

REALIDADE E DESAFIOS ATUAIS DA NANOMEDICINA NA SAÚDE PÚBLICA BRASILEIRA: REVISÃO DE LITERATURA

CURRENT REALITY AND CHALLENGES OF NANOMEDICINE IN BRAZILIAN PUBLIC HEALTH: Literature Review

Darlan Alves dos Santos¹
Thaise de Abreu Brasileiro²
Ankilma do Nascimento Andrade³
Renata Livia Fonseca Moreira de Medeiros⁴

RESUMO: A nanomedicina é um novo campo das ciências médicas que utiliza a nanotecnologia para produção de estruturas na escala nanométrica, com o objetivo de formular novos métodos de diagnósticos e tratamentos de inúmeras doenças. **Objetivo:** O presente artigo teve como objetivo caracterizar os desafios e o desenvolvimento sobre nanomedicina e seus progressos na saúde pública brasileira. Aqui, discutimos as inúmeras aplicações possíveis desta nova ciência, como também os passos históricos e institucionais relevantes à nanomedicina no âmbito nacional, inclusive comparando com os métodos utilizados em outros países. **Metodologia:** Com esse propósito, foi realizada uma revisão bibliográfica, utilizando-se os periódicos disponíveis em bases de dados, bibliotecas virtuais e sítios da rede mundial de computadores. As principais bases de dados utilizadas foram o Portal de Periódicos da CAPES, da Literatura Latino Americana em Ciência da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Science Direct*, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), *Ciência & Saúde Coletiva* e em outras fontes de dados. **Resultado:** A Nanotecnologia possui estratégias de fiscalização e regulamentação no Brasil, e está em processo de evolução e desenvolvimento, porém ainda inexistem órgãos e legislações exclusivos para esta área, a fim de fomentar e regimentar os campos de pesquisas e produção dos nanomateriais médicos. **Conclusão:** Conclui-se que, diante do enorme potencial de

¹ Discente do curso de bacharelado em medicina da Faculdade Santa Maria. Email: darlan_alves.1@hotmail.com

² Médica pela FACULDADE DE MEDICINA NOVA ESPERANÇA (2011), com Residência em Pediatria pelo Hospital Universitário Osvaldo Cruz (HUOC). Docente no módulo: Saúde da Criança e Coordenadora do Internato do curso de medicina na Faculdade Santa Maria de Cajazeiras - PB.

³ Graduada em Enfermagem pela Faculdade Santa Emília de Rodat (2005). Possui Mestrado (2010) e Licenciatura (2009) em Enfermagem pela Universidade Federal da Paraíba, Especialização em Auditoria em Serviços de Saúde (2007) e Especialização em Saúde da Família pela UFPB (2014). Doutora em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina do ABC (2016) e Docente da Faculdade Santa Maria de Cajazeiras, nos cursos de Enfermagem e Medicina. Email: ankilmar@hotmail.com.

⁴ Enfermeira. Mestre em Enfermagem - UFPB. Especialista em Saúde Pública- FACISA. Professora Faculdade Santa Maria- FSM/PB. Email: renaliviamoreira@hotmail.com.

revolucionar o desenvolvimento da medicina e da saúde pública brasileira e dos diversos desafios encontrados atualmente na nanomedicina nacional, nota-se a imprescindibilidade de buscar um modelo voltado para o interesse e bem-estar de toda sociedade brasileira.

Palavras chave: Saúde Pública; Nanotecnologia; Nanomedicina.

ABSTRACT: *Nanomedicine is a new field of medical sciences that uses nanotechnology to produce structures at the nanoscale, aiming at formulating new methods of diagnosis and treatment of numerous diseases. Objective: This article aimed to characterize the challenges and the development of nanomedicine and its progress in Brazilian public health. Here, we discuss innumerable possible applications of this new science, as well as the historical and institutional steps relevant to nanomedicine at the national level, including comparison with methods used in other countries. Methodology: For this purpose, a bibliographic review was carried out, using the available journals in databases, virtual libraries and websites of the worldwide computer network. The main databases used were CAPES Periodicals Portal, Latin American and Caribbean Literature in Health Science (LILACS), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Science Direct, Brazilian Society for Science Development (SBPC), Science & Collective Health and other data sources. Outcome: Nanotechnology has control and regulation strategies in Brazil, and is in process of evolution and development, but it has no exclusive organs and legislation, in order to foster and regiment the fields of research and production of medical nanomaterials. Conclusion: In view of the enormous potential to revolutionize the development of Brazilian public health and medicine and the various challenges currently encountered in national nanomedicine, it is essential to seek a model focused on the interest and well-being of the entire Brazilian society.*

Keywords: *Public Health; Nanotechnology; Nanomedicine.*

INTRODUÇÃO

Ainda muito pouco conhecidas no nosso país, a nanomedicina e a nanotecnologia começam, aos poucos, a ganhar espaço como uma alternativa à medicina tradicional, com várias vantagens e inúmeras aplicações (HERMES, 2014).

A nanomedicina aplica a nanotecnologia nas ciências médicas, englobando a produção, caracterização e aplicação dos nanomateriais, cujas características ligadas à forma e ao tamanho estão na escala nanométrica. No campo biológico, todos os componentes das células e proteínas são objetos de tamanho nanométrico, portanto, há necessidade de ferramentas diminutas que funcionem com extrema precisão na escala nanométrica. (NOVO 2013; HERMES, 2014).

O objetivo da nanomedicina é criar produtos capazes de servir como veículos para dirigir medicamentos a lugares específicos do corpo. Diversos pesquisadores estudam novas e prometedoras estratégias para diagnosticar e tratar doenças de maneira eficaz com a nanomedicina. As aplicações da nanotecnologia na medicina podem favorecer no combate a enfermidades de forma menos invasiva do que tratamentos tradicionais. Existem diversos campos de aplicações desta nova tecnologia na medicina (PYRRHO, 2012; NOVO 2013).

As nanotecnologias já estão presentes em milhares de produtos, como cosméticos, tecidos e aparelhos eletrônicos, utilizados no nosso dia-a-dia em todo o mundo, porém observa-se pouco conhecimento entre as pessoas sobre essa nova tecnologia. A nanotecnologia tem se desenvolvido em diversas áreas do conhecimento, sendo a medicina uma das beneficiadas. O desenvolvimento de novos produtos com propriedades nanométricas pode ter diversas aplicações, como a criação de inovadoras formas de medicamentos, vacinas, exames diagnósticos e procedimentos terapêuticos (FARIA 2015).

Cada nova técnica de diagnóstico e tratamento deve submeter-se a vários anos de provas e estudos para determinar sua segurança e eficácia. De acordo com os pesquisadores, existem desafios a serem superados para, enfim, termos

segurança na utilização da nanotecnologia sem risco para a população. Com o propósito de solucionar esses desafios, busca-se criar instrumentos para avaliar a exposição dos nanomateriais no meio ambiente, dispositivos para verificar a toxicidade desses nanomateriais, paradigmas que possam prever os efeitos potenciais de novas nanotecnologias, métodos e programas estratégicos que avaliem e pesquisem as repercussões no uso de novas nanotecnologias ao longo de seu ciclo de vida (FARIA 2011).

Este trabalho possui como objetivo caracterizar o desenvolvimento sobre nanomedicina e seus progressos no Brasil através de estudos prospectivos, dos conceitos e as orientações das Políticas de Nanociências e Nanotecnologias e uma avaliação das publicações da área. Evidenciamos diversos debates sobre aplicações e consequências futuras ao uso da nanotecnologia na medicina, que ocorrem devido às questões sobre a toxicidade, efeitos biológicos e impactos ambientais mediante o uso destas tecnologias. Tais desafios são semelhantes aos de desenvolvimento de qualquer nova tecnologia e representam uma questão de segurança para o bem-estar da população (CANCINO, 2014; FARIA 2015).

A nanomedicina tem se desenvolvido no Brasil a partir de 2001 com as políticas públicas de estímulo ao desenvolvimento de pesquisa tecnocientífica sobre as nanociências e nanotecnologias. Contudo, ainda falta uma política de incentivo específico para essa área no Brasil. Neste artigo, além de discutir os desafios a serem superados, identificaremos algumas iniciativas, as quais, com o devido recurso, alavancariam a nanomedicina no país (SANT'ANNA, 2013; FARIA, 2015; FIGUEIRAS, 2015).

Desta forma, este trabalho tem o objetivo de mostrar a necessidade de ampliar o debate sobre o tema. Além disso, aborda aspectos científicos e indica questões e desafios relacionados às potencialidades e aplicações acerca desta tecnologia no contexto da medicina no Brasil.

OBJETIVO

Caracterizar o desenvolvimento atual sobre nanomedicina e seus progressos e desafios no Brasil.

METODOLOGIA

O estudo é de natureza analítico-descritivo, com abordagem qualitativa e com análise da bibliografia formal, discursiva e concludente. Para Mendes (2008), a revisão de literatura possibilita a síntese do conhecimento de determinado assunto, através da análise de importantes pesquisas que auxiliam a tomada de decisão e melhoria da prática clínica, além de apontar falhas do conhecimento que necessitam ser corrigidas com a realização de estudos futuros.

Por sua vez, a abordagem qualitativa responde a obrigações muito particulares. Ela preocupa-se nas ciências sociais, com um grau de realidade que não pode ser quantificado, isto é, trabalha com o universo de significados, aspirações, motivos, crenças, valores e atitudes, o que equivale a um campo mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser sintetizados à operacionalização de variáveis (MINAYO, 2007).

Com esse propósito, foi realizada uma revisão bibliográfica, utilizando-se os periódicos disponíveis em bases de dados, bibliotecas virtuais e sítios da rede mundial de computadores. As principais bases de dados utilizadas foram o Portal de Periódicos da CAPES, da Literatura Latino Americana em Ciência da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Revista Eletrônica de Comunicação Informação & Inovação em Saúde (REIIS), Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), *Medical Literature Analysis and Retrieval System online* (MEDLINE), Boletim Informativo GEUM, Portal do Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade de São Paulo (SIBiUSP), Associação Brasileira de

Estudos Sociais das Ciências e das Tecnologias (ESOCITE) e outras fontes de dados.

O período da pesquisa foi de agosto a novembro de 2017. A busca foi feita através das palavras chaves: saúde pública, nanotecnologia e nanomedicina, classificadas de acordo com as ideias e posições sobre nanomedicina. Considerando que o objetivo central desta tese concentra-se em compreender os entraves para o desenvolvimento da nanomedicina no âmbito nacional, utilizou-se uma delimitação teórico-conceitual de relevância ao tema pesquisado.

A análise dos artigos dar-se-á por meio de construção de quadros e tabelas, que abordarão os aspectos: Título da pesquisa/autores, base de dados, ano de publicação/periódico, modalidade da pesquisa, objetivo e principais resultados. Após a leitura dos artigos selecionados, busca-se, através da análise dos resultados, responder a questão norteadora.

Diante da pesquisa nas bases citadas, foram selecionados 11 trabalhos que se enquadravam com a questão norteadora e características aqui citadas anteriormente, que serão discutidos e explorados a seguir.

**Quadro 1: Apresentação da síntese de artigos incluídos na revisão integrativa.
Título/Ano/Base de dados**

NÚMERO	TÍTULO	ANO	BASE DE DADOS
1	Nanotecnologia: progresso científico, material, global e ético.	2014	BVS
2	Padrão de relacionamento entre nanociências, saúde e biologia: um levantamento histórico utilizando o programa Citespace.	2013	SCIELO
3	A moralidade da nanotecnologia.	2012	SCIELO
4	As políticas públicas e o desenvolvimento da nanomedicina como uma pesquisa tecnocientífica no Brasil.	2015	RECIIS
5	A contribuição da política científica brasileira para a construção social da nanomedicina, 2001-2011.	2011	ESOCITE
6	Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações	2014	SCIELO

7	Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana.	2013	SCIELO
8	Nanotecnologia na saúde: aplicações e perspectivas.	2014	GEUM
9	Nanotecnologia em diagnóstico e terapia no Brasil.	2015	SIBi
10	Nanomedicamentos e os desafios da ANVISA diante da inexistência de um marco regulatório no Brasil.	2016	RESEARCHGATE
11	Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos.	2014	SCIELO

Quadro 2: Apresentação da síntese de artigos incluídos na revisão integrativa. Autores/Objetivo/Resultados.

NUMERO	AUTORES	OBJETIVOS	RESULTADOS
1	HERMES, E. G. C.	Descrever a nanotecnologia com ênfase em nanomedicina e todos seus diversos processos até maio de 2013 no Brasil.	Nota-se que é preciso regulamentar e definir normas na utilização, produção e eliminação dos nanomateriais.
2	NOVO, M. S.	Elabora um padrão entre as relações das nanociências, saúde e biologia para definir a evolução histórica da nanociência.	A partir dos dados coletados, mostra que, a partir de 2006, amplifica-se a relação entre essas áreas, principalmente a nanomedicina e nanotecnologia.
3	PYRRHO, M.	Pretende mostrar as reflexões morais e éticas a respeito da nanotecnologia na área da saúde.	Apresenta duas questões éticas que implicam aos avanços da nanomedicina a incerteza sobre os efeitos na natureza e na sociedade, e suas verdadeiras repercussões da saúde humana.
4	FARIA, A. <i>et al.</i>	Descrever a evolução da nanomedicina, as orientações das Políticas de nanociências e nanotecnologias e citar	Não há uma política de fomento específica para essa área no Brasil.

		suas principais publicações.	
5	FARIA, A.	Um estudo sobre a política brasileira em nanotecnologia com relação às ciências sociais.	A nanomedicina possui um importante potencial na saúde pública, evidenciando a necessidade de fortalecer o incentivo nesta área.
6	CANCINO, J. et al.	Analisa as mais atuais aplicações em nanomedicina e preocupações sobre seu regulamento.	É necessário um interesse maior na formulação de padrões e regulamentos para toda inovação e desenvolvimento nanotecnológico no cenário brasileiro.
7	SANT'ANN A, L.S.	Um estudo sobre a nanotecnologia aplicada à saúde e suas previsões no Brasil de 1991 a 2010.	Nota-se a necessidade de subsidiar a formulação de novas políticas sobre nanotecnologia e riscos envolvendo a saúde humana como uma área estratégica na política da Ciência.
8	FIGUEIRA S, A. R. R.	Dispor sobre as principais aplicações e perspectivas da nanotecnologia na área da saúde.	A nanomedicina desenvolve novas terapêuticas e melhorar as já existentes.
9	SILVA, A. C. C.	Levantamento sobre a utilização da nanomedicina em diagnóstico e terapia no cenário nacional.	Há uma centralização do conhecimento e tecnologias em nanomedicina no Brasil. Além de demonstrar que sua real utilização nessas áreas ainda é muito inicial.
10	OLIVEIRA, L. P. S.	Demonstrar os desafios sanitários para a regulamentação de nanomedicamentos no Brasil.	Inexistem normas regulatórias exclusivas sobre nanomedicamentos no âmbito nacional.
11	BATISTA, A. J. S.	Descrever os avanços e a evolução das normas regulatórias dos nanomedicamentos e seus desafios no Brasil.	Considera que a regulação de nanomedicamentos seja a principal preocupação para o seu desenvolvimento no Brasil.

DISCUSSÃO DOS DADOS

Para Hermes (2014), a grande evolução e crescimento acelerado da tecnologia atual mostram-nos a necessidade de criar cada vez mais produtos e aparelhos menores e mais eficazes. Desta forma, vemos o caso da nanotecnologia em sua aplicação na medicina, a nanomedicina, atuando em múltiplos setores da saúde, viabilizando o surgimento de inovações e melhorias de métodos diagnósticos, formas terapêuticas, além de prevenção e cura de inúmeras enfermidades.

Segundo Novo (2013), o prefixo “nano” provém do grego “anão”, mas se refere à escala de medida cuja grandeza é o nanômetro que aparece associado às nanopartículas. Portanto, a nanotecnologia e as nanociências contemplam o universo nanométrico, no qual a dimensão física é representada por uma unidade equivalente a um bilionésimo do metro (nm ou 10^{-9} m). Para termos como parâmetro, o tamanho de uma molécula de DNA equivale a uma escala de 100nm, outros exemplos são as hemácias, as bactérias e os vírus, estão na escala de 10.000nm. São considerados nanomateriais os objetos que se encontrem entre 1 a 100nm na escala nanométrica.

Em 1959, Richard Feynman proferiu em uma palestra durante o Encontro Anual da Sociedade Americana de Física que um dia seria possível manipular a matéria a nível atômico, podendo até condensar todo conteúdo de uma enciclopédia num espaço equivalente a cabeça de um alfinete. Com o título “Há muito espaço lá em baixo”, o físico foi ganhador do prêmio Nobel de física em 1965, acontecimento considerado o marco inicial da nanotecnologia. Na década de 80, com a criação do microscópio de varredura por tunelamento, as ideias lançadas por Feynman começaram a tomar corpo (HHERMES, 2014; NOVO, 2013).

A nanomedicina é um novo campo da ciência que revoluciona positivamente a saúde e a medicina; é a disciplina da nanobiotecnologia destinada à promoção da saúde humana. Assim como favorece o desenvolvimento da sociedade, atuando também nos setores: ambiental, trabalhista e social. Utilizando-se nanoferramentas

nos processos de diagnóstico, prevenção e tratamento de patologias, alívio da dor e promoção a saúde humana (PYRRHO, 2012; FARIA, 2015).

A nanomedicina apresenta uma enorme diversidade de áreas de atuações, como construção de nanoestruturas biocompatíveis, nanoestruturas para a área farmacêutica, nanoprodutos para os setores da veterinária e de cosméticos, técnicas de diagnósticos e imagens, fluidos magnéticos, DNA e terapia gênica, neuroeletrônica, engenharia de tecidos e motores moleculares. Atualmente, as principais aplicações em nanomedicina estão direcionadas para sistema de carregamento e liberação de drogas, implantes e próteses (FARIA, 2015; FIGUEIRAS, 2014).

De acordo com Cancino *et al.* (2014), na área farmacêutica do Brasil que envolve a nanotecnologia, as aplicações que se destacam são quanto à liberação controlada de fármacos (*Drug Delivery System*), produtos cosméticos, protetores solares e medicamentos para diagnóstico. Já na área médica, há estudos e aplicação de nanomateriais como ferramentas de diagnóstico, criação de vacinas e métodos terapêuticos contra neoplasias. A possibilidade de usar nanopartículas magnéticas capazes de identificarem e de se ligarem a um grupo específico de células abre a oportunidade de direcionar estas partículas até a região do tumor, utilizando-se de quimioterápicos, de forma mais direcionada e específica, combatendo as células cancerígenas. Esta técnica diminuiria os efeitos tóxicos que são provenientes desses agentes, assim como maximizaria a sua função, diminuindo a quantidade de fármacos necessários (CANCINO, 2014; FIGUEIRAS, 2014).

Faria *et al.* (2015) citam que a partir do início do programa para o desenvolvimento e disseminação das nanociências em 2001, com a implantação de redes políticas estimuladas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (MCT-CNPq), tais redes foram organizadas de maneira a envolver instituições de ensino e pesquisa e empresas envolvendo profissionais de diferentes formações, com um notável crescimento dos recursos investidos pelo governo e pelo setor privado nesse campo da ciência. Com o intuito de continuar a fomentar a evolução da nanociência e nanotecnologia, em 2001, foram criados os Institutos do Milênio: Institutos do Milênio

de Materiais Complexos, Rede de Pesquisa em Sistema em Chip, Microsistemas e Nanoeletrônica e o Instituto Multidisciplinar de Materiais Poliméricos.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em 2012, anunciou, através da PORTARIA nº 245 (2012), o surgimento do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNano), que integra diversos laboratórios estratégicos e associados. Este órgão possui como função incentivar o avanço de estudos, desenvolvimento e inovação de produtos com o aprimoramento dos recursos humanos e aperfeiçoando as instalações laboratoriais. O SisNano está integrado a várias Instituições Científicas Tecnológicas, que possuem atividades relacionadas aos estudos e criação de nanomateriais como: nanobiomagnetismo, nanobiotecnologia, nanotubos de carbono, nanocosméticos, simulação e modelagem de nanoestruturas, nanofotônica, nanotecnologia molecular e interfaces e nanobioestruturas (FARIA, 2011; FARIA, 2015).

Estudos mostram que os investimentos do Brasil em pesquisa e desenvolvimento na área da nanotecnologia possuem um panorama de crescimento muito inferior, quando comparados aos aplicados por países desenvolvidos. Estatísticas mostram que os Estados Unidos e os países da União Europeia são responsáveis por dois terços das publicações de artigos e quatro de cada cinco patentes em nanomedicina (SANT'ANNA, 2013; HERMES, 2014). Para Silva (2015), no Brasil, observamos que não há um direcionamento específico a esse tema; as pesquisas e aplicações relacionadas ao uso dessas tecnologias para uso na saúde vêm se desenvolvendo nas políticas amplas de nanotecnologia e nanociência.

As Conferências Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CNCTI) estabelecem a vigente política de ciência, tecnologia e inovação, elaborada a partir da IV CNCTI, e define o objetivo da nanociência e nanotecnologia, que é “promover a geração do conhecimento e do desenvolvimento de produtos, processos e serviços nanotecnológicos visando ao aumento da competitividade da indústria brasileira”. A organização de modelos de política científica, tecnológica e de inovação visa à organização da produção e dos conhecimentos (FARIA, 2015).

Analisando a variabilidade de políticas de ciência e tecnologia atuais, notamos a necessidade de formular novos modelos que subsidiem o desenvolvimento da nanomedicina no Brasil, segundo Faria *et al.* (2015). Reconhecemos que a visão de

vigente modelo de “ciência como fonte de oportunidade estratégica” tem grande impacto no incentivo à pesquisa e produção de conhecimento tecnocientífico. Porém, questionamos se tal modelo é apropriado para fomentar a nanomedicina na sociedade brasileira.

A participação das políticas de nanociência e nanotecnologia no setor da indústria tem o foco no desenvolvimento industrial. O Plano Brasil Maior, lançado em agosto de 2011, sucedeu ao Plano de Desenvolvimento Produtivo, coordenada pelo Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Esse ministério criou a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) que possui a função de promover a política industrial em acordo com os modelos política de ciência e tecnologia, assim como também tem publicado estudos sobre o desenvolvimento das nanociências e nanotecnologias no Brasil. O setor industrial tem apoio do BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) junto com o MDIC, promovendo fundos de investimento para a biotecnologia e nanotecnologia. Porém, observou-se a ausência de políticas exclusivas destes órgãos a fim de fomentar o arranjo de atores participantes do setor industrial e saúde pública brasileira, voltadas à produção e estudos sobre as perspectivas de uso da nanotecnologia em produtos de interesse para a saúde. Além disso, não existe uma política específica do Ministério da Saúde para a produção de nanotecnologias e nanociência. A união desses dois órgãos públicos contribuiria para o desenvolvimento da nanomedicina, somando conhecimento e investimentos, aperfeiçoando a dinâmica do complexo econômico-industrial de saúde, contribuindo para as demandas de saúde pública, além de atenuar a economia comercial de produtos de saúde pela produção nacional de nanoproductos para saúde (BATISTA, 2014).

Analisando as produções científicas nos últimos anos acerca das nanotecnologias e nanociências, mostra-se nitidamente um avanço exponencial desta tecnologia no mundo. Na formação e educação voltada para a política de incentivo à pesquisa científica, tecnológica e de inovação, é imprescindível a qualificação do recurso humano. Assim, o IV Plano Nacional de Pós-graduação (2010-2020) indicava as nanotecnologias e nanociências como áreas prioritárias, citando a IV Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, que

expressou o incentivo à política de educação em nível de pós-graduação nessas áreas através da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) ligada ao Ministério da Educação. Todavia, houve um diminuto número de editais lançados por esse órgão para o desenvolvimento da nanomedicina. Ademais, os avanços em nanomateriais aplicados à medicina no Brasil ainda retêm-se em universidades e grandes centros de pesquisa, grande maioria na forma de artigos ou teses. Assim, entendemos que houve uma assistência para a formação de profissionais qualificados e a produção de conhecimentos científicos na área nanotecnológica. Entretanto, no foco em nanomedicina, não houve um direcionamento específico em projetos de aplicação em saúde humana (BATISTA, 2014; CANCINO 2014).

Segundo Silva (2015), o governo brasileiro tem promovido relativamente bem o estudo de dimensões relacionadas às nanotecnologias e suas questões éticas e ambientais. No entanto, as publicações brasileiras concentram-se principalmente nas regiões mais ricas: dois terços das publicações do país concentram-se no estado de São Paulo. Torna-se, assim, imperioso promover um meio de coordenação da Rede de Pesquisa em nanotecnologia e nanomedicina.

Para Oliveira (2016), a disposição de patentes em nanomedicina no Brasil não possui o mesmo crescimento da curva de publicações de artigos. O tempo de demora em liberar distribuição de patentes é a razão pela queda de número de patentes no setor nanotecnológico. Tal fato justifica e contribui para o efeito limitado das políticas públicas que incentivam a produção de artigos nessa área. Outro ponto a ressaltar está no tocante ao limitado campo de atuação nos pedidos de patentes no Brasil, visto que praticamente a grande maioria dos pesquisadores atua no campo dos sistemas de entrega e liberação controlada de fármacos.

O autor Batista (2014) atenta ao crescimento da nanociência e nanotecnologias a partir das políticas de ciência e tecnologia com participação do Ministério da Saúde, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Finep (Financiadora de Estudos e Projetos), mas sem um incentivo direcionado à nanomedicina. Além disso, essas agências devem promover integração entre elas a

fim de fomentar a formação de mão de obra qualificada, financiamentos e pesquisas científicas na área. Assim, a nanomedicina poderá se desenvolver no ramo de conhecimento e competitividade do setor de saúde humana, favorecendo a própria saúde coletiva brasileira.

É inerente a qualquer nova tecnologia a presença de risco e cuidados ao uso dela; assim também é o caso da nanomedicina. Apesar dos inúmeros benefícios, devem ser estudados os possíveis efeitos adversos na sua aplicação. Preocupações sobre a segurança e fabricação dos nanomateriais, apesar de comprovadamente serem um grande aliado no avanço de sistemas eficientes de diagnóstico e tratamento, representam um grande desafio ao desenvolvimento da nanomedicina, por isso os métodos de controle de qualidade e propriedades da fabricação de nanomedicamentos devem ser rigorosamente verificados (HERMES, 2014; CANCINO, 2014).

A ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e FDA (*Food and Drug Administration*) americana são agências reguladoras que determinam os trâmites legais para a regulação e comercialização de um novo medicamento, pois realizam testes pré-clínicos e clínicos, determinando todos os seus efeitos. Entretanto, os nanomedicamentos são produtos de uma nova tecnologia e não há definições governamentais e normatizações científicas específicas para a pesquisa e a comercialização desses materiais. Diante do exposto, vale destacar a necessidade das políticas governamentais fornecerem regulação eficiente para garantir a eficácia e a segurança dos nanomedicamentos antes de conceder os seus registros (OLIVEIRA, 2016).

Além disso, é imprescindível o desenvolvimento da nanomedicina nos países em desenvolvimento, como o Brasil, não somente beneficiando os ricos, mas direcionada à solução dos seus problemas de saúde pública, levando a tecnologia até aqueles que mais precisam, fomentando a inclusão social, bem como o engajamento e participação pública nos programas de pesquisas proporcionam o desenvolvimento responsável da nanomedicina (BATISTA, 2014; SANT'ANNA, 2013).

Tendo em vista o grande potencial medicinal da aplicação da nanomedicina em setores essenciais da farmacoterapia, de exames diagnósticos e de

procedimentos curativos ou de alívios das mazelas, faz-se necessária a elaboração de políticas públicas que incentivem e regulamentem tais aplicações. É importante ressaltar que a formulação de normas e leis é imprescindível para garantir a segurança dos produtos nanomedicinais, de modo que não cause malefícios à saúde da população (HERMES, 2014; BATISTA, 2014).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanomedicina possui um enorme potencial de revolucionar o desenvolvimento da medicina e da saúde pública brasileira. Essa nova área tecnológica traz inúmeros benefícios terapêuticos, diagnósticos, como também prevenção e promoção da saúde humana e coletiva. Suas aplicações ampliam-se em diversas áreas do conhecimento da saúde, onde o potencial de suas aplicações é muito grande e de enorme utilidade social.

Observa-se que, para tornar o Brasil participante efetivo no cenário mundial sobre a utilização da nanociência no campo médico, é necessário investir em infraestrutura, nas universidades, centros de pesquisa, além de fomentar a integração com empresas privadas, incentivando a relação entre o setor de pesquisa e o produtivo.

Por fim, concluímos que uma maior articulação entre os setores políticos nacionais de nanotecnologia e nanociência orientados para o setor de saúde humana contribuiria para a formulação de políticas específicas e regulamentação da nanomedicina num modelo voltado para o interesse e bem-estar de toda sociedade brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATISTA, S. A. J.; PEPE, E. V. L.; Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 7, 2014.

CANCINO, J. *et al.* Nanotecnologia em medicina: aspectos fundamentais e principais preocupações. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 521-526, 2014.

FARIA, A. *et al.* As políticas públicas e o desenvolvimento da nanomedicina como uma pesquisa tecnocientífica no Brasil. 2015.

FARIA, A.; SOUZA, O. G. A CONTRIBUIÇÃO DA POLÍTICA CIENTÍFICA BRASILEIRA PARA A CONSTRUÇÃO SOCIAL DA NANOMEDICINA, 2001-2011.

FIGUEIRAS, A. R. R.; COIMBRA, A. B.; VEIGA, F. J. B.. Nanotecnologia na saúde: aplicações e perspectivas. **Boletim Informativo Geum**, v. 5, n. 2, p. 14, 2014.

HERMES E. G. C.; BASTO P. R. H. O., Nanotecnologia: progresso científico, material, global e ético. **Persona y Bioética**, v. 18, n. 2, 2014.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVAO, C. M. **Revisão integrativa**: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto contexto - enferm.*, Florianópolis, v. 17, n. 4, Dec. 2008.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 10ª. ed. São Paulo: Hucitec--Abrasco, 2007.

NOVO, M. S.; GERACITANO, L. A.; HENNING, P.; Padrão de relacionamento entre nanociências, saúde e biologia: um levantamento histórico utilizando o programa Citespace. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 20, n. 4, 2013.

OLIVEIRA, L. P. S.; MARINHO, M. E.; OLIVEIRA F. E.; Nanomedicamentos e os desafios da ANVISA diante da inexistência de um marco regulatório no brasil. **Amazon's Research and Environmental Law**, v. 3, n. 3, 2016.

PYRRHO, M.; SCHRAMM, F. R.. The morality of nanotechnology. **Cadernos de saúde publica**, v. 28, n. 11, p. 2023-2033, 2012.

SANT'ANNA, L. S.; ALENCAR, M. S. M; FERREIRA, A. P.; Patenteamento em nanotecnologia no Brasil: desenvolvimento, potencialidades e reflexões para o meio ambiente e a saúde humana. **Química Nova, São Paulo**, v. 36, n. 2, p. 348-353, 2013.

SILVA, A. C. C.; **Nanotecnologia em diagnóstico e terapia no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015.