
REGULAÇÃO DO RISCO AMBIENTAL NANOTECNOLÓGICO E PARTICIPAÇÃO DEMOCRÁTICA: POSSIBILIDADES E ÓBICES¹

Mateus de Oliveira Fornasier

Doutor em Direito pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).
Mestre em Direito pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul
(UNIJUI).

Professor do Mestrado em Direitos Humanos da Universidade
Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI).

E-mail: mateus.fornasier@unijui.edu.br

RESUMO

Este artigo objetiva observar o déficit social de percepção do significado das nanotecnologias pelos cidadãos comuns (não especialistas), o qual opera como óbice ao princípio da Participação Democrática para a regulação do meio ambiente ecologicamente equilibrado, insculpido no art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 - CR/88. Seu problema de pesquisa foi: que benefícios e óbices o princípio constitucional da Participação Democrática encontra na sociedade para a regulação do risco nanotecnológico? Como hipótese, tem-se que, apesar dos mandamentos constitucionais que abrem margem para diversos meios de participação democrática desde 1988, o maior óbice com que se depara o jurista ao analisar a eficácia social dessas normas é a disparidade de conhecimento acerca das nanotecnologias entre os setores já ocupados com o desenvolvimento nanotecnológico e o público em geral. Para a consecução deste objetivo geral, dividiu-se o trabalho em três seções, cada uma correspondente a um objetivo específico: a) apresentar as características básicas das nanotecnologias, bem como o que há de benéfico para o homem e o meio ambiente em seu desenvolvimento; b) analisar as possibilidades de ocorrer o desenvolvimento nanotecnológico em países como o Brasil; c) demonstrar que, mesmo sendo constitucional a participação democrática para a regulação das nanotecnologias, ainda se está diante de uma total disparidade de entendimento em relação às nanotecnologias, nas opiniões do público em geral e dos cientistas. Como conclusões, tem-se que: a) há benefícios para o homem e o meio ambiente com o desenvolvimento nanotecnológico - porém, há grandes riscos também; b) há um risco muito grande de o desenvolvimento nanotecnológico aumentar significativamente o fosso social entre países desenvolvidos e em desenvolvimento; c) há

¹ Artigo produzido como resultado parcial do projeto “Novas Tecnologias, Direitos Humanos e Responsabilidade”, desenvolvido no âmbito do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* (Mestrado) em Direito da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI).

grande disparidade na percepção das nanotecnologias entre leigos e especialistas, dificultando sua regulação democrática. A metodologia utilizada neste artigo é hipotético-dedutiva.

Palavras-chave: Nanotecnologias; Risco Ambiental; Regulação; Participação Democrática.

REGULATION OF NANOTECHNOLOGIC RISK AND DEMOCRATIC PARTICIPATION AND: POSSIBILITIES AND OBSTACLES

ABSTRACT

This article aims to observe the social deficit around the perception of the meaning of nanotechnologies by ordinary citizens (not experts), which operates as an obstacle to the principle of democratic participation for regulation of ecologically balanced environment, inserted in art. 225 of the 1988 Constitution. Its research problem was: what benefits and obstacles the constitutional principle of democratic participation faces in society for regulation of nanotechnology risk? As a hypothesis it follows that, despite the constitutional commandments that open room for various means of democratic participation since 1988, the greatest obstacle faced by the jurist when analyzing the social effectiveness of these standards is the knowledge gap about nanotechnology among the sectors already working with nanotechnological development and the general public. To achieve its general objective, the work was divided into three sections, each corresponding to a specific objective: a) to present the basic characteristics of nanotechnology and what is beneficial for man and the environment in its development; b) to examine the possibilities to occur the nanotechnological developing countries like Brazil; c) to demonstrate that, even though democratic participation for regulation of nanotechnology is constitutional, we are still facing an overall disparity of understanding about nanotechnologies in general public's opinions, as well as among scientists. In conclusion, we found that: a) there are benefits to mankind and to the environment with nanotechnology development – however, there are also great risks; b) there is a very great risk of seeing nanotechnological development significantly increase the social gap between developed and developing countries; c) there is a great disparity in perception of nanotechnology among lay people and experts hindering its democratic regulation. The methodology used in this paper is hypothetical-deductive..

Keywords: *Nanotechnologies; Environmental Risk; Regulation; Democratic Participation.*

INTRODUÇÃO

As nanotecnologias,² quando observadas a partir do ponto de vista do jurista ocupado com questões ambientais, representam terreno caracterizado pela contingência: há possibilidades extremamente benéficas para o ser humano e para o ambiente com o seu desenvolvimento; ao lado disso, contudo, apresentam-se possibilidades catastróficas concernentes ao seu uso desmedido e desregrado. Desta feita, é notável a necessidade de regulação jurídica da matéria - seja em caráter legislativo específico (produção de leis relacionadas às nanotecnologias), seja em caráter legislativo-judicial (interpretação de dispositivos de leis válidas que possam ser aplicadas à matéria, de acordo com a doutrina e a jurisprudência).

Diante dessa situação, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 - CR/88, em vários de seus dispositivos normativos (mormente, no que interessa para o tema ora abordado, o *caput* de seu artigo 225), normatiza acerca da participação democrática como meio para a construção da regulação jurídica de questões concernentes ao meio ambiente. Sendo assim, tem-se que, não apenas do poder público, mas também da coletividade (entendida esta tanto como os cidadãos individualmente considerados quanto como as organizações que possam vir a estabelecer-se nos mais variados contextos), é o dever de preservar o meio ambiente - e por aqui perpassa a questão da *construção democrática* da regulação do risco ambiental.

Em razão do estabelecimento deontológico relacionado à regulação do risco ambiental - da qual se impende a necessidade de participação democrática (em norma constitucional eficaz) confrontada com as possibilidades socialmente apresentadas de operacionalização desta norma (verificação da efetividade da norma), o presente trabalho ocupa-se da seguinte questão: que benefícios e óbices o princípio da Participação Democrática encontra na sociedade para a construção da regulação do risco nanotecnológico?

A hipótese que se apresenta como resposta a este questionamento é que, apesar da deontologia constitucional e dos diversos meios de participação democrática que a ordem de 1988 trouxe como possibilidades de

2 Algumas explicações terminológicas: nanociência é termo que designa a área do conhecimento concernente aos princípios fundamentais de moléculas e estruturas, em que ao menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nm (nanoestruturas). Um nanômetro ("nm", em sua abreviatura) é a bilionésima parte do metro (1m x 10⁻⁹), ou seja: 0,000000001 m (FEYNMAN, 2004, p. 27). Já por nanotecnologias se define a aplicação das nanoestruturas em dispositivos nanoescolares úteis. (RATNER; RATNER, 2003, p. 13).

participação democrática, o grande óbice com que se depara o jurista ao realizar a análise da capacidade de essa norma vir a ocasionar reflexos sociais é a disparidade entre os setores já ocupados com o desenvolvimento nanotecnológico e o público em geral. Essa disparidade está relacionada não apenas à (des)informação prestada ao público, mas também à falta de organização por parte do próprio público no Brasil nesse sentido, e, ainda, às reduzidas dimensões de investimentos públicos em desenvolvimento nanotecnológico.

Este trabalho pretende, em linhas gerais, observar que entaves a própria realidade social, no que tange à percepção do significado das nanotecnologias, apresenta entre cidadãos comuns (não especialistas). A análise de tais obstáculos é de essencial importância tanto para a percepção da efetividade da norma constitucional que obriga o poder público, entre outras coisas, a possibilitar modos democráticos de participação popular nos processos de tomada de decisões políticas - desde o estabelecimento de audiências populares até a prestação de informações, para que o público que delas venha a participar esteja apto a conhecer acerca delas.

Para a consecução desse objetivo geral, traça-se um itinerário que se inicia pela análise do possível advento de uma nova realidade com o desenvolvimento nanotecnológico. Assim, no primeiro momento deste texto, serão apresentadas as características básicas das nanotecnologias, bem como o que há de benéfico para o homem e o meio ambiente em seu desenvolvimento. No entanto, são apresentados, paralelamente, os problemas ligados ao risco que as nanopartículas podem representar para o meio ambiente. E tudo isto em um contexto onde já estão sendo comercializados produtos que contêm nanotecnologias - mas sem qualquer regulação jurídica do risco nanotecnológico propriamente dita.

Num segundo momento, são analisadas as possibilidades de ocorrer o desenvolvimento nanotecnológico em países como o Brasil - cuja situação, quando contraposta àquela dos países de tecnologia de ponta na área, é considerada extremamente atrasada e deficitária. Assim, é examinada a possibilidade (negativa) de aumentar ainda mais o fosso social entre as populações dos países que já se ocupam das nanotecnologias e aquelas de locais onde não há acesso a elas (seja por desinformação, seja por falta de recursos econômicos para tal).

Por fim, no terceiro momento, analisa-se que, mesmo com a comunicação constitucional da necessidade de maior participação democrática para a regulação das nanotecnologias (em razão do seu alto potencial

danoso para o meio ambiente), ainda se está, no cenário social como um todo, diante do problema da total disparidade em relação à percepção da nanotecnologia na opinião do público em geral e dos cientistas. Isso significa que, mesmo com o mandamento constitucional de maior participação, ainda se está diante de uma situação de alta disparidade no tocante ao conhecimento do que significam as nanotecnologias para o público em geral.

1 NANOTECNOLOGIAS E UMA (POSSÍVEL) NOVA REALIDADE

Um nanômetro (“nm”, em sua abreviatura) é a bilionésima parte do metro ($1\text{m} \times 10^{-9}$), ou seja: 0,000000001 m. Para ser estabelecido um comparativo entre esta medida e tamanhos comuns no cotidiano, apresente-se uma lista sintética (FEYNMAN, 2004, p. 27):

- um fio de cabelo humano tem cerca de 50.000 nanômetros;
- a célula de uma bactéria tem cerca de algumas centenas de nanômetros;
- os chips comercializados em 2004 têm padrões menores que 100 nanômetros;
- as menores coisas observáveis a olho nu têm cerca de 10.000 nm;
- 10 átomos de hidrogênio, alinhados, perfazem 1 nanômetro.

É interessante definir diferenças entre os termos *nanociência* e *nanotecnologias*: o primeiro se reportaria à área do conhecimento concernente aos princípios fundamentais de moléculas e estruturas, em que ao menos uma das dimensões está compreendida entre cerca de 1 e 100 nm (nanoestruturas); enquanto o segundo se refere à aplicação das nanoestruturas em dispositivos nanoescalares úteis. (RATNER; RATNER, 2003, p. 13).

A fabricação de materiais em escala nanométrica pode ser feita de duas maneiras básicas: construção de uma estrutura a partir de seus elementos básicos (“montagem” de moléculas e átomos) e eliminação do excesso de material existente em uma amostra maior de um material (à semelhança de um “esculpir” por desbastamento do supérfluo). (MELO; PIMENTA, 2004, p. 13). Saliente-se que o primeiro desses dois métodos ainda pode ser aplicado por auto-organização (quando as características físicas dos átomos e moléculas fazem com que naturalmente assumam formas predefinidas) ou por reações químicas controladas.

É importante também elencar brevemente os vários os instrumentos necessários para o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia. Para a primeira, além das facilidades normais de um laboratório de pesquisa de materiais, é imprescindível a “sala limpa”, novas gerações de microscópios de alta resolução (transmissão, varredura, força-atômica, tunelamento) e as espectroscopias/microscopias ópticas confocais, que utilizam métodos fluorescentes e de ótica não-linear. (ALVES, 2004, p. 31). Já quanto à segunda, quando aplicada à realidade industrial, demandará principalmente, (mas não unicamente), além de todas as facilidades laboratoriais recém-exemplificadas de máquinas e instrumentos para a fabricação, montagem, testes e controle de qualidade. (ALVES, 2004, p. 31). E não se pode esquecer, por óbvio, também o uso dos mais potentes computadores e processadores possíveis.

O desenvolvimento nanotecnológico começa a se tornar realidade no início da década de 1980, mediante a operação de microscópios de varredura por sonda (que mapeiam objetos mediante o uso de uma agulha cuja ponta contém poucos átomos de superfície) por físicos europeus. (MELO; PIMENTA, 2004, p. 13). Nas três décadas seguintes, esta técnica se desenvolveu muito, sendo também bastante difundida na atualidade. Aliás, esse período também conheceu o desenvolvimento de microscópios eletrônicos que permitem a visualização de átomos e detalhes de objetos em escala nanométrica. Pode-se traçar uma pequena cronologia dos fatos mais importantes ligados ao desenvolvimento das nanotecnologias, citando-se a síntese abaixo:

Em 1974, Norio Taniguchi cunhou o termo “nanotecnologia”, [para] máquinas que tivessem níveis de tolerância inferiores a um micron (1000 nm). [Também podem ser citados] o trabalho de Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, criadores do microscópio eletrônico de tunelamento [...] em 1981; a descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley, em 1985; a publicação do livro de Eric Drexler, *Engines of Creation*, que popularizou efetivamente a nanotecnologia. [...] O feito de Donald Eigler, [...] escrever o nome IBM, em 1989, com átomos individuais do elemento xenônio e a descoberta dos nanotubos de carbono, feita por Sumio Iijima, no Japão, em 1991. Tais descobertas, aliadas às perspectivas que admitiam a nanotecnologia como “uma nova revolução científica”, [...] levaram a administração de Clinton, então presidente dos Estados Unidos, a lançar, em 2000, no California Institute of Technology, a National Nanotechnology Initiative, [com] investimentos da ordem de US\$ 495 milhões [...](FEYNMAN, 2004, p. 27).

O investimento estadunidense desencadeou a montagem de vários outros programas nacionais ambiciosos ligados à área (iniciando-se pela Comunidade Europeia e pelo Japão). Isto porque se percebeu que o conhecimento sobre nanotecnologias poderia ser importante, num futuro próximo, para os países industrializados desenvolvidos. Demonstra essa percepção o fato de que, entre 1997 e 2002, agências governamentais de todo o mundo reportaram um crescimento nos investimentos da ordem global de cinco vezes em pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologias. (FEYNMAN, 2004, p. 26).

Há muitas possibilidades de uso das nanotecnologias em diversas áreas da indústria. (ALVES, 2005). Primeiramente, pode-se afirmar que a tecnologia de transistores está sendo revolucionada por elas: transistores baseados em diodos orgânicos eletroluminescentes permitem a construção de monitores ultrafinos, de maior eficiência energética do que as telas de cristal líquido. Apenas com a aplicação de nanotecnologias é possível realizar essa produção mais fina e precisa, o que pode ocasionar maior desenvolvimento tecnológico e a popularização da tecnologia de informática e das comunicações.

Produtos de limpeza baseados em emulsões nanotecnológicas antibacterianas prometem eliminar vários organismos patogênicos (entre eles o causador da tuberculose). Essa tecnologia usa esferas manométricas que contêm um óleo que, quando em suspensão na água, elimina os germes usando quantidades muito pequenas de produto - o que pode significar menor impacto ambiental. (ALVES, 2005).

A tecnologia de cápsulas nanodimensionais pode ser aplicada em muitas outras áreas, tais como a administração de remédios (sistema de *drug delivery*). Com dimensões entre aproximadamente 100 e 600 nanômetros, construídas de lipossoma ou polímeros, elas são capazes de carregar e proteger o fármaco através dos mais diferentes sistemas, tecidos e fluidos humanos (água, pele, sangue, muco, etc.), e depositá-lo exata e precisamente no local-alvo (por exemplo, um tumor em alguma região de difícil acesso do corpo).

A tecnologia nanofluídica pode ser considerada uma evolução da microfluídica - a qual já está bem estabelecida no contexto das Ciências Biológicas. Ela permite a construção de ferramentas muito pequenas (tais como pequenos laboratórios construídos em um microchip) capazes de realizar micromisturas, microbombeamento, dispersão e interceptação de fluidos, etc. Quando reduzidos à escala nano, permitirão um significativo

avanço nas tecnologias de diagnóstico (a qual se tornará mais precisa e, talvez, mais acessível).

A promessa de revolução nas tecnologias é muito mais ampla do que as mentes mais simples podem imaginar. Muito investimento de tempo e dinheiro está sendo empreendido em tecnologias relacionadas à criação de sistemas nanoeletromecânicos (NEMs), os quais possibilitam uma infinidade de aparatos nanorrobóticos (nanorrobôs, nanossensores, etc.), podendo ser desenvolvidas, inclusive, estruturas biológicas nas mesmas dimensões. Isto permitiria à humanidade um verdadeiro e amplo domínio da natureza em nanoescala, pois esses aparatos poderiam ser introduzidos nos corpos, células, sistemas, etc. (ALVES, 2005).

Um bom exemplo de avanços na nanorrobótica e na nanomecânica pode ser visualizado na pesquisa e desenvolvimento de aparelhos em nanoescala operando na potência de 1 GHz (um giga-hertz). Essa tecnologia ainda não está satisfatoriamente disponível - mas quando o estiver, capacitará a construção de nanomáquinas aptas a viajar até os mais detalhados recônditos das paredes celulares, a fim de operar, por exemplo, procedimentos cirúrgicos e pesquisa. (ALVES, 2005).

A engenharia de materiais está passando por uma grande revolução atualmente, em razão da tecnologia de nanotubos de carbono. Esses tubos são extremamente finos, mas também extremamente resistentes e com propriedades de condução de eletricidade incomparáveis - o que significa que tornam possível a construção de fontes de elétrons que emitem correntes muito altas e densas, mais rápidas do que os aparatos em escala normal. Isso os torna ideais para instrumentos como aparelhos de raios-X, baseados em feixes de elétrons de alta resolução (ALVES, 2005).

Nanocristais também estão causando grande expectativa e transformação. Tal tecnologia é capaz de assegurar avanços incomparáveis na construção, pois, em nanoescala, os cristais de materiais comumente usados (metais, polímeros, etc.) se tornam até 300% mais resistentes. Este é um bom exemplo de produtos nanoincrementados de consumo diário também, tais como filtros solares, equipamento esportivo, ceras e peças automotivas e materiais de construção em geral. (ALVES, 2005).

Os exemplos mostrados acima são apenas ilustrativos: muitas outras aplicações podem vir a ser projetadas - e alguns pensam em soluções para problemas globais (notadamente os dos países em desenvolvimento). Por causa do interesse nesse assunto, baseados em estudos colaborativos para com o *Canadian Joint Centre for Bioethics*, o siteBBC

News(NANOTECHNOLOGICAL, 2005) publicou os dez usos e pesquisas mais promissoras que envolvem nanotecnologias no futuro: armazenamento, produção e conversão de energia elétrica (o que resolveria o problema do acesso a esse bem); incremento da produtividade agrícola (grande promessa de combate à escassez); despoluição da água e do meio ambiente (o que é um problema sério quando se analisa o acesso à água no Terceiro Mundo e a contaminação ambiental no mundo todo); diagnóstico de doenças; *drug delivery*; construção; monitoramento da saúde; detecção de pragas e de seus vetores (tais como da malária, dengue, etc.).

Já são comercializados no mundo todo cosméticos e produtos de higienização doméstica, envolvendo principalmente substâncias ou processos obtidos e realizados a partir do uso das nanotecnologias. Aliás, o próprio processo produtivo com a utilização de nanotecnologias pode trazer consequências bastante degradantes para a saúde do trabalhador diretamente envolvido.

Nunca ocorreu na história, o contato dos seres humanos, com nanomateriais sintéticos de elevada pureza, concentração, complexidade ou funcionalização, tornando a síntese, manipulação, manuseio, estocagem, estabilização, incorporação e o uso dos nanomateriais (em) um assunto de extrema complexidade, ainda não completamente estudado em sua profundidade, tempo e multidisciplinariedade necessária. (SILVA, 2008, p. 14).

Os riscos da exposição do trabalhador às externalidades da produção relacionada à nanotecnologia têm sido objeto de sérias pesquisas na Europa já há alguns anos - por exemplo, o relatório da *Royal Society and Academy of Engineering, Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties* (2004), no qual se elencam possibilidades de contaminação nas etapas de produção, transporte, armazenamento e tratamento de resíduos. Ademais, ao adentrar de forma difusa o meio ambiente natural, as nanopartículas residuais poderiam contaminar as águas, ser transportadas pelas correntes de ar, instalar-se nos alimentos, afetando o trabalhador não apenas no ambiente de trabalho, mas também em sua dimensão de consumidor.(THE ROYAL SOCIETY; THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING, 2004, p. xii).

O diminuto tamanho e a elevada energia superficial seriam as principais características das nanopartículas, o que faria com que, uma vez dispersas no ambiente, se tornassem muito facilmente absorvidas pelo organis-

mo humano. (MAYNARD, 2005). Estudos têm sido feitos em relação aos efeitos dos resíduos da produção envolvendo nanotecnologias nos diversos sistemas funcionais orgânicos humanos. Já se confirmou, por exemplo, a presença de nanopartículas na pele, no trato respiratório, no sistema digestivo, nervoso, linfático, excretor, na circulação sanguínea, no leite materno, nos músculos e na placenta. (OBERDORSTER; OBERDORSTER; OBERDORSTER, 2005, p. 836-838). Os principais meios de exposição citados no seu estudo foram o consumo de água e alimentos, o acúmulo de nanorresíduos em roupas usadas e os sistemas de *drug delivery*.

Com a contaminação do organismo pelas nanopartículas, várias reações complexas e interações biológicas, físicas e químicas podem ocorrer - o que pode vir a desencadear processos de defesa celular muitas vezes específicos (dependendo do tipo e da natureza da nanopartícula) e das células ou dos tecidos atingidos e seus mecanismos de defesa (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2007, p. 54). Em relação aos possíveis efeitos nocivos causados às células do trato respiratório (em especial pulmonar), já foram descritos mecanismos bioquímicos de oxidação celular, o que levaria à sua destruição (dependendo do tipo de nanomaterial, bem como as várias possíveis interações ambientais) (NEL et al., 2006). Já no sistema circulatório, as nanopartículas podem causar trombose e parada do sistema cardiovascular em razão da obliteração do fluxo sanguíneo nas veias e artérias. (SILVA, 2008, p. 29). As respostas cardiopulmonares à exposição às nanopartículas variam de acordo com as características do indivíduo exposto (idade, situação socioeconômica, configuração genética, doenças preexistentes) (DONALDSON; BORM, 2007, p. 59-69), mas podem ser resumidas nas seguintes possibilidades: geração de espécies de oxigênio reativo, estresse oxidativo, perturbação mitocondrial, inflamação, absorção através do sistema retículo-endotelial, desnaturação e degradação de proteínas, absorção nuclear (celular), absorção pelo tecido nervoso (neurônios), perturbação na função de fagocitose, disfunção endotelial, efeitos na coagulação sanguínea, geração de neoantígenos, ruptura na tolerância imune, alteração no ciclo de regulação celular, danos ao DNA (inclusive alguns relacionados ao câncer).

Aliás, tais possibilidades de danos à saúde humana intensificam-se no ambiente de trabalho, em razão da exposição notoriamente mais recorrente do trabalhador aos resíduos da produção. Os nanomateriais mais comuns encontrados em produtos postos à venda no mercado mundial são compostos à base de prata, de carbono, de titânio, de silício e de zinco

- mas as propriedades de tais materiais em nanoescala diferem em muito daquelas que apresentam quando tais substâncias se encontram em partículas maiores (FIORINO, 2010, p. 11): a superfície de contato das nanopartículas em relação à sua massa é muito maior, o que as torna muito mais reativas; as propriedades ópticas, magnéticas e elétricas são muito diferentes daquelas quando estão na “forma convencional”; sua capacidade de integrar-se no sistema biológico, de alterar o metabolismo celular e de evadir-se dos mecanismos do sistema imunológico dos seres vivos também já são retratadas na ciência.

Paralelamente a esse grande risco, contudo, observa-se grande variedade de produtos postos em circulação e consumo contendo nanotecnologia. O *Project on Emerging Nanotechnologies* (NANOTECHNOLOGY, 2014) já lista cerca de 1.317 produtos no seu rol *online* desenvolvido para tal, produzidos por 587 empresas, localizadas em cerca de 30 países - tendo havido, entre os anos de 2006 e 2009, um aumento de cerca de 379% nesse número. (FIORINO, 2010, p. 12). A maior das categorias listadas refere-se a produtos do ramo de saúde e *fitness* (738 produtos), seguida pela categoria “casa e jardim” (209 produtos), “automotivos” (126 produtos), alimentos e bebidas (105 produtos), *cross cutting* (82 produtos), eletrônicos e computadores (59 produtos), *appliances* (44 produtos), produtos para crianças (30 produtos). (NANOTECHNOLOGY, 2014). São ilustrativos os produtos cosméticos, aparelhos sem fio, produtos de limpeza automotivo sem o uso de água, dentifrícios, embarcações recreacionais, cordas de violão, bolas de golfe, raquetes de tênis, *chips* de computador, embalagens plásticas, chás e isolamentos de construção civil: a presença de nanomateriais em *chips* semicondutores não apresenta o mesmo risco que seu uso em alimentos. (FIORINO, 2010, p. 12).

O risco decorrente das decisões tomadas em sociedade permeia todos os setores. Em especial, nota-se esse dado na crescente colocação em circulação e consumo de produtos e serviços nanodesenvolvidos, sem que haja o respeito a normas específicas para regulá-los. Urge, assim, a necessidade de normatização dessa produção, com o estabelecimento de padrões normativos minimamente eficientes, dotados de fundamentações capazes de fornecer parâmetros mínimos para que a colocação de produtos desse tipo no mercado seja razoavelmente segura, numa sociedade de crescente complexidade. Deve-se, assim, pressupor um sistema normativo também mais complexo.

Há, porém, pouquíssimos instrumentos normativos em vigor no

Brasil, que versam, de alguma forma, sobre nanotecnologias (para além de algumas normas técnicas da ABNT que versam sobre as medidas, o significado dos termos ligados às nanotecnologias e outras adjacências). Por exemplo, o Decreto n. 6.112/07, que promulga o Acordo de Cooperação Científica e Tecnológica entre o Governo da República Federativa do Brasil e a Comunidade Europeia, celebrado em Brasília, em 19 de janeiro de 2004 (o “Artigo IV” do referido acordo estabelece que uma das áreas das atividades de cooperação entre as partes seriam as micro e nanotecnologias). (BRASIL, 2007); a Convenção Coletiva de Trabalho FETQUIMCUT, modificado pelo “Termo Aditivo” de 2012/13, cuja “Cláusula Oitava” institui que “[...] a CIPA, o SESMT e os trabalhadores terão ainda acesso a informações sobre riscos existentes à sua saúde e as medidas de proteção a adotar” (Federação dos Trabalhadores do Ramo Químicos da CUT do Estado de São Paulo, 2012); e a Portaria n. 245, de 5 de abril de 2012 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2012b, p. 5), que institui o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SISNano), sendo a integração ao SISNano regulamentada pela Instrução Normativa n. 2, de 15 de junho de 2012, do mesmo Ministério. (BRASIL, 2012a).

Apesar dessas experiências, contudo, ainda não está vigorando no Brasil uma legislação propriamente dita para regular o desenvolvimento (e o risco) nanotecnológico. Mas já se encontra em trâmite o Projeto de Lei da Câmara n. 5.133/13, cujo escopo é intentar uma regulamentação da rotulagem de produtos que contêm nanotecnologia. Esse projeto ainda não foi apreciado por comissão da Câmara dos Deputados, dado o caráter extremamente recente de sua proposição. (SARNEY FILHO, 2013).

Várias tentativas da parte do Poder Legislativo federal brasileiro já intentaram regular o risco nanotecnológico, mas todas foram arquivadas em razão, principalmente, da redundância normativa (ou seja: expunham, em seus textos, dispositivos já existentes em outras leis vigorantes). Pode-se observar o fenômeno da redundância desnecessária que eiva a elaboração de projetos de lei que intentaram (de modo mal sucedido) regular o risco nanotecnológico no Brasil, quando se analisam os trâmites das seguintes proposições já arquivadas:

- Projeto de Lei da Câmara n. 5.076/05, que pretendia dispor acerca de pesquisa e uso da nanotecnologia no Brasil. Esse projeto pretendia também criar uma

Comissão Técnica Nacional de Nanossegrurança (CTNano), instituir um Fundo de Desenvolvimento de Nanotecnologia (FDNano), entre outras disposições pertinentes (DUARTE, 2005). Ele está arquivado desde 28 de novembro de 2008. (BRASIL, 2008, p. 54893);

- Projeto de Lei do Senado n. 131/10, que se destinava a instituir o dever dos fornecedores de informar ao consumidor (em embalagens e material publicitário) o conteúdo nanodesenvolvido de seus produtos. O projeto busca alcançar seu objetivo mediante alterações em dois diplomas normativos -o Decreto-Lei n. 986, de 21 de outubro de 1969, que institui normas básicas sobre alimentos, e a Lei n. 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 (VIANA, 2010). Este Projeto está arquivado desde 1º de agosto de 2013 (BRASIL, 2013, p. 48839-48840).

A fim de não apresentar um vácuo normativo específico no que tange à matéria risco nanotecnológico no plano legislativo, pode-se apresentar a mais recente tentativa do poder pblico em fazê-lo: trata-se da Portaria nº 1.358 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 20 de agosto de 2014. (BRASIL, 2014). Esse ato normativo administrativo visa a criar um comitê interno relativo à matéria nanotecnologia, o qual será formado por representantes (da própria Agência) oriundos das mais variadas áreas industriais que se valem do conhecimento nanotecnológico (e.g. farmácia, indústria de cosméticos, toxicologia, etc.). Esse comitê estaria apto a coordenar a elaboração de normas regulatórias das práticas nanotecnológicas no Brasil (além de outras atribuições correlatas), e tem um prazo limite de 12 (doze) meses para concluir o trabalho.

2 DESENVOLVIMENTO NANOTECNOLÓGICO: POSSIBILIDADES SOCIOECONÔMICAS

A ampla gama de transformações vislumbrável no horizonte temporal a partir de uma projeção das conquistas tecnológicas elencadas há pouco, em probabilidades concretizáveis num futuro próximo, é condizente com necessidades de modificações no âmbito jurídico, a fim de que este seja capaz de oferecer respostas pragmaticamente eficazes para a com-

plexidade do entorno social. Em outras palavras, delineia-se um grande potencial para a “geração de direitos” a partir das nanotecnologias. (EN-GELMANN, 2011, p. 388). Contudo, restam ainda outras considerações a serem realizadas antes de adentrar os questionamentos jurídicos propriamente ditos.

Em primeiro lugar, faz-se necessário analisar qual é a receptividade das nanotecnologias na sociedade. Vale dizer: de que forma se dá a sua representação social? Os programas de desenvolvimento de nanotecnologias cobram uma grande aceleração que envolve praticamente todos os setores industriais. À medida que esses setores se desenvolvem, seus promotores (públicos e privados) insistem na necessidade de implementar a compreensão pública das atividades em voga. (ESCALANTE, 2009, p. 211). E o principal propulsor de tais motivações seria a produção de aceitabilidade social de certas aplicações das nanotecnologias, capazes de provocar a alta suspeita (e/ou alta rejeição) pública generalizada. Conforme se observou nos dados já trazidos no presente trabalho, é de se imaginar quão altos e intensos são os investimentos econômicos dos países desenvolvidos (ou os que pretendem sê-lo) nas nanotecnologias, sendo óbvia também a ampla gama de interesses políticos, profissionais e econômicos correlatos.

Os interesses de potentes forças (políticas e de mercado), se mantidos no controle técnico-científico do desenvolvimento nanotecnológico e na criação de sentidos sociais para a inovação, põem em risco o seu caráter democrático. O modelo tradicional (tecnocrático e antidemocrático) de criação de aceitabilidade social de novas tecnologias conferia diferentes funções a empresários, investigadores, responsáveis públicos e cidadãos em geral - sendo elaborado um “contrato social tácito” no final do século XIX, quando ocorre a profissionalização da ciência (e também o início dos grandes laboratórios de investigação científica). (ESCALANTE, 2009, p. 213). Nesse modelo, Estado e empresas criam o marco regulatório adequado para o desenvolvimento da investigação, sendo o resultado final desse processo recepcionado (passivamente, sem qualquer participação direta) pelos cidadãos, como progresso e implementação do bem-estar social (crescimento econômico, bens de consumo e serviços), o que propicia, negativamente, a opacidade na tomada de decisões relacionadas ao desenvolvimento tecnológico.

Contudo, é verificável na atualidade, da parte dos Estados e empresas (de) onde as nanotecnologias estão com seu desenvolvimento em pleno vapor, um esforço para a criação de uma opinião pública favorável às

nanotecnologias, a fim de que percalços como aqueles passados com tecnologias nucleares e biotecnologia não se repitam, (ESCALANTE, 2009, p. 213). Para isso, encontram-se sequiosos pelo arbitramento de mecanismos de difusão das inovações que venham a afastar um possível cenário de rechaço generalizado.

Em situações de risco e incerteza global, os cidadãos poderiam colaborar para com os *experts* para a geração de conhecimentos úteis e valiosos para o êxito dos projetos em andamento. Além disso, a tecnocracia é antidemocrática; e, a menos que haja razões bem fundamentadas, todos os cidadãos têm o direito de participar de decisões que venham a afetá-los diretamente. Sendo assim, pode-se falar da ocorrência de uma espécie de tentativa de “democratização” da nanotecnologia (ou, ao menos, das informações relacionadas aos programas e trajetórias de pesquisa e inovação), a qual situa as forças tecnológicas sob o controle dos cidadãos.

Mesmo que se observe o fato de que ainda não há certeza científica acerca dos riscos das nanopartículas - principalmente no que tange ao conhecimento de sua toxicidade para o ser humano e o ambiente, é notável a necessidade econômica daqueles que investem em nanotecnologia com os fins empresariais de colocar seus produtos dessa natureza no mercado antes da concorrência. Assim, nota-se a seguinte situação paradoxal: de um lado, é exigido dos cidadãos que debatam e participem das tratativas acerca de matérias que suscitam discrepâncias de alta relevância, mesmo entre seus *experts*; paralela e simultaneamente, decisões devem ser tomadas com extrema rapidez, a fim de que não sejam ultrapassados pela concorrência os envolvidos com pesquisa e investimento em nanotecnologias, na competição por êxito comercial (ou, ainda, por posições de vanguarda na “revolução tecnológica”). (ESCALANTE, 2009, p. 214).

Os governos dos países da Europa e da América do Norte têm recorrido a um conjunto de atores (consultores, *experts* de universidades e instituições acadêmicas, organismos de inovação e desenvolvimento, companhias de comunicação, organizações não governamentais, etc.) a fim de obter apoio público. O financiamento para a investigação ética e social dessas experiências de participação é muito limitada quando comparada aos fundos destinados à investigação laboratorial e tecnológica, mas relativamente altos quando se tomam como parâmetro as políticas relacionadas a tecnologias anteriores.

São notáveis os métodos mais comuns de participação dos cidadãos: questionários limitadamente projetados, exposições, experimentos

de divulgação, jornadas científicas de portas abertas, etc., cuja finalidade é, manifestadamente, a divulgação conforme os anseios dos interessados em obter o apoio público de maneira distorcida. Há também formas um pouco mais elaboradas de experiência de participação pública no desenvolvimento científico: painéis de jurados cidadãos, conferências cidadãos, “nanocafés” e fóruns híbridos, entre outras nomenclaturas (que variam de acordo com as comunidades que as exercem). (ESCALANTE, 2009, p. 216). Em suma, tais experiências são feitas geralmente da seguinte forma: seleciona-se certa quantidade de cidadãos que, em uma série de sessões, são informados sobre as nanotecnologias por um painel de *experts*; após, os cidadãos se posicionam para apresentar recomendações; seguem-se debates e mais exposições para os entendidos do assunto, vislumbrando cenários futuros para uma possível trajetória (linear, portanto errônea) de desenvolvimento tecnológico, buscando-se sempre elevar o grau de aceitação social.

Na maioria das vezes, em tais tentativas de cunho governamental (baseadas em questionários aplicados a cidadãos), os sujeitos de pesquisa emitem apenas opiniões genéricas, tratando sobre a aplicabilidade das nanotecnologias; reflete-se aí o alto grau de ignorância que ainda caracteriza o conhecimento público sobre as nanotecnologias. (LAFFITE; JOLY, 2008). Aliás, mesmo nos países mais desenvolvidos do Ocidente essa ignorância se verifica. Completam suas explicações, por fim, com apreciações positivas acerca dos potenciais benefícios para a saúde (diagnóstico e tratamento). (ESCALANTE, 2009, p. 216).

A par disso, são verificáveis há algumas décadas, principalmente em países europeus e da América do Norte, experiências de tentativa de democratização do debate público acerca da aplicabilidade da nanotecnologia. Além das tentativas públicas de debate, observa-se que também a sociedade civil tem-se organizado de forma associativa, a fim de que esse intento se efetive: bom exemplo disso é o Grupo ETC (2014), sediado no Canadá (apesar de operar em nível internacional), que, há anos, alerta a comunidade internacional para os prováveis riscos das nanotecnologias para a saúde humana e para o meio ambiente, bem como sobre a distribuição de riquezas. Os representantes do mencionado grupo têm lutado por uma moratória sobre a produção de materiais e produtos cuja segurança não mostra evidências suficientes.

Veja-se que, entre os interessados no sucesso da nanotecnologia em âmbito comercial, portanto, também se encontram os poderes públi-

cos de diversos países (principalmente os denominados “desenvolvidos”).³ Dessa forma, são levantadas sérias dúvidas sobre a sinceridade de motivos dos interessados na divulgação das nanotecnologias perante cidadãos e consumidores. (ESCALANTE, 2009, p. 215).

O que se está observando, assim, é o desenvolvimento de padrões culturais que, ao serem combinados com as tecnologias disponíveis e as pautas sociais prevalentes, adquirem um poder temerário. As articulações oportunistas (em maior ou menor grau) tendem a impor uma representação dominante sobre as nanotecnologias: conforme a rede de desenvolvimento (e aplicação) da tecnologia se tornamais extensa, é modificada a configuração física e social para o seu êxito. (ESCALANTE, 2009, p. 217). Os discursos dominantes sobre a solução dos problemas de saúde e alimentação nos países menos desenvolvidos mediante opções nanotecnológicas são similares àqueles que, em passado recente, os promotores dos transgênicos proferiram. Esse padrão cultural de “milagre tecnológico” oblitera a verdade de que a solução para problemas socioeconômicos dependem muito mais de mudanças drásticas na ordem política e econômica na sociedade mundial do que da colocação de alternativas *high tech* no mercado.

Há quem advirta, porém, no sentido de um efeito contrário - o aumento do fosso social entre os mais e os menos favorecidos economicamente em razão de um acesso desigual às nanotecnologias. (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005). A distribuição assimétrica do poder e da riqueza, mesmo nos países desenvolvidos, pode fazer com que o acesso às nanotecnologias (e todas as benesses em virtude delas alcançáveis) seja mais um fator de exclusão social. A exemplo das promessas do período imediatamente após a Segunda Guerra Mundial (que prometiam gerar energia barata e abundante), da revolução verde nas décadas de 1960 e 1970 (que oferecia ao mundo a solução para a escassez de alimentos), e da engenharia genética de fins de século XX e início do seguinte, pode-se vislumbrar um quadro de apropriação extremamente desigual dos frutos da revolução nanotecnológica. Em outras palavras: os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos contrastam com o aumento da pobreza e da desigualdade no mundo nas últimas cinco ou seis décadas. (WADE, 2004).

³ Pode-se observar exemplos destes esforços nos seguintes documentos: COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009. Segundo informe de aplicación 2007-2009. *Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo*, Bruxelas, 29 de outubro de 2009. Disponível em <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0607:FIN:ES:PDF>>. Acesso em: 30 set. 2014; UNITED STATES – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Nanoscale Program Approach for Comment*. Disponível em <<http://www.epa.gov/oppt/nano/nmspfr.htm>>. Acesso em: 30 set. 2014.

Pelo menos duas questões foram levantadas pelo Meridian Institute (2005), quando realizado estudo específico para tal em relação às nanotecnologias e ao desenvolvimento socioeconômico:

- a) historicamente os resultados das inovações tecnológicas têm beneficiado, preferencialmente, pequenas minorias;
- b) a nanotecnologia pode ser, ao contrário do que se imagina, mais maléfica do que benéfica para países desenvolvidos, demandando ainda mais importações (e exploração) para os países em desenvolvimento. Isto pode estar demonstrando que, do ponto de vista socioeconômico, a revolução tecnológica, por si só, não é fundamental. O que importa considerar é a forma pela qual o desenvolvimento tecnológico impacta a divisão social do trabalho, as mudanças na produtividade e a distribuição da riqueza advinda desse processo. (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 63).

Há ainda comunicações que versam sobre possíveis benefícios para todos no mundo (inclusive para os mais pobres) em razão do desenvolvimento (e da adoção na prática) das nanotecnologias. O informe produzido entre 2004 e 2005 pelo Millenium Project (2014, p. 13) avalia a nanotecnologia como importante para o mundo em desenvolvimento, pois envolve pouco trabalho, terra e manutenção, além de ser altamente produtiva e barata e de requerer pequenas quantidades de material e de energia. Porém, veja-se que essas mesmas qualidades podem ser consideradas prejudiciais – já que os países pobres apresentam, em muitos casos, mão-de-obra, terra e recursos naturais abundantes. (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 63). Ou seja: observa-se, mais uma vez, uma comunicação baseada em prováveis benesses nanotecnológicas para os pobres, a fim de criar certa “aura” de esperança para cidadãos de países desenvolvidos.

Há prognósticos de sensível diminuição da ocupação nos processos diretamente produtivos, inversamente proporcional (talvez) ao aumento da demanda por pessoal altamente qualificado técnica e cientificamente. (FOLADORI; INVERNIZZI, 2005, p. 64-65). Países com maior número de pessoas do segundo tipo (notadamente os mais desenvolvidos) certamente se adiantarão em relação àqueles onde a educação ainda é vista de forma extremamente problemática (como no Brasil e em outros países considerados “em desenvolvimento”). Isto poderá corroborar, portanto, um contraste ainda maior entre tais países, demonstrando que a nanotecnologia, portanto, se conduzida da maneira atual (comunicação de benefícios obliterando a observação de possíveis problemas dela emergentes), poderá representar

socioeconomicamente, no âmbito global, um problema ainda maior do que os presentes.

Aliás, como ocorre em qualquer campo tecnológico, já se observa que, em países mais desenvolvidos (notadamente Estados Unidos, Japão e integrantes da União Europeia), o investimento não apenas em pesquisas, mas também em formação de profissionais capacitados para trabalhar com nanotecnologias (seja da parte da iniciativa privada, seja dos poderes públicos), é maior do que em países em desenvolvimento. Apesar de ainda estar em uma fase inicial do desenvolvimento no mundo todo, no Brasil ainda se fazem necessários maiores investimentos para o desenvolvimento de tal ramo do conhecimento. (REDIGUIERI, 2009, p. 198).

Enquanto nos países que ocupam a vanguarda da pesquisa em nanoescala é observável um enorme montante a ser investido, no Brasil começou-se a ter um investimento um pouco mais significativo (mas ainda assim pífio em comparação com as potências na área) apenas em 2005 – ano em que se anunciou o Programa Nacional de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, com o qual se comunicou o dispêndio de recursos da ordem de US\$ 30 milhões para o biênio 2005/2006. (TOMA, 2005, p. S50). Apenas como comparação, apresente-se que, no Japão, segundo país no *ranking* de investimentos em pesquisas em nanoescala, entre os anos de 2000 e 2003 verificou-se não apenas o grande investimento, mas também o grande aumento - de US\$ 245 milhões a US\$ 810 milhões. (UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES; EUROPEAN COMMISSION, 2005).

Observa-se também na política brasileira o estabelecimento do Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias (SISNano), formado por um grupo de laboratórios que se dedicam à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação, em vários setores de nanotecnologias. (BRASIL, 2012). Mais recentemente, pode-se observar no Brasil a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), lançada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) em agosto de 2013, que corresponde a um conjunto de ações que objetivam criar, integrar e fortalecer as atividades governamentais e os agentes embasados na nanociência e na nanotecnologia, visando à promoção do desenvolvimento tecnológico e científico do setor. Estão previstos, com essa iniciativa governamental, investimentos de, aproximadamente, R\$ 440 milhões em 2013 e 2014. A IBN visa a fortalecer a interface entre pesquisa, conhecimento e iniciativa privada, aproximando a infraestrutura acadêmica e as empresas. (COELHO; GRESPLAN;

LEÃO, 2013).

Apesar da desproporcionalidade verificável entre os mais avançados e os ainda em desenvolvimento, há quem vislumbre possibilidades de competitividade para países da América Latina também ocuparem posições de destaque em nanotecnologias. A integração entre países e centros de pesquisa de tais países engendraria grandes chances para esses países, combinada a processos complexos de industrialização nacional incluídos (que gerem encadeamentos produtivos endógenos), poderia fazer com que tais países não mais se subordinem às “metrópoles” da pesquisa em tal área. (UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES, 2005). Porém, apesar de não restarem dúvidas quanto às possibilidades “economicamente neutras” de conceber novos produtos, serviços e materiais a partir das nanotecnologias, que ainda subjazem em relação aos regimes de patentes e às desigualdades existentes, essas poderão representar pouco (ou talvez nada) para o fim dos problemas de distribuição que ainda ocorrem nos países considerados menos desenvolvidos economicamente. (LAU; FOLADORI; RUSHTON, 2009, p. 342).

3 A PERCEÇÃO DA NANOTECNOLOGIA PELO PÚBLICO LEIGO E POR ESPECIALISTAS

A perspectiva de regulação da nanotecnologia tem como variável fundamental a percepção pública acerca dos riscos e benefícios de sua aplicação, seja pelo caráter revolucionário dessa forma de inovação, conforme as “promessas” apresentadas, seja pelo contato que já está sendo estabelecido entre o público e algumas aplicações dessa forma de tecnologia. Há pouco, neste trabalho, buscou-se elencar dados sobre a toxicidade dos produtos que contêm nanopartículas. Contudo, como o público está percebendo (se é que o está) as possibilidades de danos que a colocação incauta desses produtos no mercado acarreta?

Há um fator “intuitivo” na percepção da toxicidade dos resultados da alta tecnologia pelo leigo (BERUBE, 2009, p. 91). Esse caráter intuitivo seria a marca da reação do público em comparação àquela que seria provocada em um *expert* quando interpretam as informações relacionadas à toxicidade. Em outras palavras: os dados toxicológicos gerados por *experts* são interpretados de forma diferenciada por outros *experts* e por aqueles que não partilham da mesma condição, pois os segundos teriam uma percepção intuitiva, menos racional. Este *gap* entre as percepções do risco

deve ser melhor estudado, pois sua influência no cotidiano é fundamental. Contudo, o mesmo autor ressalta que, na determinação do risco relacionado à toxicidade de algo, um *expert* sugeriria as melhores maneiras para reduzir a exposição das pessoas (e do ambiente) ao elemento tóxico, ou então, para evitar ao máximo possível qualquer forma de contato. Assim que sejam rigorosamente determinados padrões de risco e segurança, porém, os *experts* acreditam que as pessoas afetadas reagirão de maneira racional, correspondendo ao seu meticuloso trabalho de determinação dos riscos e vivendo em segurança em razão disso.

Note-se, portanto, que a diferença de percepções incrementa ainda mais a complexidade das comunicações acerca do risco na sociedade - e se for considerada a nanotecnologia, está-se diante de um problema ainda mais grave, já que se trata de uma forma de tecnologia extremamente recente, altamente diferente quando comparada a qualquer outra forma de tecnologia que já faz parte do senso comum. Esse “ingrediente” desprovido de racionalidade, por parte do público, na percepção dos riscos, geralmente não é incluído nas equações de avaliação de possibilidades relacionadas às tomadas de decisão, o que torna necessária uma abordagem diferente acerca das comunicações (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial; Fundação de Desenvolvimento da Universidade Estadual de Campinas, 2011, p. 19). De modo diverso daquele com que agem os diretamente responsáveis pelas tomadas de decisão acerca do risco, o público não age racionalmente, sendo suas decisões baseadas em “valores” oriundos de suas convicções (nãoracionais) pessoais.

Para melhor compreensão do problema, é importante analisar o fato de o público confiar, em alto grau, nas comunicações realizadas por *experts*, simplesmente porque é assim que a comunicação se dá (e não por interpretar os dados de maneira racional) (FINUCANE; HOLUP, 2005, p. 1603). Ao tomar uma decisão sobre o uso de determinado produto, por exemplo, o público não leva em consideração o risco da mesma maneira que o nãoleigo, pois emprega muito da emotividade no processo de avaliação dos riscos e benefícios do emprego de algo (o qual redundará numa decisão favorável ou desfavorável).

Numa situação que envolve produtos desenvolvidos a partir da nanotecnologia, vários exemplos hipotéticos poderiam ser construídos a partir da questão da irracionalidade: desde produtos que as pesquisas demonstram possuir considerável grau de nocividade - mas evocariam no consumidor, num primeiro momento, alguma reação emotiva relacionada

a “segurança”, “higiene”, “limpeza” e/ou “saúde” (como é o caso de produtos infantis que contêm nanoplata, que a princípio prometem todas estas benesses, fiando-se no que *experts* proferem como resultados de pesquisas); passando-se por produtos cujos dados acerca de sua eficácia provocam a vaidade do consumidor (como no caso de cosméticos que contêm nanotecnologia); até cenários em que o consumidor simplesmente não se sensibiliza com os dados apresentados, pois a distância dos possíveis resultados pouco ou nada lhe provocam emotivamente (como, por exemplo, no caso dos danos à fauna dos rios e lagos em razão dos dejetos com nanopartículas).

Neste ponto, pode-se considerar como evidente uma diferença básica: enquanto os perigos são reais, os riscos são socialmente construídos (SLOVIC, 1999, p. 689). E essa diferença faz com que se denote uma tensão (experimentada principalmente pelos profissionais cuja função é comunicar a existência de riscos) entre os *experts* (que pesquisam acerca dos riscos) e o público: a diferença entre a racionalidade rigorosa e metódica dos primeiros e a sensibilidade/emotividade tão influente e característica dos processos decisórios realizados pelo público - diferença esta que deve ser considerada em tal forma de comunicação, pois enquanto não o for, degenera em muita ansiedade e confusão.

Em razão dessa possibilidade de confusão e ansiedade, em diversos países têm sido realizados estudos que abordam não apenas os riscos, mas também a percepção pública da nanotecnologia.

No ano de 2003, no Reino Unido, foi realizada uma das primeiras sondagens de opinião pública - resultando no relatório *Nanoscience and Nanotechnologies: opportunities and uncertainties*, divulgado no ano seguinte, conjuntamente pela *Royal Society*, *UK National Academy of Science*, *Royal Academy of Engineering* e *UK National Academy of Engineering* (2004, p. 66-67). Revelou-se que uma maioria esmagadora de pessoas tinha uma percepção muito baixa, ou sequer havia ouvido falar em nanotecnologia.

A opinião pública nos Estados Unidos da América também foi pesquisada, no ano de 2008, pelo *Woodrow Wilson International Center for Scholars*, no âmbito do seu *Project on Emerging Nanotechnologies (PEN)*. Resultaram essas pesquisas no Boletim Eletrônico LQES NEWS (Laboratório de Química do Estado Sólido da Unicamp, 2014). De acordo com o estudo, também nos EUA as nanotecnologias ainda são desconhecidas pela grande maioria representativa do público: apenas 6% dos estadunidenses

dizem ter ouvido falar com bastante frequência sobre nanotecnologias, em face de 70% que alegaram ter recebido pouca ou nenhuma informação a respeito da matéria. Pessoas menos esclarecidas e com baixos salários, idosos e indivíduos do sexo feminino (de todas as idades) foram os grupos que se revelaram menos informados sobre as nanotecnologias. Se, por um lado, essa sondagem estimou a opinião dos norte-americanos sobre as nanotecnologias, por outro, ressaltou a necessidade de que sejam empreendidos esforços mais significativos para que o grande público esteja cômico dos riscos ambientais e sanitários oferecidos por tais tecnologias (embora nem todos os riscos sejam conhecidos pelos cientistas). Ademais, verificou-se que cerca de 51% (cinquenta e um por cento) da população estadunidense não se sentem informados o suficiente sobre as nanotecnologias para realizar um julgamento sobre seus riscos e benefícios; cerca de 25% (vinte e cinco por cento) dos investigados apenas pensam que tanto os benefícios quanto os riscos acerca desse ramo serão numerosos; 18% (dezoito por cento) acreditam que as nanotecnologias trarão benefícios; e, por fim, 6% acreditam que trarão apenas riscos.

Outra pesquisa, também realizada nos Estados Unidos, conduzida pela Universidade Estadual do Arizona e pela Universidade do Wisconsin (CORLEY et al, 2009, p. 1573), ocupou-se dos integrantes do outro polo da tensa relação comunicacional ora apresentada - entrevistando cientistas acerca da abordagem dos riscos, bem como da questão dos marcos regulatórios das nanotecnologias. Nessa pesquisa, foram analisados os pontos de vista pessoais de cada cientista entrevistado, e os resultados levaram à dedução de que, enquanto os cientistas têm nos marcos regulatórios uma espécie de proteção para a sociedade - sendo este o motivo pelo qual tais cientistas se interessam pelos riscos potenciais das decisões relacionadas às nano, o público leigo visualiza os marcos regulatórios muito mais como uma restrição, limitando os possíveis aspectos benéficos das nanotecnologias (tais como a comercialização de produtos). (CIENTISTAS, 2009).

Ainda segundo o mencionado estudo, tem-se que os cientistas sanitários e ambientais opinaram no sentido de que estabelecer marcos regulatórios é uma medida urgente, em razão da sua importância para a proteção da vida privada e para a fiscalização do desenvolvimento tecnocientífico; já os cientistas ligados à eletrônica e à mecânica pensam que o controle regulatório não é tão necessário (ou que é, até mesmo, inútil). Isto demonstra um desafio ainda maior para as instâncias responsáveis pela elaboração e implantação de marcos regulatórios para as nanotecnologias:

estas dependem dos dados (pesquisas e pareceres) fornecidos pelos cientistas, apesar de tais informações serem ainda incompletos; assim, a falta de conhecimento abre muita margem para a opinião pessoal dos cientistas acerca da matéria (o que constitui um conjunto de informações composto também por dados não tão racionais).

Outra nação em que as nanotecnologias estão em alto ritmo de desenvolvimento é o Japão, onde, no ano de 2004, foi realizada uma pesquisa sobre nanotecnologia para o grande público, sob a responsabilidade do *Nanotechnology Research Institute*. (HILL, 2009). Foram entrevistados 1.011 (um mil e onze) indivíduos leigos (não especialistas e não profissionais) das áreas de Tecnologia e Ciência. A princípio, já se pode analisar que os resultados, dadas as altas taxas de alfabetização e de interesse pelo conhecimento da sociedade japonesa, seriam significativamente altos também no tocante às informações sobre tecnologia e ciência em geral: 65% (sessenta e cinco por cento) dos entrevistados tinham curso superior; dos entrevistados, 44% (quarenta e quatro por cento) se declararam interessados em Ciência e Tecnologia; 50% (cinquenta por cento) acreditavam que as nanotecnologias melhorariam suas vidas; 87% (oitenta e sete por cento) declararam ter recebido informações sobre Ciência e Tecnologia veiculadas em noticiários de televisão; 33% (trinta e três por cento), a partir de programas de televisão com temática científica; 31% (trinta e um por cento), a partir da internet; e 62% (sessenta e dois por cento), a partir do noticiário geral. No tocante às nanotecnologias, especificamente, constatou-se que 55% (cinquenta e cinco por cento) dos entrevistados japoneses já ouviam falar com frequência das nanotecnologias.

Esses resultados demonstram a necessidade de educar a população sobre a importância das nanotecnologias, a fim de que a inteligência e a curiosidade, somada à informação facilmente disponibilizada, possam ajudar a equilibrar o debate sobre as nanotecnologias. Se estas formas revolucionárias de tecnologia fossem encontráveis com mais frequência nas pautas dos informativos populares, apresentadas num nível de complexidade captável pelo grande público (sem deixar de lado, por óbvio, sua abordagem no âmbito da educação formal), poder-se-ia estar diante de um contributo bastante significativo para este debate.

Ademais, tem-se que resultados acima devem ser observados de uma perspectiva ainda mais complexa, conforme Guivant e Macnaghten (2011, p. 98-100). Isto porque os cidadãos leigos (não peritos) e os *experts* (peritos) são vistos pela opinião pública de modos muito diversos.

Por exemplo, a categoria consumidores, no Brasil, não é observada como sendo um setor marginalizado da população, mas sim uma espécie elitizada, que tem capacidade econômica para participar do ato de consumir. O mesmo setor da população, no Reino Unido, tem significado diverso: trata-se de estrato excluído, à mercê dos interesses de mercado. Por outro lado, enquanto no Brasil os cientistas e técnicos são visualizados como sendo necessários e confiáveis para os processos de desenvolvimento, no contexto do Reino Unido os cidadãos os veem de modo muito mais cético.

É inegável, a partir do teor das pesquisas acima relatadas, ser necessária maior informação por parte do público, bem como de mais pesquisas acerca das nanotecnologias, a fim de que um debate público que venha a influenciar a composição de marcos regulatórios para as atividades relacionadas a esse âmbito seja mais eficaz. Mas é também imperioso que se estabeleça uma abordagem das nanotecnologias que supere errôneas concepções sobre o homem em sociedade. Em outras palavras, já se nota quão urgente se faz uma observação que vá para além de qualquer teoria que pressuponha ser uma única e determinada forma de racionalidade capaz de encarnar, de maneira monádica e omniabarcadora, o fundamento e a normatividade de toda a sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É imenso o potencial de desenvolvimento de várias áreas do conhecimento e da produção com o emprego das nanotecnologias. A Medicina, os conhecimentos e práticas ligados ao meio ambiente, a indústria e as ciências em geral podem beber dessa fonte e transformar-se em algo muito melhor para a qualidade de vida humana. Contudo, paralelamente a esse potencial benéfico, apresentam-se grandes riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Em razão dessa enorme contingência, faz-se necessária a regulação do risco das nanotecnologias - regulação esta que, mesmo ainda não existindo, enfrentará uma já grande inserção sua no mercado.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 incumbe, no *caput* do seu artigo 225, não apenas ao poder público, mas também à coletividade a preservação do meio ambiente - a qual pode efetivar-se de vários modos (relacionados a meios ligados à administração pública, à produção legislativa e a meios judiciais, para além de outros desligados da práxis estatal). É notável que, a partir da interpretação do texto constitu-

cional, a doutrina jurídica tenha produzido o princípio democrático para a regulação de questões de caráter ecológico. Quando analisada à luz desse princípio, portanto, tem-se que o risco nanotecnológico ao meio ambiente deve também ser regulado mediante processos que considerem, no fiel da balança, a participação do público em geral na tomada de decisão acerca das nanotecnologias.

Contudo, há um grande (e complexo) óbice a essa participação - que se interpõe no cerne da questão, antes ainda de qualquer consideração de cunho meramente procedimental: o público em geral, num país como o Brasil (porém, esta característica se faz presente também em países desenvolvidos, como se observou), simplesmente não conhece o suficiente acerca das nanotecnologias para opinar efetivamente.

Não se está, com isso, descartando a democratização das decisões que envolvem nanotecnologias - muito pelo contrário. Deve-se aqui entender a democratização, portanto, não apenas como oferecimento de procedimentos para isso: democratização deve ser entendida como um grande processo atuante em várias frentes. Em outras palavras, deve-se entendê-la como a democratização: do acesso às benesses que possam resultar das nanotecnologias; do conhecimento necessário para debater seu significado na sociedade; dos processos produtivos a elas relacionados; e, por fim, também do acesso à decisão política a elas concernentes.

Sem essa democratização em múltiplos aspectos, esvaziar-se-á de sentido a norma constitucional que obriga à participação democrática nos processos políticos decisórios ligados ao risco nanotecnológico. A exemplo de várias outras questões, também no que tange ao contato entre o público e essa forma tecnológica, deve a democracia ser entendida como complexo de tomadas de decisão que envolve a qualificação dos envolvidos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP/FUNCAMP). *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*. Campinas/SP, 2011. Disponível em: <<http://www.inomat.iqm.unicamp.br/images/relatorio%20NanoRiscos.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

AGUDELO ZAPATA, Yineth; AGUDELO ZAPATA, Yessica; CASTANO

LLANO, Rodrigo. Nanotecnología en la gastrohepatología. *Revista Colombiana de Gastroenterología*, Bogotá, v.23, n.4, p. 361-368, 2008.

ALVES, Oswaldo. A Nanotecnologia Cumprindo as Suas Promessas. *LQES News*, Campinas, SP, 2005. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/imagens/pontos_vista_artigo_divulgacao_33_1_nanotecnologia_promessas.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

ALVES, Oswaldo. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 18, p. 30-31, 2004.

ARNALL, Alexander Huw. *Future Technologies, Today's Choices: Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics: A Technical, Political and Institutional Map of Emerging Technologies*. Informe elaborado para Greenpeace, 2003. Disponível em <www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

BEA, Duani Blanco. TEJEDA, Alain Pérez. PARDO, Arlenis Acuña. CUADOR, Jenry Carreño. Nanomedicina: aspectos generales de un futuro promisorio. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, Havana, v. 10, n. 3, p. 410-421, 2011.

BERUBE, David M. Intuitive Toxicology: The Public Perception of Nanoscience. In ALLHOFF, F.; LIN, P. (editores). *Nanotechnology & Society: Current and Emerging Ethical Issues*. New York: Springer, 2009.

BRASIL. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. *Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014*. Institui o Comitê Interno de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e dá outras providências. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=21/08/2014>. Acesso em: 29 mar. 2015.

BRASIL. *Diário da Câmara dos Deputados*, Ano LXII, n. 203, 20 de dezembro de 2008. Disponível em: <<http://imagem.camara.gov.br/Imagem/d/pdf/DCD29NOV2008.pdf#page=81>>. Acesso em: 29 mar. 2015, p. 54893.

BRASIL. *Diário do Senado Federal*, nº 115, 02 de agosto de 2013. Disponível em: <<http://legis.senado.leg.br/diarios/BuscaDiario?tipDiario=1&datDiario=02/08/2013&paginaDireta=48839>>. Acesso em: 29 mar. 2015, p. 48839-48840.

BRITTO, J. Fernando B. Projeto básico de salas limpas. *Revista da SBCC*, São José dos Campos, n. 54, p. 46-61, set.-out. 2011.

CIENTISTAS americanos se manifestam sobre marcos regulatórios para as nanotecnologias. *LQES News*, Campinas, n. 175, 02 de julho de 2009. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news_cit/lqes_news_2009/lqes_news_novidades_1312.html>. Acesso em: 29 mar. 2015.

COELHO, Denise; GRESPAN, Isadora; LEÃO, Fernanda. *Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia*: Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia estimula inovação em empresas. Brasília, 20 ago. 2013. Disponível em: <<http://nano.mct.gov.br/noticias/iniciativa-brasileira-de-nanotecnologia-2013-08-20/>>. Acesso em: 29 mar. 2015. Texto postado no Portal MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Nanotecnologias, no link Notícias.

COMISSION DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009. Segundo informe de aplicación 2007-2009. *Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo*, Bruxelas, 29 de outubro de 2009. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0607:FIN:ES:PDF>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

CORLEY, Elisabeth. A.; SCHEUFELE, Dietram A.; HU, Qian. Of risks and regulations: how leading U.S. nanoscientists form policy stances about nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 11, n. 7, p. 1573-1585, out. 2009. Disponível em: <<http://www.unisinos.br/biblioteca/images/stories/downloads/guia-biblioteca-2012-v2.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

DONALDSON, Ken; BORM, Paul. *Particle toxicology*. Boca Raton: CRC Press, 2007.

DUARTE, Edson. *Projeto de Lei da Câmara n. 5076, 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=8E5C72DD2EDE99A08E8FF1BFDE35AA8C.node2?codteor=297210&filename=PL+5076/2005>. Acesso em: 29 mar. 2015.

ENGELMANN, Wilson. As nanotecnologias e os novos direitos: a (necessária) revisão da estrutura das fontes do Direito. In: *Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano*. Año XVII. Montevideo, p.383-396, 2011.

ESCALANTE, José Manuel de Cózar. Imaginar la nanotecnología, controlarla democráticamente. *Estudios Sociales*, México, v.17, n.34, p. 207-224, jul.-dez. 2009.

ETC Group. [S. l., 2012?]. Disponível em: <<http://www.etcgroup.org/es>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

FEYNMAN, Richard. Há mais espaço lá embaixo. Tradução de Roberto Belisário e Elizabeth Gigliotti de Sousa. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 18, p. 137-155, 2004.

FINUCANE, Melissa L.; HOLUP, Joan L. Psychosocial and cultural factors affecting the perceived risk of genetically modified food: an overview of the literature. *Social Science & Medicine*, [S. l.], v. 60, p. 1603-1612, 2005.

FIORINO, Daniel J. Voluntary initiatives, regulation, and nanotechnologies oversight: charting a path. *Project for Emerging Nanotechnologies*, n. 19, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/8347/pen-19.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

FOLADORI, Guillermo. INVERNIZZI, Noela. *Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad?* *Redes*, Bernal Este (Argentina), vol 11, n. 21, p. 55-75, maio de 2005. Disponível em <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/907/90702102.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

GAVELIN, Karin. WILSON, Richard. DOUBLEDAY, Robert. *Democratic technologies? The final report of the Nanotechnology Engagement Group (NEG)*. Disponível em <<http://www.involve.org.uk/wp-content/uploads/2011/03/Democratic-Technologies.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

GUIVANT, Julia S.; MACNAGHTEN, Philip. O mito do consenso: uma perspectiva comparativa sobre a governança tecnológica. *Ambiente & Sociedade*, Campinas, v. XIV, n. 2, p. 89-104, jul.-dez. 2011, p. 98-100.

HILL, Patti D. *Educating Society on Nanotechnology*, [S. l.], 11 ago 2009. Disponível em: < <http://www.nanotech-now.com/columns/?article=337>>. Acesso em: 29 mar. 2015. Disponível no *site* Nanotechnology Now, no hiperlink Penman PR.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. ISO/TS 27687:2008. Lists unambiguous terms and definitions related to particles in the field of nanotechnologies. It is intended to facilitate communications between organizations and individuals in industry and those who interact with them.” Disponível em: <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44278&commid=381983>. Acesso em: 29 mar. 2015.

LABORATÓRIO DE QUÍMICA DO ESTADO SÓLIDO DA UNICAMP. *LQES News*. Campinas, [2012?]. Disponível em: <http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/lqes_news/lqes_news.html>. Acesso em: 29 mar. 2015.

LACAVA, Zulmira Guerrero Marques. MORAIS, Paulo César de. Aplicações biomédicas de nanopartículas magnéticas. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 18, p. 73-86, ago. 2004.

LAFFITE, Nicolas Baya. JOLY, Pierre-Benoît. Nanotechnology and Society: Where do we stand in the ladder of citizen participation? *CIPAST Newsletter*, p. 1-4, March 2008. Disponível em <<http://www.cipast.org/download/CIPAST%20Newsletter%20Nano.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

LAU, Edgar Zayago Lau. FOLADORI, Guillermo. RUSHTON, Mark. Nanotecnología y los enclaves del conocimiento en Latinoamérica. *Estudios Sociales*, México, v.17, n.34, p. 325-346, jul.-dez. 2009.

MAYNARD, Andrew. *Nanotechnology and occupational health*, [S. l.], 2005. Disponível em: <http://epa.gov/ncer/nano/lectures/maynard_06_13_05_presentation.pdf>. Acesso em 29 mar 2015. Palestra publicada no site da EPA, no hyperlink Nanotechnology: Lectures.

MELO, Celso Pinto. PIMENTA, Marcos. Nanociência e Nanotecnologia. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, n. 18, p. 9-21, 2004.

MERIDIAN INSTITUTE. *Nanotechnology and the poor: opportunities and risks*, Dillon, Colorado; Washington DC, Janeiro de 2005. Disponível em <<http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report96.pdf>>. Acesso em 29 mar 2015.

NANOTECHNOLOGICAL promise for global poor. *BBC News*, 11 abr. 2005. Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4421867.stm>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

NANOTECHNOLOGY Consumer Products Inventory. [S. 1, S. d.]. Disponível em <<http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>>. Acesso em: 29 mar. 2015. Matéria divulgada no *site* Project on Emerging Nanotechnologies, no hiperlink Inventories.

NANOTECHNOLOGY Consumer Products Inventory: Analysis. [S. 1, S. d.]. Disponível em <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/>. Acesso em: 29 mar. 2015. Matéria divulgada no *site* Project on Emerging Nanotechnologies, no hiperlink Inventories: Analysis.

NEL, Andre; XIA, Tian; MADLER, Lutz; LI, Ning. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, Washington DC, v. 311, n. 5761, p. 622-627, 3 fev. 2006.

OBERDORSTER, Gunter; OBERDORSTER, Eva; OBERDORSTER, Jan; Nanotechnology: An Emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles, *Environmental Health Perspectives*, Washington DC, v. 113, n. 7, p. 823-839, jul. 2005.

OLIVEIRA, Virginia et al. Nanotubos de carbono aplicados às neurociências: perspectivas e desafios. *Revista de Psiquiatria Clínica*, São Paulo, v. 39, n. 4, p. 201-206, 2011.

PASTRANA, Homero Fernando. AVILA, Alba. Nanomedicina: Estado del Arte. *Revista de Ingeniería*, Bogotá, n. 25, p. 60-69, 2007.

PIMENTEL, Lúcio Figueira Pimentel. JÁCOME JÚNIOR, Agenor Tavares. MOSQUEIRA, Vanessa Carla Furtado. SANTOS-MAGALHÃES, Nereide Stela. Nanotecnologia farmacêutica aplicada ao tratamento da malária. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 503-514, out.-dez. 2007.

RATNER, Mark.; RATNER, Daniel. *Nanotechnology*. New Jersey: Prentice Hall; Upper Saddle River, 2003.

REDIGUIERI, Carolina Fracalossi. Study on the development of nanotechnology in advanced countries and in Brazil. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, São Paulo, v. 45, n. 2, p. 189-200, abr.- jun., 2009.

RONCO, Claudio; DAVENPORT, A; GURA, Victor. The future of the artificial kidney: moving towards wearable and miniaturized devices. *Revista Ne-*

frología, Barcelona, n. 31, v. 1, p. 9-16, 2011.

SARNEY FILHO, José. *Projeto de Lei da Câmara n. 5.133, de 2013*. Regula a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=PL+5133/2013>. Acesso em: 29 mar. 2015.

SILVA, Guilherme Frederico Bernardo Lenz. *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, 73 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2008. Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAA&url=http%3A%2F%2Fnano.iiiep.org.br%2Fnode%2F750&ei=RZFOVNZAYzFggT-xIDwDg&usq=AFQjCNHHJRKRRf2CSlpylSzfZq9b1S6IQ&sig2=eDtcX-meEcddi3y98TA4Qg&bvm=bv.77880786,d.eXY>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

SLOVIC, Paul. Trust, emotion, sex, politics and science: Surveying the risk-assessment battle-field. *Risk Analysis*, [S. l.], v. 19, p. 689-701, 1999.

TOMA, Henrique E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da química à nanotecnologia. *Química Nova*, São Paulo, Vol. 28, Suplemento, p. S48-S51, 2005.

THE MILLENIUM PROJECT. *Nanotechnology: future military environmental health considerations*. Disponível em <<http://www.millennium-project.org/millennium/nanotechnology-military.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

THE ROYAL SOCIETY. ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Londres, 2004. Disponível em: <http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/nanoscience_nanotechnologies.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

UNIT G4 NANOSCIENCES AND NANOTECHNOLOGIES. EUROPEAN COMMISSION. *Some figures about nanotechnology R&D in Europe and beyond*. [S.l.], 2005. Disponível em: <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Nanoscale Program Approach for Comment*. Disponível em <<http://www.epa.gov/oppt/nano/nmspfr.htm>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Nanotechnology white paper*, Washington DC, fev. 2007. Disponível em: <<http://epa.gov/ncer/nano/publications/whitepaper12022005.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

VIANA, Tião. *Projeto de Lei do Senado n. 131, 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 insu- mos 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://legis.senado.gov.br/mateweb/arquivos/mate-pdf/77365.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

WADE, Robert Hunter. Is globalization reducing poverty and inequality? *World Development*, Grã Bretanha, v. 32, n. 4, p. 567-587, 2004. Disponível em: <http://cis.uchicago.edu/outreach/summerinstitute/2009/documents/cis_sti2009-brady-is_globalization_reducing_poverty_and_inequality.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2015.

Artigo recebido em: 30/3/2015.

Artigo aceito em: 10/9/2015.