotoxicity induced by Schistosoma mansoni Infection in Mice. *Biomedical and Environmental Sciences*, 29(11), 773-781. Doi: 10.3967/bes2016.104.
- Durán, N., Marcato, P. D., Teixeira, Z., Durán, M., Costa, F. T. M., & Brocchi, M. (2009). State of the Art of Nanobiotechnology Applications in Neglected Diseases. *Current Nanoscience*, 5(4), 396-408. Doi: 10.2174/157341309789378069.
- Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2012-2015* (2012). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação.
- Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022*. (2016). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação.
- Hess, D. J. (1997). *Science Studies: an advanced introduction*. New York, NY: New York University Press.
- Inácio, M. (2017). *Tecnologias emergentes e problemas sociais no Brasil: o caso da nanotecnologia aplicada a doenças negligenciadas* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia*. (2012). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- Informes Técnicos Institucionais. (2010). Doenças negligenciadas: estratégias do Ministério da Saúde. *Revista de Saúde Pública*, 44(1), 200-202. 10.1590/S0034-89102010000100023
- Invernizzi N., & Foladori G. (2006). Nanomedicine, poverty and development. *Development*, 12,1-5.
- Invernizzi, N., Foladori, G., & Quevedo, J. P. (2017). The rise (and fall?) of nanotechnology policy in Brazil. In D. Bowman. *The politics and possibilities of emerging technologies* (p. 69-90). Berlim, DE: IOS Press.
- Invernizzi, N.; Hubert, M. & 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, & C. Holmes. *Beyond imported magic: essays on science, technology and society in latin america* (p. 225-244). Massachussets, MA.
- Invernizzi, N., Körbes, C., & Fuck, M. P. (2012). Política de nanotecnología en Brasil: a 10 años de las primeras redes. In G. Foladori, N. Invernizzi, & E. Záyago. *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina* (p. 55-84). México, MS: Porrúa.
- Jones, R. A. (2011). What has nanotechnology taught us about contemporary technoscience? In T. Zülzdorf, C. Coenen C., & A. Ferrari. *Quantum engagements: social reflections of nanoscience and emerging technologies* (p. 1-12). Amsterdam, NL: IOS Press.
- Juma, C., & Yee-Cheong, L. (2005). *Innovation: applying knowledge in development. UN Millennium Project – Task Force on Science, Technology and Innovation 2005*. Londres, UK: Earthscan.
- Knobel, M. (2004). Nanoredes. *Parcerias Estratégicas*, 9(18), 99-104. Recuperado de http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/133/127
- Kreimer, P., & Zabala, J. (2007). Producción de conocimientos científicos y problemas sociales en países en desarrollo. *Nómadas*, 27, 110-122. Recuperado de http://nomadas.ucentral.edu.co/nomadas/pdf/nomadas_27/27_9KZ_Producciondeconocimientoscientificos.pdf
- Lascoumes, P., & Le Galès, P. (2012). *Sociologia da ação pública*. Maceió, AL: Edufal.
- LDO de 2019 proíbe contingenciamento de recursos captados por universidades públicas*. (2018). Brasília, DF: Câmara dos Deputados.
- Lindoso, J. A. L., & Lindoso, A. A. B. P. (2009). Doenças tropicais negligenciadas no Brasil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 51(5), 247-253 Doi: 10.1590/S0036-46652009000500003

Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (2002). Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia.

Mnyusiwalla, A., Daar, A. S., & Singer, P. A. (2003). Mind the Gap: Science and ethics in nanotechnology. *Nanotechnology*, 14, p. 9-13. Recuperado de http://www.jcb.utoronto.ca/people/publications/nanotechnology_paper.pdf

Nasiruddin, M., Neyaz, M. K., & Das, S. (2017). Nanotechnology-based approach in tuberculosis treatment. *Tuberculosis research and treatment*, 1-12. Doi: 10.1155/2017/4920209

National Institute of Health (NIH). (2016). *Nanotechnology at NIH*. Maryland, MD.

Organização Mundial da Saúde (OMS). (2010). *Primeiro relatório da OMS sobre as doenças tropicais negligenciadas*. Genebra, CH.

Plano de Ação 2007-2010. (2007). Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Programa Nacional de Nanotecnologia. (2005). Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia.

Ragelle, H., Danhier, F., Préat, V., Langer, R., & Anderson, D. G. (2017). Nanoparticle-based drug delivery systems: a commercial and regulatory outlook as the field matures. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 14, 851-864. Doi: 10.1080/17425247.2016.1244187

Rossi-Bergmann, B., Pacienza-Lima, W., Marcato, P. D., De Conti, R., & Durán N. (2012). Therapeutic potential of biogenic silver nanoparticles in murine cutaneous Leishmaniasis. *Journal of Nano Research (Online)*, 20, 89-97. Doi: 10.4028/www.scientific.net/JNanoR.20.89

Royal Society and The Royal Academy of Engineering. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, UK, Royal Society.

Salamanca-Buentello, F., Persad, D. L., Court, E. B., Martin, D. K., Daar, A. S., & Singer, P. A. (2005). Nanotechnology and the developing world. *PLoS Medicine*, 2(5), e97. Doi: 10.1371/journal.pmed.0020097

Salerno, M. S. (2004). A política industrial, tecnológica e de comércio exterior do governo federal. *Parcerias Estratégicas*, 9(19), 13-35. Recuperado de http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/254/248

Salvarezza, R. (2011). Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina. *Mundo Nano*, 4(2), 18-21. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/nano/article/viewFile/44962/40522>

Santos, J. M., Rodrigues, S. M., Ribeiro, D. M., & Prior, J. V. (2014). Perspectivas de utilização de nanomateriais em nanodiagnóstico. *Acta Farmaceutica Portuguesa*, 3(1), 3-14. Recuperado de <http://actafarmaceuticaportuguesa.com/index.php/afp/article/viewFile/45/54>

Santos-Magalhães, N. S., & Mosqueira, V. C. F. (2010). Nanotechnology applied to the treatment of malária. *Advanced Drug Delivivery Reviews*, 62, 560-575. Doi: 10.1016/j.addr.2009.11.024.

Silva, R. G. L., & Costa, M. C. (2014). Sociologia da ciência e da tecnologia: instrumentos para a análise do processo de formação de agendas de pesquisa. In M. G. Marinho. *Abordagens em ciência, tecnologia e sociedade* (p. 43-65). Santo André, SP: Universidade Federal do ABC.

Solano-Umaña, V., Vega-Baudrit, J. R., & González-Paz, R. (2015). The new field of the nanomedicine. *International Journal of Applied Science and Technology*, 5(1), 79-88. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/1441/80beecb68e95b344fd91945abd412fde6d2.pdf>

Takeuchi, N., & Mora Ramos, M. E. (2011). Divulgación y formación en nanotecnología en México. *Mundo Nano*, 4(2), 59-64. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/nano/article/viewFile/44978/40539>

United Nations. (2000). *Millennium declaration*. New York, NY: UN. Recuperado de <https://www.un.org/millennium/declaration/ares552e.htm>

United Nations. (2015). *The sustainable development agenda*. New York, NY: UN.