

Nanotecnologia: Conceitos e os Impactos à Saúde dos Trabalhadores



José Henrique Skrenski; José Lourenço Kutzke Moraes da Silva; Robson Stigar

Faculdade Herrero

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo promover uma rápida apresentação dos conceitos de Nanotecnologia e uma breve reflexão sobre os diversos impactos que a mesma pode promover para a saúde do trabalhador. Tal tema possui uma grande relevância e ligação direta com a segurança do trabalho, uma vez que se preocupa com o bem estar social e com a segurança do trabalhador, bem como, com as diversas questões ambientais que esta tecnologia oferece para a sociedade em geral. O artigo também apresenta os diversos benefícios que a nanotecnologia produz para o desenvolvimento técnico-científico, em específico, e para a sociedade de modo geral, porém cabe ao Tecnólogo de Segurança do Trabalho, estar atento e perceber se junto a estes benefícios não há riscos implícitos para a saúde e segurança do cidadão, já que o bem maior é a vida humana e não os bens de consumo propriamente dito. Para tal precisamos conhecer os campos de atuação da nanotecnologia e reconhecer seu papel frente às demais disciplinas, já que a mesma tem uma função interdisciplinar.

Palavras chaves: Nanotecnologia, Saúde, Trabalhador e Nanotoxicologia.

ABSTRACT

This article aims to promote rapid presentation of Nanotechnology concepts and a brief reflection on the various impacts it can promote to worker health. This theme has a great relevance and direct link to safety, since it is concerned with the welfare and safety of workers as well as the various environmental issues that this technology offers to society in general. The article also presents the various benefits that nanotechnology produces for technical scientific developmenton specific and for society in general, however it is up to the Safety technologist, be aware together these benefits there is no implicit risks to citizen health and safety, considering the human being as the highest property and not consumer goods. To that, we need to know the nanotechnology fields of activity and recognize their role opposite the other disciplines, since it has an interdisciplinary function.

Key words: Nanotechnology, Health, Labor and toxicology.

1. INTRODUÇÃO

A Nanotecnologia e Nanociências (N&N) vêm dando um impulso extraordinário à inovação e evolução do conhecimento, marcando presença em quase todas as revistas científicas da atualidade. Essa mudança, que tem sido crescente desde a última década, já está sendo assimilada pela cultura científica universal, permeando as áreas de Física, Biologia e Materiais, através da abordagem dos novos sistemas e propriedades na escala nanométrica e, principalmente, molecular.

Os campos da nanociência e da nanotecnologia são amplos e envolvem quase todas as disciplinas e áreas de relevância, sendo, portanto, essencialmente multidisciplinares. Os pesquisadores da área de saúde do trabalhador estão preocupados com os impactos que a nanotecnologia pode gerar à saúde humana e ambiental e não há dúvida de que toda essa tecnologia traz muitos benefícios.

Sem dúvida, a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana.

O termo Nanotecnologia vem revolucionando o mundo da ciência, trazendo muita expectativa a este setor que tem como principal característica sua diversificação. O objetivo da nanotecnologia é criar novos materiais e desenvolver novos produtos e processos baseados na crescente capacidade da tecnologia moderna de manipular átomos e moléculas.

2. O DESENVOLVIMENTO DA NANOTECNOLOGIA

O reconhecimento da nanociência e da nanotecnologia, como uma tendência chave na ciência e tecnologia do século XXI, avançou no biênio 1997-1998, mesmo inicialmente sendo vista como ficção científica. A consciência global do potencial desta nova tecnologia criou um clima de competição científica e tecnologia, movendo recursos humanos e financeiros na indústria mundial.

O ponto-chave dos benefícios econômicos da nanotecnologia será o estabelecimento de uma infra-estrutura capaz de educar e treinar um número adequado de investigadores, de professores e de trabalhadores técnicos, criando uma nova geração de profissionais hábeis, com perfis multidisciplinares que serão necessários para o rápido progresso dessa ciência. Entre 2010 e 2015, a estimativa é de que serão necessários de 8 a 9 milhões de trabalhadores nos EUA, 5 a 6 milhões no Japão, 3 a 4 milhões na Europa e, aproximadamente, 1 milhão em outros países.

Mesmo não contando com uma política articulada para desenvolver o que promete tornar-se nas próximas décadas, a nova base tecnológica da economia mundial, a comunidade científica e o Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) estão convencidos de que o país tem tudo para conquistar alguns nichos importantes desse novo mercado.

A nanotecnologia brasileira produz resultados de vanguarda nas áreas farmacêutica e de interface com a biotecnologia, dentre os quais podemos citar os nanocarreadores, usados em cosméticos e associados a medicamentos, como alguns quimioterápicos antitumorais.

Outras ações relacionadas são: cooperação internacional, empresas incubadas e a editoração de material técnico-científico, com apoio a jovens pesquisadores que, além de projetos de pesquisa básica em nanotecnologia, buscam incentivar pesquisas sobre os impactos éticos, sociais e ambientais, reforçando um comprometimento estrutural no desenvolvimento de programas de nanotecnologia.

Tal acontecimento representou o primeiro de dois eventos estabelecidos para subsidiar a estruturação do Centro Brasileiro-Argentino de Nanotecnologia e teve como objetivo apresentar aos empresários argentinos, experiências bem sucedidas das empresas brasileiras na área de nanotecnologia (Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005).

3. OS IMPACTOS DA NANOTECNOLOGIA NA SAÚDE DOS TRABALHADORES E NO MEIO AMBIENTE

Em São Paulo, Pesquisadores da área de saúde do trabalhador estão preocupados com os impactos que a nanotecnologia pode gerar à saúde humana e ambiental.

Não há dúvida de que toda essa tecnologia traz muitos benefícios, afinal, estamos falando de instrumentos médicos e farmacêuticos como bandagens capazes de impedir a respiração das células dos micróbios ou biomembranas que induzem a formação de novos vasos sanguíneos e tecidos na superfície onde é aplicada.

O problema é que não há estudos sobre os impactos dessas nanopartículas à saúde e ao meio ambiente. Faltam ainda instrumentos e modelos para avaliar tanto a exposição como o impacto ao longo de seu ciclo de vida. Ninguém sabe nada. Nem médicos, nem cientistas. “De tudo que se gasta em pesquisas de novos nanoproductos, em todo o mundo, nem 10% é destinado à pesquisa de impacto”, afirma a química Arline Arcuri, pesquisadora da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), órgão ligado ao Ministério do Trabalho e Emprego.

Já o projeto visa estudar os efeitos sobre as pessoas e o meio ambiente. “Precisamos gerar conhecimento sobre esse que é considerado o fato mais importante desde a Revolução Industrial mas que, ao mesmo tempo, pode ser uma ameaça”, diz Arline. Segundo ela, o ideal é que todas as pessoas expostas sejam identificadas, submetidas a um exame minucioso e acompanhadas periodicamente. Assim será possível conhecer um pouco do impacto à saúde.

4. AS INTERFACES E ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA NO BRASIL: DA QUÍMICA À NANOTECNOLOGIA

Na Química, por razões óbvias, esse tipo de abordagem pode ser considerado intrínseco, se encarado sob o ponto de vista da Nanociência. De fato, átomos e moléculas são a essência da Química. Apesar disso, a visão da nanotecnologia, capaz de transformar os sistemas moleculares em nanodispositivos ou nanomáquinas, ainda é uma importante questão a ser trabalhada.

A linguagem quântica passa a ser real no mundo nanométrico. Assim, em virtude das novas propriedades e problemas decorrentes da dimensão nanométrica, a Nanotecnologia se apresenta como um notável desafio para o químico. Como produzir movimentos moleculares através de estímulos, a exemplo das miosinas que acionam os músculos? Como fazer computação molecular, acoplando o reconhecimento químico à geração de sinais, a exemplo das células neurais? Como aproveitar com eficiência a energia solar para produzir eletricidade ou armazenar energia química, mimetizando a fotossíntese?

Nesse empreendimento se faz mister o rompimento das fronteiras que separam as diferentes áreas, não apenas em nível operacional, mas principalmente formal e educacional. Por seu caráter multidisciplinar, o exemplo da Nanotecnologia introduz uma reflexão importante a respeito dos paradigmas a serem adotados em termos das interfaces e organização da pesquisa.

No caso especial da Nanotecnologia, o desenvolvimento é uma questão ainda mais complicada, pois a abordagem inter e multidisciplinar, também, deve ser estendida às empresas, e não apenas para o setor acadêmico. A esse problema, deve ser adicionado o fator custo e a falta de recursos humanos para desenvolver a Nanotecnologia.

O fator custo é especialmente preocupante, pois laboratórios de qualidade em Nanotecnologia exigem dispêndios de milhões de dólares em equipamentos sofisticados, instalações e insumos. Esse ponto alerta para a necessidade de novos modelos de organização de pesquisa, a fim de evitar que a alta tecnologia acabe se concentrando em empresas e instituições de maior porte, levando à exclusão das pequenas empresas, justamente onde o potencial de inovação tende a ser mais acentuado.

O Departamento de C&T da Índia anunciou investimentos de U\$ 20 milhões no período de 2004-2009. Tailândia, Filipinas, Chile, México e Argentina também já têm programas de investimento em N&N. Nesse contexto, merece destaque uma excelente proposta voltada para a criação do Instituto de Nanotecnologia Brasil-Argentina, que resultou do proveitoso encontro das sociedades científicas dos dois países, no final de 2004.

No Brasil, foi recentemente anunciado o Programa Nacional de Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, com recursos de U\$ 30 milhões a serem investidos no

biênio 2005/2006. Alguns instrumentos, como a expansão das redes cooperativas e dos institutos do milênio, já foram apontados. Contudo, questões mais amplas, como as que foram levantadas, ainda representam incógnitas.

A questão dos investimentos em Nanotecnologia no mundo em desenvolvimento passa por várias considerações: Produção, armazenagem e conversão de energia; Aumento da produtividade agrícola; Remediação e tratamento da água; Mapeamento e diagnóstico de doenças; Sistemas para liberação de drogas; Armazenagem e processamento de alimentos; Controle e remediação dos efeitos da poluição do ar; Construção; Monitoração da saúde; Detecção e controle de pragas e seus vetores.

5. AS APLICAÇÕES DA NANOTECNOLOGIA NO DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DE CÂNCER

A nanociência e a nanotecnologia (N&N) têm atraído, nos últimos anos, bastante interesse da comunidade científica, do setor tecnológico e da mídia. Tamanho interesse se deve pelas diferenças apresentadas por esses materiais, em termos de suas propriedades físicas e químicas, quando comparados aos materiais macroscópicos.

Os sistemas magnéticos nano cristalinos são constituídos de nano partículas magnéticas que podem estar dispersas em meios sólidos (sólidos granulares) ou em meios líquidos (fluidos magnéticos ou ferrofluidos) (KNOBEL, 2000) de correlação e de troca e existe um número relativamente grande de átomos na superfície das nanopartículas.

O estudo dos sistemas magnéticos nanoestruturados é importante tanto do ponto de vista da ciência básica quanto do desenvolvimento de aplicações tecnológicas. Diversas aplicações tecnológicas são intensamente pesquisadas nos últimos anos como, por exemplo, na indústria da informática, novos métodos de armazenamento de dados, leitura e gravação de informação em mídias magnéticas, na produção de ímãs permanentes mais fortes e de micro-sensores magnéticos, nas indústrias têxteis e de tintas, dentre várias outras.

Os comprimentos de correlação e de troca são os comprimentos característicos de sistemas manométricos. Por exemplo, a distância entre dois átomos em um sítio cristalino corresponde a um comprimento característico.

Algumas aplicações das NPs na área biomédica, como a de obtenção de imagens por ressonância magnética, já se encontram em fase avançada de estudo e estão sendo aplicadas (NANZ et al., 2000; SAINI et al., 2000; GALVÃO et al., 2002); Outras, entretanto, ainda encontram-se em fase de pesquisa e desenvolvimento, como é o caso da hipertermia magnética e da vetorização de medicamentos (TARTAJ et al., 2003; BABINCOVÁ et al., 2000).

Quando um campo magnético externo H é aplicado a um material, ocorre uma mudança em seus dipolos magnéticos originando uma resposta macroscópica: a magnetização M (ou momento magnético por unidade de volume).

De acordo com Faria e Lima (2005), os materiais podem ser separados em classes de acordo com a orientação de seus momentos magnéticos em relação à aplicação de um campo magnético externo. O nano magnetismo é a área da física que estuda as propriedades magnéticas de materiais que se apresentam em escala nanométrica (um nanômetro equivale a 10^{-9} metros) ou mesoscópica.

Com o volume reduzido das NPs, a energia térmica kBT passa a ser de magnitude comparável à energia de anisotropia da partícula, que é dada por KV , sendo K uma constante de anisotropia uniaxial efetiva, V o volume da NP, T a temperatura do sistema e kB a constante de Boltzmann. Denomina-se anisotropia magnética a preferência que um material magnético possui para se magnetizar em determinada direção.

Considerando um sistema monodisperso (um único tamanho de partículas) e não-interagente, a taxa com que ocorrem as transições de um mínimo de energia a outro depende do fator de Boltzmann para a energia de anisotropia efetiva KV e a energia térmica kBT e de uma constante de tempo τ_0 (DORMAN et al., 1997), que caracteriza a frequência de tentativas de salto à barreira de anisotropia, seguindo uma lei do tipo Arrhenius (NÉEL, 1949): Se o tempo de uma dada medida experimental é maior que o tempo de relaxação do sistema estudado, dado pela equação 1, observam-se diversas transições entre os dois estados de equilíbrio.

Se, por outro lado, temos um tempo de medida menor que o tempo de relaxação do sistema estudado, isso significa que, durante nossa medição experimental, o momento magnético da partícula ficará fixo, ou, como é mais habitual dizer, “bloqueado”, em um mínimo de energia.

Para ilustrar a diferença entre o comportamento magnético nesses dois estados, superparamagnético e bloqueado, aonde mostra duas curvas de magnetização em função do campo magnético aplicado ($M \times H$) para uma amostra de um filme granular de partículas de cobalto imersas numa matriz isolante de óxido de silício.

6. AS NANOTECNOLOGIAS E AS DESIGUALDADES SOCIAIS

Um dos assuntos mais discutidos e mais difíceis de discernir, de antemão, na crescente discussão sobre nanotecnologia, são seus possíveis efeitos nos países e setores mais pobres da população. Contrapõem-se posturas otimistas, que consideram a nanotecnologia uma panacéia, e posturas pessimistas, que supõem que a brecha entre ricos e pobres incrementar-se-á como resultado da difusão dessa tecnologia. O debate

sobre as distintas posturas, sustentado com argumentos teóricos e 13 informações empíricas, é fundamental para se chegar a uma visão equilibrada do fenômeno.

Os possíveis benefícios da nanotecnologia são impossíveis de calcular. Basta aqui realizar uma rápida referência a alguns dos mais prováveis. Na área da saúde, poderia aumentar a qualidade de vida e sua duração. Nanosensores incorporados ao próprio organismo, e viajando como se fossem vírus pelo sangue, poderão detectar doenças antes que se expandam, e combatê-las eficientemente.

As drogas não serão genéricas, mas específicas segundo a composição genética individual, o sexo, a idade, etc. Os mecanismos de envelhecimento poderão ser retardados e inclusive revertidos. Com sensores artificiais, a pessoa poderá se transformar em um ser biônico, melhorando suas capacidades biológicas e desenvolvendo outras.

O campo das próteses é também um dos mais promissores. Na área dos materiais, uma novidade são as nanopartículas inteligentes. Uma peça de roupa, por exemplo, poderá reagir às mudanças de temperatura, chuva, neve, sol, etc., mantendo o corpo sempre à temperatura programada.

Outra novidade são os nanotubos de carbono, cinquenta a cem vezes mais fortes que o aço e com 1/6 de seu peso, que além de possuírem grande condutividade, não perdem energia na transmissão. Terão impacto especial na indústria aeroespacial, na construção, indústria automotriz, eletrônica e muitas outras. A área da informática e comunicações será uma das primeiras e mais revolucionárias.

A combinação de sistemas computadorizados, laboratórios químicos, sensores em miniatura e seres vivos adaptados a funções específicas revolucionarão a medicina (lab-on-a-chip) e também será uma rápida solução a problemas históricos de contaminação.

Talvez pequenas bactérias providas de sensores sejam capazes de consumir corpos de água contaminados por metais pesados, ou descontaminar em tempo recorde a atmosfera terrestre. Nanocápsulas com sistemas combinados de sensores e aditivos revolucionarão as indústrias de lubrificantes, farmacêutica, filtros e outras.

Um exemplo das posturas otimistas é o recente relatório das Nações Unidas Millennium Project, Task Force on Science, Technology and Innovation (Innovation: applying knowledge in development, 2005). Este documento considera que a nanotecnologia será importante para o mundo em desenvolvimento, porque implica pouco trabalho, terra e manutenção; é altamente produtiva e barata; e requer modestas quantidades de materiais e energia (SciDevNet, 2005).

Entretanto, estas mesmas qualidades poderiam ser qualificadas como prejudiciais, uma vez que os países pobres dispõem justamente de abundante trabalho e, em muitos

casos, terra e recursos naturais. Refletindo de uma maneira puramente técnica e linear, poder-se-ia dizer que qualquer país pode entrar na onda da nanotecnologia.

Um esforço no financiamento público poderia criar as bases para estabelecer novas indústrias, ou estimular as empresas inovadoras já existentes para que fabriquem nano componentes específicos que satisfaçam necessidades concretas a um custo relativamente baixo. Tal parece ser a opinião de Salamanca-Buentello et alii (2005), autores de um artigo que tem recebido grande acolhida pela imprensa internacional (BRAHIC, 2005; CHOI, 2005), no qual se endossa a postura do relatório das Nações Unidas já mencionado.

Por outro lado, quando os autores identificam as opiniões críticas sobre a nanotecnologia com posturas antitecnológicas que piorarão a situação de pobreza, parecem ignorar que a tecnologia é apenas uma parte do quebra-cabeça. Podemos coincidir em que as doenças infecciosas são um dos principais problemas que enfrenta o mundo em desenvolvimento.

Porém, as formas de atingir sua solução podem ser radicalmente diversas. Não é necessária a nanotecnologia para, por exemplo, diminuir radicalmente a malária, como sugere os autores. É claro que nano sensores podem ajudar a limpar a água e nanocápsulas a dirigir mais eficientemente as drogas.

7. NANOTECNOLOGIA E O MEIO AMBIENTE: PERSPECTIVAS E RISCOS

Não há dúvida de que a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente.

Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana. Nos próximos parágrafos, analisaremos resumidamente os possíveis benefícios e perigos da nanotecnologia.

Na prevenção de poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente. Por exemplo, o uso de nanomateriais catalíticos que aumentam a eficiência e a seletividade de processos industriais resultaria num aproveitamento mais eficiente de matérias primas, com consumo menor de energia e produção de quantidades menores de resíduos indesejáveis.

A nanotecnologia vem contribuindo para o desenvolvimento de sistemas de iluminação de baixo consumo energético. Na área da informática, o uso de nanoestruturas de origem biológica pode oferecer uma estratégia alternativa para a fabricação de dispositivos microeletrônicos.

Ela também vem aprimorando o desenvolvimento de displays (como, por exemplo, monitores de computador ou displays dobráveis de plástico que podem ser lidos como uma folha de papel) que, além de serem mais leves e possuírem melhor definição, apresentam as vantagens da ausência de metais tóxicos na sua fabricação e de terem um consumo menor de energia.

No tratamento ou remediação de poluição, a grande área superficial das nano partículas lhes confere, em muitos casos, excelentes propriedades de adsorção de metais e substâncias orgânicas. A etapa subsequente de coleta das partículas e remoção de poluentes pode ser facilitada pelo uso, por exemplo, de nanopartículas magnéticas.

As propriedades redox e/ou de semicondutor de nanopartículas podem ser aproveitadas em processos de tratamento de efluentes industriais e de águas e solos contaminados baseados na degradação química ou fotoquímica de poluentes orgânicos. Num cenário futurístico, um exército de nanobots poderia ser utilizado para descontaminar microscopicamente locais de derrame de produtos químicos.

Na detecção e monitoramento de poluição, a nanotecnologia vem permitindo a fabricação de sensores cada vez menores, mais seletivos e mais sensíveis para a detecção e monitoramento de poluentes orgânicos e inorgânicos no meio ambiente.

Avanços em sensores para a detecção de poluentes implicam diretamente num melhor controle de processos industriais; na detecção mais precoce e precisa da existência de problemas de contaminação; no acompanhamento, em tempo real, do progresso dos procedimentos de tratamento e remediação de poluentes; num monitoramento mais efetivo dos níveis de poluentes em alimentos e outros produtos de consumo humano; na capacidade técnica de implementar normas ambientais mais rígidas, etc.

As mesmas características que tornam as nanopartículas interessantes do ponto de vista de aplicação tecnológica podem ser indesejáveis quando essas são liberadas ao meio ambiente. O pequeno tamanho das nanopartículas facilita sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração. Pode facilitar também a entrada e o acúmulo de nano partículas em células vivas.

De modo geral, sabe-se muito pouco ou nada sobre a biodisponibilidade, biodegradabilidade e toxicidade de novos nanomateriais. A contaminação do meio ambiente por nanomateriais com grande área superficial, boa resistência mecânica e atividade catalítica pode resultar na concentração de compostos tóxicos na superfície das nanopartículas, com posterior transporte no meio ambiente ou acúmulo ao longo da cadeia alimentar; na adsorção de biomoléculas, com conseqüente interferência em processos

biológicos in vivo; numa maior resistência à degradação (portanto, maior persistência no meio ambiente) e em catálise de reações químicas indesejáveis no meio ambiente.

Evidentemente, cabe à nossa comunidade avaliar continuamente as tecnologias em desenvolvimento nos laboratórios, do ponto de vista do seu potencial de risco, buscando conscientemente soluções e alternativas que eliminem ou minimizem os possíveis danos ao meio ambiente ou à saúde, principalmente daqueles que manipulam nanopartículas em nossos laboratórios.

8. AVANÇOS E DESAFIOS DA NANOTECNOLOGIA

Segundo o reporte Guedese, outros autores de artigos científicos sobre o assunto, são considerados nanomateriais aqueles cujos principais constituinte que têm pelos menos uma dimensão (altura, largura ou profundidade) entre 01 e 100 nanômetros. Para se ter ideia do tamanho do nanômetro, basta lembrar que um metro equivale a um bilhão de nanômetros e que um milímetros tem um milhão de nanômetros.

A FUNDACENTRO explica que em uma escala comparativa de 01 nanômetro (nm) e equivalente a 01 bilionésimo de metro e que o átomo de hidrogênio tem 01 (nm), o DNA 02 (nm), o vírus 75-100 (nm), a proteínas 05-50 (nm) e a bactéria com 1.000-10.000 (nm).

A Revista Proteção afirma sobre com o avanço no conhecimento sobre nanomateriais que vem provocando uma onda de inovações que se espalha em diversos segmentos das indústrias, sendo alguns deles afirmada por Lens e Silva e a Agencia Brasileira de Desenvolvimento industrial, que na indústria de tintas, aonde usa nanotitânio e oxido de titânio nanométrico para aumentar a durabilidade da tinta na construção em materiais, a empresas pesquisam a inserção de nanotubos de carbono no cimento para aumentar a resistência e inserir condutividade elétrica no concreto; na indústria cosmética os protetores solares, produtos para recuperação da pele e produtos para maquiagem; na indústria têxtil os tecidos resistentes a sujeiras, tecidos antibacterianos, na energia o sistema fotovoltaicos (de painéis solares), pás para geradores eólicos e na indústria automotiva as pinturas especiais, que não riscam; tecidos antibacterianos.

Mas também são as dimensões manométricas motivo de preocupação de pesquisadores e prevencionistas quanto aos riscos oferecidos pelos nanomateriais aos trabalhadores que lidam com eles nas linhas de produção. Já que substancias químicas tão pequenas podem facilmente se propagar pelo ar e serem inaladas, e penetrar pela pele ou serem ingeridas. Como essas tecnologias ainda são recentes, a ciência ainda sabe pouco sobre as consequências desse tipo de contaminação. Por isso, pesquisadores, governos e profissionais de SST enfrentam hoje o desafio de desenvolver sistemas de

produção e criar normas legais capazes de proteger o trabalhador de uma ameaça tão pequena quanto desconhecida.

Pesquisadores da fundação Oswaldo cruz, e Willian Waissmenn, descrevem que só tamanho dos nanomateriais já suscitam dúvidas sobre a possibilidade de contaminação dos trabalhadores e seus reflexos para a saúde. O problema é que, em nanoescala, uma substância química pode se comportar de maneira diferente da conhecida em escala maior, podendo, exemplo, ser mais tóxica. E neste caso, se dividida em partículas menores, as substancias têm mais superfície para reagir em contato com o mundo externo. E essa versatilidade das substancias químicas proporcionada pela redução de tamanho é a chave da importância que a nanotecnologia vem ganhando no mundo, atraindo pesquisadores para o desenvolvimento de tecnologias empregadas em cosméticos, tintas, embalagens, medicamentos, aparelhos eletrônicos, entre outros. Praticamente não há ramo de atividade em que a nanotecnologia não esteja presente, observa Arline Arcuri, pesquisadora da FUNDACENTRO.

9. CONCLUSÃO

O presente trabalho procurou apresentar resumidamente a questão da nanotecnologia. Podemos apresentar a nanotecnologia como o estudo que manipula a matéria em uma escala tanto molecular como também atômica. Dessa forma, é uma junção entre a tecnologia e a ciência, que possibilita o estudo dos materiais manométricos e a formação de novos processos, produtos e materiais por meio da nossa capacidade extremamente moderna e eficaz para manipular e analisar moléculas e átomos de uma forma geral.

A nanotecnologia hoje engloba muitas áreas de pesquisa, dos diversos setores da indústria e das áreas estratégicas como na medicina. Um dos grandes problemas que poderá ser gerado pela nanotecnologia é a nanopoluição, gerada por nanomateriais ou durante a confecção desses. Esse tipo de poluição, composta por nanopartículas, pode ser mais perigosa do que a poluição existente no planeta, uma vez que pode flutuar facilmente pelo ar viajando por grandes distâncias. Pelo fato dos nanopoluentes não existirem na natureza, provavelmente as células não terão as armas necessárias para lidar com eles, provocando danos ainda não conhecidos.

O tema é amplo, complexo, delicado e inovador, requerendo pesquisas científicas e larga escala. Sendo assim, este artigo é apenas um pequeno passo neste universo acadêmico. Não temos a pretensão de esgotar o assunto, até por que pretendemos dar sequência na pesquisa em outros artigos e pesquisas.

10. REFERÊNCIAS

BORSCHIVE, Suzana. **Patenteamento em Nanotecnologia: Estudo do Setor de Materiais Poliméricos Nanoestruturados**. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 2005.

CAPPARELLI, Luiz Henrique. **Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação**. São Paulo: Livro biblioteca visual FAPESP, 2006.

FALLEIROS, João Paulo Barbosa. **Aplicações da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento de câncer**. Nucleus, v.8, n.1, abr, 2011.

FERNANDES, Maria Fernanda Marques. **Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios)**. Rio de Janeiro – RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

GUEDES, Joao. **Risco Desconhecido**. Artigo online: Revista Proteção, 2014.

INVERNIZZI, Noela. **As nanotecnologias como solução da pobreza? Brasília: Inclusão Social**, 2006.

OLIVEIRA, Cida. **Impactos da nanotecnologia na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente preocupam especialistas**. Artigo online: Rede Brasil Atual, 2009.

QUINA, Frank. **Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos**. São Paulo: CARTA AO EDITOR, Scielo, 2004.

RAMOS, BetinaGiehl Zanetti. **O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos**. Florianópolis – SC: Universidade Federal de Santa Catarina Campus Universitário, 2008.

SILVA, Tania Elias Magno da **Nanotecnologias, alimentação e biocombustíveis: um olhar transdisciplinar**. Aracaju: Editora criação, 2014.