



NANOTECNOLOGIA: RISCOS OCUPACIONAIS E AMPARO LEGAL

NANOTECHNOLOGY: OCCUPATIONAL RISK AND LEGAL SUPPORT

Marcia de Lima Azenha Ceravolo¹

¹ Médica formada na Universidade Federal de Pernambuco, Pediatra formada pela Universidade Federal da Paraíba, Aluna do Curso Pós Graduação — UNICASTELO — São Paulo, SP.

Resumo: Realizou-se um estudo sobre os riscos ocupacionais e amparo legal da nanotecnologia. Com metodologia qualitativa, procedeu-se uma análise temática à luz do referencial teórico do supracitado assunto. Foram abordados, nesse artigo, o histórico da nanotecnologia, as características das doenças ocupacionais e a legislação acerca do tema. Verificou-se que estudos nessas áreas ainda estão incipientes e que ainda restam diversos questionamentos relativos às implicações da nanotecnologia no sistema jurídico, sobretudo relacionados aos impactos desta tecnologia sobre as relações de trabalho e saúde do trabalhador. Nos ordenamentos jurídicos nacionais e no Direito Internacional não existe menção explícita à proteção da sociedade e do meio ambiente contra os riscos da nanotecnologia.

Palavras-chave: Amparo Legal; Nanotecnologia; Risco Ocupacional.

Abstract: We conducted a study of nanotechnology occupational risks and legal support. With qualitative methodology, we proceeded to a thematic analysis based on the theoretical framework of the abovementioned matter. Were addressed in this article, the history of nanotechnology, the characteristics of occupational diseases and legislation on the subject. It was found that studies in these areas are still incipient and still left many questions relating to nanotechnology implications in the legal system, particularly related to the impacts of this technology on labor relations and workers' health. In the national legal systems and international law there is no explicit reference to protection by society and the environment from the risks of nanotechnology.

Keywords: Legal Support; Nanotechnology; Occupational Risk.

1. Referencial teórico-metodológico

“Mais do que nunca, os Médicos do Trabalho precisam estar atualizados, conhecedores das exposições dos trabalhadores e participantes das discussões sobre as medidas de controle e de proteção dos agravos à saúde dos trabalhadores”. (Dra. Marcia Bandini)

O conceito de nanotecnologia deriva de três prefixos: do grego “nános”, que significa anão; de “téchne”, equivalente a ofício; e “logos”, a conhecimento. O ponto de partida do termo nanotecnologia refere-se ao tamanho da intervenção humana sobre a matéria (DURÁN, MATOSO e MORAIS, 2006, p.19).

A definição de nanotecnologia é baseada no desenvolvimento de sistemas e processos que utilizam materiais com dimensões nanométricas (1 nm = 10⁻⁹m). Conforme definição das normas *British Standarts Institution*, os materiais nanométricos são aqueles que possuem, pelo menos, uma dimensão inferior a 100 nanômetros (100 nm) (BSI, 2005).

Atualmente, os nanomateriais estão presentes em centenas de produtos, desde cosméticos a equipamentos industriais. Apesar do grande potencial e expectativa em relação à nanotecnologia, as pesquisas estão direcionadas para determinar a melhor maneira de gerenciar e controlar os riscos ocupacionais associados à manipulação dos nanomateriais.

A manipulação da matéria, em escala atômica, para produzir novos materiais e dispositivos, tem a capacidade de transformar diversos setores, da medicina à indústria. Em 2020, estima-se que a nanotecnologia causará impacto à economia global em 3 trilhões de dólares e empregará 6 milhões de trabalhadores na fabricação de produtos à base de nanomaterial, dos quais 2 milhões deverão ser contratados nos Estados Unidos da América — EUA. Os nanomateriais podem apresentar novos desafios para a compreensão, previsão e gestão de riscos potenciais à saúde dos trabalhadores (NIOSH, 2014, p. vi).

A comercialização de produtos contendo nanomateriais artificiais poderia ajudar a solucionar problemas globais críticos em matéria de energia, transporte, poluição, saúde e alimentos. Os benefícios potenciais da nanotecnologia são enormes, no entanto, há preocupação com possíveis efeitos adversos à saúde humana (NIOSH, 2014, p. vi).

2. Histórico da Nanotecnologia

A utilização de nanomateriais não é um fenômeno novo. De fato, o emprego de nanoestruturas vem do tempo da alquimia, através da obtenção e emprego de ouro e metais preciosos coloidais para modificação da cor de vidros ("ruby glass" e "stained glass") utilizados em cálices, e em vitrais de igrejas medievais (LENZ E SILVA, 2008).

O marco fundador da área teria sido a palestra proferida, em 1959, pelo famoso físico norte-americano Richard Feynman (1918–1988) (SITE).

Já o termo "nanotecnologia" foi cunhado, em 1974, pelo pesquisador japonês Norio Taniguchi (1912–1999). A "paternidade" da tecnologia em si seria do primeiro doutor na área, o engenheiro norte-americano Eric Drexler, autor do livro *Engines of creation: the coming era of nanotechnology (Engenhos da criação: o advento da era da nanotecnologia)*, de 1986, importante na disseminação dessa nova tecnologia para o grande público.

Além do livro de Drexler, a descoberta da nova espécie alotrópica do carbono, conhecida hoje como fulerenos, por Kroto, Smalley e R. Curl, e, finalmente, a invenção dos microscópicos de força atômica e tunelamento [014,015] tornaram possível a visualização e a manipulação de estruturas em nível atômico, impulsionando a pesquisa pura e aplicada com nanomateriais (LENZ E SILVA, 2008).

Atualmente, a medicina já dispõe de algumas ferramentas provenientes da nanotecnologia, como, por exemplo, a utilização de sensores retinianos que auxiliam na melhora da visão, estimuladores cerebrais que combatem doenças degenerativas do cérebro, desfibriladores portáteis que regulam o fluxo cardíaco, entre outras aplicações. A eficiência dessas ferramentas nanotecnológicas é, por si só, capaz de exemplificar a potencialidade da área.

Ainda na área da medicina, há, também, tecnologias que já estão em fase de testes ou poderão ser aplicadas em um futuro próximo. Dentre elas destacam-se: utilização de nanorrobôs que combatem patógenos em organismos vivos; transferência de memória humana para um computador; terapias gênicas que alterem genes que possam transmitir doenças congênitas; e, a mais polêmica das aplicações, simplesmente a imortalidade por intermédio de

nanorrobôs que repararão os danos celulares causados pela idade (PORTAL, 2015)

3. Doenças Ocupacionais

As primeiras correlações entre trabalho e o aparecimento de doenças ocupacionais foram observadas pelo médico italiano Bernardini Ramazzini, considerado o “Pai da Medicina do Trabalho”. Em seu livro intitulado: “As Doenças dos Trabalhadores — De Morbis Artificum Diatriba” — publicado em 1700, relacionou as típicas doenças ocupacionais com as atividades de dezenas de ofícios da época (RAMAZZINI, 2000).

Define-se como acidente do trabalho aquele que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional, permanente ou temporária, que cause a morte, a perda ou a redução da capacidade para o trabalho (MPS, 2013).

Considera-se acidente do trabalho a doença profissional e a doença do trabalho. Equipara-se, também, ao acidente do trabalho: o acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a ocorrência da lesão; certos acidentes sofridos pelo segurado no local e no horário de trabalho; a doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade; e o acidente sofrido a serviço da empresa ou no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa (MPS, 2013).

No Brasil, dados do Ministério da Previdência Social indicaram que, no ano de 2013, ocorreram 717.911 acidentes do trabalho entre os segurados do sistema nacional de previdência social (excluindo desta estatística os trabalhadores autônomos e os empregados domésticos). Destes, 15.226 tiveram seus acidentes gerados por doença do trabalho (MPS, 2013).

À medida que a nanotecnologia avança, toda a sociedade passa a ter maior contato com produtos nanotecnológicos. Neste ponto, a adoção de novas estratégias na área de segurança ocupacional e meio ambiente, especialmente na análise de riscos e no entendimento dos processos e interações dos nanomateriais no ambiente de trabalho, é essencial para o desenvolvimento de uma nanotecnologia mais segura do ponto de vista laboral (LENZ E SILVA, 2013).

O crescimento e difusão dos produtos nanotecnológicos no universo do trabalho evidencia a importância das questões éticas e de segurança na sociedade. Entre os dados e previsões importantes, do ponto de vista do ambiente de trabalho, observa-se o aumento da força de trabalho empregada primariamente com a nanotecnologia, que deverá ser de 2 milhões de trabalhadores no ano de 2015, sendo esperado um crescimento anual de no máximo 25% até o ano 2020, quando é esperado um mercado de US\$ 3 trilhões (ROCO, 2011).

Os riscos associados aos nanomateriais precisam ser desenvolvidos até atingirem a sua plenitude e maturação. Ou seja, o caminho é longo e ainda precisa ser construído (LENZ E SILVA, 2013).

4. Legislação

“É importante evidenciar que no Brasil inexistem leis e dispositivos capazes de prevenir ou até mesmo abordar as peculiaridades dessa nova revolução tecnológica.” (BERGER FILHO, 2014)

No debate da nanociência e nanotecnologia o sistema jurídico é “chamado” a dar sua “contribuição ao delicado equilíbrio entre o desejo por novas tecnologias e a preocupação com os riscos que isso comporta” (MOREIRA, 2006).

A formulação das diretrizes é importante, porque essa tecnologia, considerada limpa e segura pelos fabricantes, está envolta em incertezas quanto aos impactos que pode causar à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo grupos ambientalistas, em 2006 empresas e governo dos EUA gastaram 1,4 bilhão de dólares em pesquisas para novos materiais e produtos. Menos de 1% desse valor foi investido para avaliar os riscos. No mesmo período, só 4% do total aplicado pela União Europeia foi destinado a estudos sobre a segurança (CIDA, 2012).

Entre os desafios para o sistema jurídico, diante do avanço da nanotecnologia na sociedade, se destaca o estabelecimento de normas que estruturam a limitação, monitoramento e deem respostas adequadas aos riscos da nanotecnologia (BERGER FILHO, 2014).

Todavia, o direito ainda não está adequadamente estruturado para responder desafios propostos pelas novas tecnologias por diversos motivos, dentre os quais destacam-se: a) a proximidade da Ciência com as grandes corporações, o que gera forte pressão sobre o poder político para evitar qualquer regulamentação contra os

interesses do mercado; a dificuldade na definição dos riscos das diferentes aplicações da nanotecnologia, decorrente da falta de pesquisa sobre os respectivos impactos sobre a saúde humana, meio ambiente e sociedade; a falta de debate público sobre a nanociência e a nanotecnologia, diferentemente de outras tecnologias já regulamentadas por lei, como os agrotóxicos e a biotecnologia (MOREIRA, 2006).

Além disso, questionamentos relativos às implicações da nanotecnologia no sistema jurídico persistem, sobretudo relacionados aos impactos dessa tecnologia sobre as relações de trabalho e saúde do trabalhador. Nos ordenamentos jurídicos nacionais e no Direito Internacional não existe menção explícita à proteção da sociedade e do meio ambiente contra os riscos da nanotecnologia.

Para suprir essa falta de regulamentação, algumas normas jurídicas nacionais e internacionais, relacionadas ao direito ambiental, ao direito do consumidor e ao direito do trabalho, podem ser utilizadas. No entanto, merece destaque que essas normas não dão o tratamento diferenciado que merecem os riscos e as peculiaridades da nanotecnologia (BERGER FILHO, 2014).

Pela falta de regulamentação específica, estuda-se a criação de sistemas de autorregulação de riscos potenciais através da aplicação de códigos de conduta voluntários. Esse sistema baseia-se na confiança da ação regulatória das organizações privadas (institutos de pesquisa, empresas, organizações não governamentais), responsáveis pelo estabelecimento de normas técnicas e por certificar a conformidade com os padrões exigidos.

No entanto, não se justifica que a sociedade opte por agir de forma negligente diante dos riscos, esperando além da comprovação científica da real existência e extensão de um risco e de quais as suas possíveis consequências.

Os riscos são difusos na dimensão temporal, não apenas para a saúde da população e para o meio ambiente, mas trazem consequências sistêmicas e imprevisíveis na economia local e global, no comércio mundial, nas relações políticas também observadas nos âmbitos local e global.

Além disso, vem emergindo, nas últimas décadas, o princípio da precaução para as situações de incerteza científica quanto aos riscos de uma atividade ou produto. No caso das novas tecnologias, os sistemas jurídico e político têm se demonstrado conservadores na tomada de decisão (BERGER FILHO, 2014).

O princípio da precaução, pelo Poder Público, não tem por finalidade imobilizar o progresso da humanidade, da ciência ou da economia. Esse princípio visa à durabilidade da sadia qualidade de vida das gerações humanas e à continuidade da natureza existente no planeta (MACHADO, 2000).

A discussão sobre o princípio da precaução deve nortear qualquer tentativa de elaboração de normas específicas ou genéricas sobre a nanotecnologia. É um princípio importante para inverter a lógica atual, que não obedece à progressão: primeiro a análise de riscos em laboratório e, depois, a aplicação. Os testes, em geral, vêm após a aplicação e a produção precede a pesquisa dos riscos (BECK, 1997).

Os mesmos argumentos dos opositores do princípio da precaução no debate da biotecnologia repetem-se na discussão da nanotecnologia: “essa tecnologia sempre existiu, seu desenvolvimento vai trazer grandes benefícios para a humanidade”, “não existem dados conclusivos sobre a toxicidade”, “legislar sobre o assunto pode impedir o desenvolvimento tecnológico nacional e aumentar nossa dependência”, “mais regulamentação só vai trazer mais burocracia”, “vamos perder o bonde da História”, “quem não aceitar a nova tecnologia é ignorante ou está na Idade Média”, “o cidadão comum não tem condições de dialogar sobre isso, não tem condições de decidir sobre isso, pois só o cientista é que pode tomar a decisão” (MOREIRA, 2006).

Não há respostas fáceis para as questões jurídicas e éticas que envolvem a nanotecnologia. A sociedade nunca terá todas as informações que ela necessita para tomar decisões sem alguma incerteza (ALLHOF e LIN, 2008).

A legislação para a nanotecnologia está passando por uma inflexão, na medida em que deixa de ser voluntária para ser mandatória (legalmente obrigatória). EUA e Comunidade Europeia estão trabalhando juntos na construção de legislações harmonizadas. (ABDI, 2010)

5. Conclusão e Recomendações

O risco ocupacional se potencializa na medida em que avançam suas aplicações nanotecnológicas, sem ocorrer o mesmo com as pesquisas voltadas para análise de suas consequências sociais. A falta de informação acerca dos efeitos nocivos das inovações tecnológicas

no meio ambiente e na saúde humana serve de argumento para medidas de prudência.

Em síntese, é premente e fundamental o debate sobre os riscos ocupacionais e a necessidade de regulamentação estatal e a consequente criação de normas jurídicas nanotecnológicas visando diminuir os riscos ocupacionais. A identificação dos riscos é incipiente e a legislação existente é insuficiente e não se adapta às peculiaridades da nanotecnologia. Assim, no contexto atual, não existem avaliações “obrigatórias”, exames específicos para definir os riscos da nanotecnologia.

Percebe-se a dificuldade em se levantar riscos e em se regulamentar algo desconhecido pela sociedade e pelos juristas. Pouca discussão traz um risco maior à decisão de criar normas possivelmente sem efetividade, ou que imponham restrições excessivamente burocráticas ao desenvolvimento da nanotecnologia, ou que sirvam apenas como norma de efeito simbólico, para encobrir e legitimar o uso irresponsável da nanotecnologia.

Dito de outra forma, a incerteza científica quanto aos danos potenciais das diversas aplicações da nanotecnologia não é justificativa para a inação. A omissão de hoje pode gerar danos sérios e irreversíveis no futuro. Não se deve negligenciar o princípio da precaução como importante fundamento na discussão de políticas de gestão de risco e regulamentação da nanotecnologia.

Finalmente, as palavras de Raj Bawa são plenamente apropriadas: “as nanotecnologias não são uma indústria, mas estarão presentes em todas as indústrias”. (ABDI, 2010)

Referências

ABDI — Agência brasileira de Desenvolvimento Industrial, **Cartilhas sobre Nanotecnologia**, Brasília, DF, 2010.

ALLHOF, F.; LIN, P. (Orgs.) **Nanotechnology & Society: Current and Emerging Ethical Issues**. Nova Iorque, 2008.

Almeida, R. de O. **O risco à margem do direito ambiental: um estudo a partir da nanotecnologia**. Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, São Luís, 2009.

BECK, U. **A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva**. In: BECK, U.; GIDDENS, A.; LASH, S.

Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 1997.

Berger Filho A. G. — **Nanotecnologia e o princípio da precaução na sociedade de risco**, 2014, texto disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=7084>, acesso em 23/05/2015.

BSI — British Standards. **Publicly available specification, PAS 71: 2005** — Vocabulary — Nanoparticles, 2005.

Cida de O. **OMS vai estabelecer diretrizes para segurança em nanotecnologia**, 2012.

Drexler, K. E. **Engines of creation: the coming era of nanotechnology**. Nova York, 1986.

Durán, N.; Mattoso, L. H. C.; Morais, P. C. de. **Nanotecnologia — Introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo, 2006.

Lenz e Silva G. F. B. **Saúde & Segurança Ocupacional: reflexões sobre os riscos potenciais e o manuseio seguro dos nanomateriais**. Revista Vigilância Sanitária em Debate, Rio de Janeiro, 2013.

_____. **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**. Universidade Federal de Minas Gerais — UFMG, Belo Horizonte, 2008.

MACHADO, P. A. L., **Direito Ambiental Brasileiro**, Malheiros Editores, São Paulo, 2000.

MOREIRA, E. C. P. **Nanotecnologia e Regulação: as inter-relações entre o Direito e as ciências**. In: MARTINS, Paulo Roberto (Org.). Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente. São Paulo: Xamã, 2006. p. 309-313.

MPS — Ministério da Previdência Social, **Anuário Estatístico da Previdência Social**. Brasília, 2013.

NIOSH — National Institute for Occupational Safety and Health, **Protecting the Nanotechnology Workforce**. NIOSH Nanotechnology Research and Guidance Strategic Plan, 2013—2016, Atlanta, USA, 2014.

Portal da Educação — Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/medicina/artigos/50967/nanotecnologia-na-medicina-o-que-podemos-esperar>> Acesso em Junho 2015.

RAMAZZINI, B. — **As doenças dos trabalhadores.** Tradução: Raimundo Estrela, 3ª edição. São Paulo: FUNDACENTRO; 2000.

ROCO M. C. **The long view of nanotechnology development: the National Nanotechnology Initiative at 10 years.** J Nanopart, 2011.

Artigo apresentado em : 05/06/2015

Aprovado em: 06/07/2015

Versão final apresentada em: 10/08/2015