

NANOTECNOLOGIA: subsídios para o acompanhamento do tema

Irene Calaça*

Resumo

Entre os papéis da Agência Brasileira de Inteligência (Abin), está o acompanhamento de temas que influenciem o processo decisório e a segurança da sociedade. A Nanotecnologia (NT, estudo e/ou manipulação da matéria em escalas atômica, molecular e macromolecular) seria um deles, pois é multifacetário, envolve conhecimento sensível, afeta o desenvolvimento econômico do país e pode ocasionar riscos ao homem e ao meio ambiente. Parâmetros de segurança usuais não se aplicam a nanomateriais (NMTs), que adquirem propriedades físico-químicas distintas das dos análogos macroscópicos. Trazemos algoritmo que permite visualizar o risco potencial de NMTs. Não há legislação específica sobre NTs no país. As ações governamentais empreendidas são recentes e descoordenadas. Transparência de dados e fomento da discussão social sobre NTs auxiliariam a cobrança, por parte da sociedade, de resultados há muito protelados. A Abin poderia atuar incrementando a cooperação entre gabinetes de Estado e entre esses e empresas ligadas aos setores para a elaboração de marco regulatório na área.

Introdução

A Lei nº 9.883, de 7 de dezembro de 1999, caracteriza como Inteligência:

[...] a atividade que objetiva a obtenção, análise e disseminação de **conhecimentos** dentro e fora do território nacional sobre fatos e situações **de** imediata ou potencial **influência sobre o processo decisório** e a ação governamental **e sobre a salvaguarda e a segurança da sociedade e do Estado.** (BRASIL, 1999, art. 1º, § 2, grifo nosso)

Dentro dessa perspectiva, vemos que cabe à Inteligência acompanhar temas e conhecimentos que possam influenciar

tomadas de decisão da Presidência da República, bem como garantir a salvaguarda e a segurança da sociedade e do Estado. Se um tema de interesse nacional não entrou na agenda do Estado, a Inteligência tem a obrigação de registrar a situação, levantar vulnerabilidades e apontar necessidades, envolvendo os órgãos governamentais de forma a se conscientizarem da situação, conquistarem espaço para o país na área e criarem legislações que assegurem avanços

* Mestre em Letras e Linguística pela Universidade Federal de Goiás, Mestre em Filologia Eslávica pela Universidade da Amizade dos Povos de Moscou, Tradutora Russo-Português, Analista.

técnico-científicos já conquistados, reafirmando a soberania do país.

Nanotecnologia (NT) é tecnologia de ponta e gera conhecimento estratégico, que pode revolucionar tanto positiva como negativamente políticas e/ou economias de Estado; logo, deve ser protegida. Ao conduzir o tema, surgem impasses diante do analista: como acompanhar e produzir informações relevantes sobre assunto sensível e com nível de periculosidade incerto, se ele é relativamente pouco conhecido no meio científico¹?

Nanotecnologia (NT) é tecnologia de ponta e gera conhecimento estratégico, que pode revolucionar tanto positiva como negativamente políticas e/ou economias de Estado; logo, deve ser protegida.

Neste artigo, são levantados subsídios que auxiliam a compreensão do que é NT e fornecem base a partir da qual pode-se conduzir pesquisas sobre ela. Em um primeiro momento, apontamos riscos que nanomateriais (NMTs) podem ocasionar, mencionamos legislações e algumas ações governamentais que envolvem NTs, trazemos parâmetros

científicos russos para avaliação da periculosidade de NMTs e finalizamos com sugestões que podem contribuir em análises vindouras. Explicações técnicas ou necessárias à contextualização são trazidas em rodapé.

Problemática

Nanotecnologia é o estudo e/ou a manipulação da matéria em escalas atômica, molecular e macromolecular. Com NTs, efeitos quânticos atuam sobre a simples redução de elementos químicos à escala nanométrica (um bilionésimo de metro), e esses passam a adquirir **propriedades distintas** daquelas encontradas no meio ambiente². Por exemplo, o carbono – macio e maleável na forma de grafite –, quando diminuído à nanoescala, torna-se mais resistente e seis vezes mais leve do que o aço. Da mesma forma, o nanoalumínio adquire a capacidade de combustão espontânea, podendo vir a ser utilizado como combustível para foguetes (CENTRO ECOLÓGICO, 2009, p. 6).

Segundo Silva (2008, p. 10-11), há vários métodos e processos para obtenção de NMTs, que são sintetizados sob duas abordagens – os métodos *top down* e *bottom up*. Através do método *top down*

¹ Conforme Silva (2008, p. 4-6), embora utilizados por alquimistas na Idade Média, os NMTs tiveram seus estudos impulsionados pela criação de microscópios de força atômica e tunelamento [anos 1980], “que tornaram possível a visualização e a manipulação de estruturas em nível atômico, impulsionando a pesquisa pura e aplicada com nanomateriais”. (Ibid., p. 6)

² Segundo Pohlmann e Guterres (2010, p. 8), **nanomateriais** são fruto da tecnologia e inexistem na natureza, enquanto **materiais nanoscópicos** (ou materiais nanométricos) são elementos naturais com dimensões na faixa de 1 a 1000 nm (com DNA e enzimas), os quais não apresentam “novas propriedades ou aplicações quando comparados com a substância na sua forma molecular ou *bulk* (uma porção da matéria)”.

ou “de cima para baixo”, estruturas maiores são continuamente diminuídas de tamanho até atingirem dimensões nanométricas com a utilização de técnicas clássicas de cominuição, como moagem, micronização e atomização³.

No método *bottom up* ou “de baixo para cima”, para obtenção de NMTs, são utilizados processos químicos, físicos e conjugados muito complexos, com base em química coloidal, eletroquímica, alterações de estados da matéria com utilização de plasma, entre outros⁴.

Os materiais obtidos a partir da NT são empregados na microeletrônica, energética, indústrias química, farmacêutica, têxtil e de construção, bem como em pesquisas científicas e no controle e na segurança do meio ambiente, movimentando bilhões de dólares anualmente. Em 2014, o governo estadunidense destinou 1,7 bilhão de dólares para estudos nanotecnológicos (ESTADOS UNIDOS, 2013). O Brasil reservou

R\$300 milhões para áreas científicas, como NT (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2014). As grandes somas atestam a importância política e econômica dada à área pelos países.

Não obstante originarem-se de elementos químicos conhecidos, NMTs e nanopartículas adquirem propriedades físico-químicas distintas das de seus análogos macroscópicos, as quais podem ser danosas a organismos. Elementos seguros em dimensões normais podem se tornar tóxicos quando reduzidos a nanodimensões, ainda que na mesma concentração. Conforme Onishenko et alii (2007), são registrados em NMTs: i) aumento do potencial químico do elemento, devido a mudanças na sua topografia, que se torna altamente rugosa; ii) grande volume de superfície, que amplia reações químicas e propriedades catalíticas⁵; iii) pequenas dimensões e formas diversificadas⁶;

³ Segundo Silva (2008, p. 11), nas rotas de atomização, partículas maiores são fundidas formando líquido, que posteriormente é atomizado (aplicado ao processamento de alguns metais e ligas).

⁴ Métodos *bottom up* para obtenção de NMTs, conforme Silva (2008, p. 12), seriam: “[...]Sol-gel, CVD (*Chemical Vapour Deposition*), SHS (*High Temperature Self Propagation Synthesis*), combustão, decomposição térmica, pirólise via spray, PVD (*Physical Vapour Deposition*), métodos a laser, plasma ou arco voltaico, método reverso de microemulsão/micelas, síntese via úmida em baixa temperatura, síntese química de precursores cerâmicos acoplados de polímeros com técnicas de processamento físico, atomização eletrodinâmica, ‘*electrospinning*’, entre muitos outros.”

⁵ Segundo Onishenko et al. (2007), essas alterações no volume de massa ocasionam aumento da produção de radicais livres e de formas reativas de oxigênio e, com o tempo, danificam estruturas biológicas (de lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e, parcialmente, o DNA).

⁶ Nanopartículas menores podem se ligar aos ácidos nucleicos e proteínas, se introduzir nas membranas, se infiltrar nas organelas celulares e, dessa maneira, alterar as funções das bioestruturas. A nanopartícula pode atravessar esse processo sem despertar resposta imunológica do organismo e sem ser eliminada pelos sistemas de defesa do organismo.

iv) grande capacidade de adsorção⁷; v) alta cumulatividade⁸. Essas peculiaridades levam os referidos cientistas a considerarem NMTs elementos totalmente novos a atuar no organismo humano e no meio ambiente, colocando em pauta duas necessidades vitais: a de se elaborarem métodos que avaliem possíveis riscos da atuação de NMTs sobre o meio ambiente e a saúde do ser humano, e a de se controlar movimentação e/ou manipulação de NMTs.

Possíveis Riscos de NMTs

Metodologias comumente utilizadas para verificação da toxicidade de materiais analisam o quão tóxica é a substância em relação a sua concentração em massa. Contudo, esse quesito não é determinante para NMTs, cuja análise de segurança deve considerar fatores como dimensão da área de superfície, forma, reatividade química, composição, dimensões, quantidade e características biológicas das nanopartículas⁹. Os dados podem ser obtidos por métodos específicos, capazes de diferenciar NMTs de seus análogos químicos em fases contí-

nuas ou em dispersões macroscópicas, tais como diferentes tipos de espectrometria, cromatografia e ultracentrifugação. O tipo de análise dependerá das dimensões da partícula a ser analisada, do grau de sensibilidade necessário à investigação da composição química, da complexidade do teste, dos custos. Não existe instrumento único, fazendo-se necessária a utilização de métodos paralelos, que se complementem¹⁰.

A pequena quantidade de dados sobre NMTs e/ou sua inexistência não eximem aqueles que os utilizam de considerarem implicações ambientais, éticas, sociais e jurídicas de sua introdução no meio ambiente.

De acordo com Onishenko et alii (2007), bases de dados e modelos matemáticos úteis para manuseio e avaliação de riscos de NMTs são pouco acessíveis. Até 2007, não havia dados confiáveis na literatura que dissessem respeito a genotoxicidade, teratogenia, embriotoxicidade, mutagênese, cancerogênese, alergenicidade e influência dos NMTs nos sistemas

⁷ Muitos nanomateriais possuem propriedades hidrofóbicas ou são eletricamente carregados, o que potencializa tanto os processos em que absorvem substâncias tóxicas, como sua capacidade de passar as barreiras do organismo.

⁸ Nanopartículas podem não ser reconhecidas pelos sistemas de defesa do organismo, não sofrer suas biotransformações e não ser por ele expelidas. Isso permite a NMTs se acumularem em microorganismos e em organismos de vegetais e animais, e serem transferidos através de elos da cadeia alimentar, o que ampliaria a possibilidade de seu ingresso no organismo humano.

⁹ Algumas características biológicas a serem analisadas em NMTs são: permeabilidade em biomembranas, genotoxicidade, atividade em processos de oxirredução (inclusive peroxidação lipídica), biotransformação e eliminação do organismo.

¹⁰ Detalhes sobre métodos, suas aplicações e limitações são encontradas em Onishenko et al. (2007)

hormonal e imunológico dos seres humanos¹¹. Atualmente, embora a sociedade exerça pressão para que se estude melhor a toxicidade e a segurança de NMTs, e os governos estejam investindo na área, faltam ainda estratégia global coordenada, comparação e verificação dos dados obtidos, criação de legislação específica e padronização (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL, 2011, p. 24).

A pequena quantidade de dados sobre NMTs e/ou sua inexistência não eximem aqueles que os utilizam de considerarem implicações ambientais, éticas, sociais e jurídicas de sua introdução no meio ambiente. Cada vez mais, são criados novos produtos a partir de NMTs, o que aumenta a exposição da sociedade a eles em toda a cadeia produtiva e no mercado. Conforme Silva (2008, p.vi), fazem-se necessários:

[...] nova análise e avaliação dos processos, procedimentos e dispositivos industriais de forma a garantir a proteção coletiva e individual ao trabalhador e à sociedade, uma vez que com o aumento de escala e de volume de produção dos materiais nanoestruturados, uma parcela cada vez maior da cadeia laboral passa a estar exposta aos nanomateriais em suas diversas formas e meios.

Controle e Ações: Esboço

Projetos para estudo e formação de legislação sobre nanomateriais vêm sendo desenvolvidos e difundidos em diversos países. Pesquisadores da *Marshall University* e da *West Virginia University* conduzem o Projeto NanoSAFE¹²; a *European Chemicals Agency* (ECHA) ocupa-se com a implementação de legislação sobre uso e manuseio de produtos e substâncias químicas que suscitam preocupação à saúde humana e ao ambiente, inclusive NMTs¹³; a Academia Britânica emitiu relatório sobre o assunto (REINO UNIDO, 2004) a fim de assessorar o governo da Inglaterra em tomadas de decisão; o Ministério da Educação e Ciência da Federação da Rússia mantém portal sobre nanotecnologia¹⁴, com artigos relacionados ao tema, fórum de discussão para pesquisadores cadastrados e links de acesso a centros de estudo de nanotecnologia na Alemanha, nos Estados Unidos, na Grã-Bretanha e na Finlândia. A comunidade global mostra-se envolvida no tema.

Na Organização Mundial para Padronização (*International Organization for Standardization*, ISO), da qual o Brasil

¹¹ À época, já havia estudos de neurotoxicidade, cardiotoxicidade e hepatotoxicidade relacionadas com alguns NMTs. Segundo Onishenko et al. (2007), experimentos registraram que uma simples inalação de nanotubos de carbono por cobaias ocasiona processo inflamatório dos tecidos pulmonares dessas, com posterior necrose celular e desenvolvimento de fibrose. Zaitsev (2011) menciona diferenças na atuação de nanopartículas em organismos de machos e fêmeas (enquanto ratos machos tornaram-se inférteis após digerirem nanotubos por um mês, as fêmeas mantiveram a capacidade de gerar).

¹² Fonte: <<http://nanosafe.wvu.edu/about>>. Acesso em: 6 maio 2013.

¹³ Fonte: <<http://echa.europa.eu/web/guest/guidance-documents/guidance-on-information-requirements-and-chemical-safety-assessment>>. Acesso em: 6 maio 2013.

¹⁴ Fonte: <<http://portalnano.ru/>>. Acesso em: 8 maio 2013.

faz parte, o comitê técnico ISO TC 229 discute e elabora a base normativa para nanociência e nanotecnologia em todo o mundo, de forma a torná-las eficientes, seguras e limpas. Até 15 de janeiro de 2013, foram publicadas 42 normas sobre conceituação, caracterização e segurança no manuseio de NMTs¹⁵.

A Comissão de Estudos Especiais da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CEE 89) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) (2012), apesar de possuir direito a voto nos assuntos discutidos no comitê ISO, na reunião de 4 de outubro de 2012, reconheceu “... *que a presença de especialistas [em nanotecnologia] nesta comissão ainda é incipiente para dar suporte à sua participação na ISO*”¹⁶ (grifo nosso). Como forma de estimular a participação de especialistas brasileiros e reforçar o papel do país na área de NT, em novembro de 2014, a CEE 89 sediou a reunião internacional da ISO em Belo Horizonte/MG.

No Brasil, a legislação que deveria regular e monitorar a utilização segura da NT é incipiente. O Projeto de Lei (PL) nº

5.076/2005 (BRASIL, 2005), que regulamentaria a condução de pesquisas e o uso de NTs, encontra-se arquivado na Câmara dos Deputados desde fevereiro de 2009; assim como está arquivado no Senado o PL nº 131/2010, que versa sobre rotulagem de produtos farmacêuticos e correlatos (BRASIL, 2010).

Encontram-se tramitando os PLs nº 5.133/2013 (BRASIL, 2013a) e 6.741/2013 (BRASIL, 2013b), que tratam de produção e destino de rejeitos, e rotulagem de produtos, respectivamente.

Normas sobre NT também poderiam ser instituídas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), órgão responsável pela regulamentação de produtos e serviços que possam afetar a saúde da população brasileira (Lei nº 9.782, de 26 janeiro de 1999 (BRASIL, 1999)). A Anvisa iniciou estudos no tema: em 31 de outubro de 2012, a Agência promoveu debate sobre NT¹⁷ e, em 10 de junho de 2013, instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia (CIN/Anvisa)¹⁸, para, entre outras funções, elaborar diagnóstico relacionando a NT à vigilância sanitária, que foi publicado em 25 de março

¹⁵ Fonte: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogueetc/catalogue_tc_browse.htm?commid=381983.&published=on>. Acesso em: 15 jun. 2014.

¹⁶ Embora poucos especialistas estejam participando da referida comissão, eles são muitos pelo país. Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (2010, p. 34), em bases de dados sobre grupos de pesquisa em nanociência e NT, puderam ser contabilizados 2.242 pesquisadores brasileiros vinculados a 541 instituições, os quais publicaram 833 artigos de 2005 a 2008.

¹⁷ Fonte: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/anvisa+portal/anvisa/sala+de+imprensa/menu+--+noticias+anos/2012+noticias/nanotecnologia+e++tema+de+debate+na+anvisa>>. Acesso em: 8 maio 2013.

¹⁸ Conforme Portaria nº 993/ANVISA, de 10 de junho de 2013. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/56808636/dou-secao-2-19-07-2013-pg-50>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

de 2014¹⁹. Contudo, até o momento, o órgão continua utilizando legislação de cunho genérico para tratar e avaliar o assunto.

Há cientistas brasileiros discutindo possível Marco Regulatório (POHLMANN; GUTERRES, 2010), bem como Programas Mobilizadores em Áreas Estratégicas (no Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)), voltados para pesquisa em NTs.

O governo brasileiro, cada vez mais, lança iniciativas que buscam fomentar o estudo de NMTs. Em julho de 2012, portaria interministerial criou o Comitê Interministerial de Nanotecnologia (CIN), integrado por oito ministérios: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), responsável pela coordenação do CIN; Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; Ministério da Defesa; MDIC; Ministério da Educação; Ministério do Meio Ambiente; Ministério de Minas e Energia; e Ministério da Saúde (BRASIL, 2012). As atribuições desse comitê são: propor mecanismos de acompanhamento e avaliação de atividades na área de NT; recomendar planos, programas, metas, ações e projetos integrados para consolidação e evolução das

nanotecnologias no país, indicando potenciais fontes de financiamento e recursos necessários para apoiar projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação. As ações dos membros do CIN já se fazem notar: no início de 2013, o comitê iniciou finalização do documento “Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia” (IBN), que servirá de orientação para ações, programas e investimentos do governo brasileiro na área.

O MCTI vem mobilizando comunidades científicas do Brasil e de países vizinhos em torno da NT. Em outubro de 2006, o MCTI apoiou a criação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia (CBAN), que busca incrementar o estudo de conhecimentos científicos e tecnológicos pelos dois países, propor mecanismos de integração dos conhecimentos obtidos nos setores públicos e privados, estudar questões relacionadas à propriedade e à comercialização de produtos e processos nanotecnológicos, entre outras questões²⁰. Nos mesmos moldes bilaterais, firmaram-se Memorandos de Entendimento em tecnologia com os países Cingapura²¹ (2008), Rússia (2010), Canadá (2010), Índia²² (2012),

¹⁹ Relatório do CIN/Anvisa em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/fb117d80436c3ca-cb1b5b72a042b41f5/Diagn%C3%B3stico+Institucional+de+Nanotecnologia++CIN+2014++Dicol.pdf?MOD=AJPERES>>. (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014).

²⁰ Fonte: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/27144.html>>. Acesso em: 13 nov.2012.

²¹ Fonte: <http://dai-mre.serpro.gov.br/atos-internacionais/bilaterais/2008/b_266>. Acesso em: 20 fev. 2013.

²² Fonte: <<http://dai-mre.serpro.gov.br/atos-internacionais/bilaterais/2012/memorando-de-entendimento-entre-o-governo-da-republica-federativa-do-brasil-e-o-governo-da-republica-da-indiaem-cooperacao-na-area-de-biotecnologia/>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

Espanha²³ (2012), entre outros. Em fevereiro de 2012, foi instituído o Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia (CBC-Nano)²⁴ e, em abril de 2012, foi criado o Sistema Integrado de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNano)²⁵, aberto a laboratórios estratégicos e associados.

Por sua vez, o MDIC instituiu o Fórum de Competitividade de Nanotecnologia²⁶, um espaço de interação que visa a contribuir para a consolidação do setor. Da mesma forma, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq) mantêm programas de bolsa de estudo no exterior para áreas de concentração ou linhas de pesquisa em nanotecnologia.

Faz-se necessário preparar não apenas recursos humanos para o manuseio e a produção de NMTs, mas os segmentos sociais, a fim de que auxiliem o governo a acompanhar o tema [...]

Verifica-se que, politicamente, o governo brasileiro reconhece a importância do es-

tudo e da consolidação de NMTs como nova oportunidade no campo da ciência e tecnologia, mas atua lentamente. Principalmente desde 2012, o Brasil vem elaborando projetos interministeriais de fomento à NT, agendando encontros, firmando tratados, destinando-lhe verbas. Não obstante, considerando a completude do relatório do Reino Unido sobre NMTs, concluído em 2004, nosso país está cerca de dez anos atrasado. Isso demonstra a necessidade de revisão das abordagens de governança, para que acompanhem mais agilmente a eventual periculosidade advinda de novas tecnologias com NMTs.

Faz-se necessário preparar não apenas recursos humanos para o manuseio e a produção de NMTs, mas os segmentos sociais, a fim de que auxiliem o governo a acompanhar o tema – a exemplo do que acontece no Programa Pronabens, assessorado pela Agência Brasileira de Inteligência (Abin). Por exemplo, o nanoalumínio tem aplicações aeroespaciais e é exportado por empresas sediadas no país. Como ele, dia a dia, surgem novas NTs com uso dual, que também exigiriam prevenção e vigilância de transferências ilícitas, as quais precisariam ser monitoradas por pessoal capacitado.

²³ Fonte: <<http://www.itamaraty.gov.br/sala-de-imprensa/notas-a-imprensa/memorando-de-entendimento-entre-o-ministerio-da-ciencia-tecnologia-e-inovacao-da-republica-federativa-do-brasil-e-o-ministerio-da-economia-e-competitividade-do-reino-da-espanha-sobre-cooperacao-em-nanotecnologia>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

²⁴ Fonte: <<http://nano.mct.gov.br/cooperacao-internacional/centro-brasil-china-de-pesquisa-e-inovacao-em-nanotecnologia>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

²⁵ Fonte: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/340429.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

²⁶ Fonte: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=3&menu=2469>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

Assim, questiona-se: cidadãos que não sejam cientistas conseguiriam avaliar ou depreender a periculosidade de NMTs? A resposta é afirmativa. O algoritmo proposto por cientistas russos, descrito a seguir, facilitaria a interpretação da periculosidade por analistas que acompanhem o tema, auxiliando-os na matéria.

Avaliação de periculosidade de NMTs

Segundo Onishenko et alii (2007, p. 20-22), um algoritmo que avalie a periculosidade virtual de NMTs deve considerar as propriedades do material testado e seguir as etapas abaixo:

Etapas	Questionamentos	Resposta NEGATIVA	Resposta POSITIVA
1	- O nanomaterial (NMT) é produzido em quantidade superior a uma tonelada por ano? - Acontece a exposição direta dos trabalhadores da produção, dos consumidores ou da população ao NMT?	"Não" a TODAS as indagações: nível potencial de baixa periculosidade .	"Sim", ainda que a uma indagação: vá à Etapa 2.
2	- O NMT é solúvel em água?	"Não": vá à Etapa 3.	"Sim": nível potencial de baixa periculosidade .
3	- A relação da dimensão linear entre a maior e a menor partícula é maior do que 1:100?	"Não": vá à Etapa 5.	"Sim": vá à Etapa 4.
4	- O maior tamanho/comprimento da partícula supera/é inferior a 5 microns (μm)?	"Não": nível potencial de média periculosidade .	"Sim": vá à Etapa 6.
5	- A menor dimensão (diâmetro) da partícula é maior que 100 nanômetros?	"Não": vá à Etapa 6.	"Sim": nível potencial de média periculosidade .
6	- Há dados sobre toxicidade, efeitos biológicos, capacidade de originar estresse oxidativo, alterações genéticas e endócrinas, eventuais alergias ao nanomaterial em questão?	Se houver dados sobre a existência ainda que de um efeito colateral ou se inexistirem dados sobre efeitos colaterais: nível potencial de alta periculosidade .	Se houver dados sobre a ausência de todos efeitos listados, siga até a Etapa 7.
7	- Há dados sobre possível acúmulo do NMT no meio ambiente, em organismos de animais e plantas? - Há dados sobre a propagação do NMT a grandes distâncias e/ou sua transferência em cadeias alimentares?	Se houver dados que comprovem a ausência do efeito: nível potencial de média periculosidade .	Se houver dados sobre a existência dos efeitos ou se inexistirem dados sobre esses efeitos: nível potencial de alta periculosidade .

A averiguação do potencial de periculosidade de NMTs depende de análises integradas, que comparem descrições do comportamento físico-químico dos elementos com resultados de experimentos. O algoritmo acima aponta a existência de, pelo menos, três níveis de periculosidade para NMTs. Os NMTs com média e alta periculosidade se encontrariam, no Brasil, em um vácuo legal, invisíveis a instrumentos legais de proteção do ser humano e da natureza, uma vez que, no país, segundo Almeida (2009, p.10):

A nanotecnologia não é regulamentada por nenhuma legislação ou resolução específica, não sendo considerada, para fins de responsabilização segundo os preceitos do Direito Ambiental, uma ameaça ao meio ambiente ou à saúde humana.

A NT surgiu há décadas, mas, no Brasil, inexistente legislação específica sobre o assunto.

Em 30 de outubro de 2012, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial registrava 149 processos com pedido de patentes, nos quais constava a palavra "nano"²⁷. À sociedade brasileira costumam ser apresentados os benefícios de nanoproductos, suas vantagens econô-

micas, faces empreendedoras. Pouco se comenta sobre eventuais riscos. Existe a necessidade de se conscientizar a população sobre NMTs, de se fomentar discussão social sobre NTs e de se dar transparência aos dados, para que a sociedade cobre de seus gestores o estabelecimento de regras para utilização de NMTs.

Considerações finais

Impulsionada nos anos 1980, a NT é um passo irreversível no conhecimento humano, o qual pode ter consequências ambientais também irreversíveis. A NT surgiu há décadas, mas, no Brasil, inexistente legislação específica sobre o assunto. O tema necessita ser acompanhado e analisado por especialistas de todas as áreas, de forma integrada. Uma coordenação de esforços traria agilidade à criação de regulamentação sobre utilização, manuseio e difusão de NMTs, e sobre minimização de possíveis riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. A Abin poderia assessorar atores sociais envolvidos e instituições governamentais, de forma a concentrar esforços públicos por ocasião da implementação de regras que envolvam NTs.

²⁷ Fonte: <<http://formulario.inpi.gov.br/MarcaPatente/servlet/PatenteServletController>>. Acesso em: 30 out. 2012.

Referências:

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Governo ouve indústria e academia para buscar regulação em nanotecnologia*. Disponível em: <<http://brasilmior.gov.br/noticia/index/institucional/id/2704>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

_____. *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Brasília: ABDI, 2011. 52 p.

_____. *Panorama nanotecnologia*. Brasília: ABDI, 2010. 180p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Diagnóstico institucional de Nanotecnologia. Brasília: ANVISA, 2014. 34 p. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/fb117d80436c3c3acb1b5b72a042b41f5/Diagn%C3%B3stico+Institucional+de+Nanotecnologia+-+CIN+2014+-+Dicol.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

ALMEIDA, Roberto de Oliveira. *O risco à margem do direito ambiental: um estudo a partir da nanotecnologia*. 2009. Monografia apresentada para obtenção do título de Bacharel em Direito, Curso de Direito, Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2009. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/30489819/29/Consideracoes-acerca-do-Projeto-de-Lei-n%C2%BA-5-076-2005>>. Acesso em: 8 mai. 2013.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 5.076, de 18 abril de 2005. Dispõe sobre a pesquisa e o uso da nanotecnologia no país, cria Comissão Técnica Nacional de Nanosseguurança – CTNano, institui Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia FDNano, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=29BCCF36D3D0DA9B127BF790A5CAE254.node1?codteor=297210&filename=PL+5076/2005>. Acesso em: 7 mai. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999a. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9782.htm>. Acesso em: 6 mai. 2013.

BRASIL. Lei nº 9.883, de 7 de dezembro de 1999b. Institui o Sistema Brasileiro de Inteligência, cria a Agência Brasileira de Inteligência – ABIN, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF, 8 dez. 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9883.htm>. Acesso em: 8 mai. 2013.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 510, de 9 de julho de 2012. Disponível em <http://www.lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2012/lqes_news_novidades_1645.html>. Acesso em: 6 mai. 2013.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 5.133, de 13 março de 2013a. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Projeto de Lei nº 6.741, de 11 de novembro de 2013b. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei nº 131, de 12 de maio de 2010. Altera o Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, que dispõe sobre a vigilância sanitária a que ficam sujeitos os medicamentos, as drogas,

os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos, saneantes e outros produtos, e dá outras providências, para determinar que rótulos, embalagens, etiquetas, bulas e materiais publicitários de produtos elaborados com recurso à nanotecnologia contenham informação sobre esse fato. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/atividade/materia/detalhes.asp?p_cod_mate=96840>. Acesso em: 15 jun. 2014.

CENTRO ECOLÓGICO. *Nanotecnologia: a manipulação do invisível*. Revista *Nanotecnologia*, primavera 2009. Disponível em: <http://www.centroecologico.org.br/novastecnologias/novastecnologias_1.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2013.

ESTADOS UNIDOS. National Science and Technology Council. *The National Nanotechnology Initiative: Supplement to the President's Budget for Fiscal Year 2014*. Washington, may 2013. Disponível em: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/nni_fy14_budgetsup.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. *Relato resumido dos assuntos abordados na reunião da comissão de estudos especiais da ABNT: CEE 89 (ISO TC 229) no dia 04 de outubro de 2012*. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1350305741.pdf>. Acesso em: 6 mai. 2013.

ONISHENKO et al. Metodicheskie podhody k otsenke bezopasnosti nanomaterialov. [Abordagens metodológicas para avaliação da segurança de nanomateriais]. In: RAHMANIN, Iu. A. (Org.) *Materialy plenuma: Metodologiticheskie problemy izutchenia i otsenki bio- i nanotekhnologi (nanovolny, tshastitsy, struktury, protsessy, bioobiekty) v ekologii tcheloveka i guiguiene okrujayushei sredy*. [Materiais do Seminário: problemas metodológicos do estudo e avaliação de bio e nanotecnologias... na ecologia do homem e na higiene do meio ambiente]. Moscou: RAMN; Ministério da Saúde da Federação Russa, 2007. Disponível em: <<http://erh.ru/nano/pdf/st1.pdf>>. Acesso em: 4 mai. 2013.

POHLMANN, Adriana R.; GUTERRES, Silvia S. *Relatório GT Marco Regulatório: Fórum de Competitividade em Nanotecnologia - Contribuições GT - Marco Regulatório 2010*. 2010. Informações provenientes das reuniões ocorridas ao longo do ano de 2010 pelo Grupo de Trabalho Marco Regulatório participante do Fórum de Competitividade em Nanotecnologia. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2013.

REINO UNIDO. The Royal Society. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. 2004. Disponível em: <<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>> Acesso: 6 mai. 2013.

SILVA, Guilherme F. B. Lenz e. *Nanotecnologia: avaliação e análise dos possíveis impactos à saúde ocupacional e segurança do trabalhador no manuseio, síntese e incorporação de nanomateriais em compósitos refratários de matriz cerâmica*. 2008. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Segurança do Trabalho da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/dominios/NANO/anexos/Monografias/guilherme%20lenz_nanotecnologia%20avaliacao%20e%20anlise%20dos%20possiveis%20impactos.pdf>. Acesso em: 4 mai. 2013.

ZAITSEV, Valery. *Opasnosti nanomaterialov dlia zdorovia: mif ili novaia ugroza?* [Perigo de nanomateriais para a saúde: mito ou nova ameaça?]. Revista CNews. 4 ago. 2011. Disponível em <http://rnd.cnews.ru/reviews/index_science.shtml?2011/08/04/449783_2>. Acesso em 6 mai. 2013.