

Nota Técnica nº 1/2018/FUNDACENTRO

Assunto: Os desafios da Saúde e Segurança do Trabalho (SST) para uma produção segura com o uso de nanotecnologias

Introdução

A nanotecnologia permite a criação de materiais em escala nanométrica de aproximadamente 1 a 100 nanômetros, sendo que 1 nanômetro equivale a 1 bilionésimo do metro. Partículas nesta escala apresentam propriedades químicas, físicas e atividade biológica, diferentes de materiais em escalas superiores; por exemplo, os pontos de ebulição, cor, dureza, reatividade química, toxicidade dos materiais mudam quando estes estão em nanoescala (NIOSH, 2008; FUNDACENTRO, 2008).

Nanotecnologia afeta todos os aspectos da vida através de inovações que permitem, por exemplo, materiais mais fortes e leves para melhor economia de energia; medicamentos específicos para o tratamento efetivo do câncer; água potável limpa e acessível no mundo todo; computadores velozes e com grande capacidade de armazenamento; superfícies auto limpantes; monitores de saúde portáteis; painéis solares mais eficientes; embalagens de alimentos e seu monitoramento; regeneração da pele, ossos e células nervosas para uso na medicina; janelas inteligentes com controle de claridade para economia de energia; concreto (nanocimento) que seca mais rapidamente e possui sensores para detectar rachaduras e corrosões nas estradas, pontes e edifícios (NSTC, 2016).

Por possuir uma abrangência tão grande e diversa, o que há em comum em todas estas áreas é a manipulação da matéria na escala nanométrica, mas os impactos são bem diferentes em cada setor. Alguns talvez sejam até positivos, na medida em possibilitam a criação de novos materiais e até novas soluções para problemas ambientais, econômicos, de saúde, mas já estão provocando e ainda poderão ter consequências até o momento desconhecidas, nas relações sociais, de trabalho, no meio ambiente e para a saúde dos trabalhadores e do público em geral. Como exemplos podem ser citados: novas doenças, inclusive de ordem psicológica, devido à precarização do trabalho em algumas atividades ou ainda ao trabalho virtual que exige grande envolvimento intelectual; novas formas de relação de trabalho; ocupações extintas especialmente devido à robotização; surgimento de novas ocupações com necessidade de maior formação; novas formas de produção devido às impressoras 3D, robotização, etc.; novos materiais para aplicações as mais diversas.

A FUNDACENTRO iniciou estudos e ações nesta área, a partir do final de 2006, e em 2007 teve início o projeto: “Estudo preliminar dos impactos da nanotecnologia para a saúde dos trabalhadores”. Atualmente a proposta é mais abrangente e o projeto é denominado: “Impactos da nanotecnologia e outras novas tecnologias na saúde dos trabalhadores e no meio ambiente”. Nos últimos anos foram feitos estudos bibliográficos, produzido material didático em forma de histórias em quadrinhos, textos em livros, trabalhos científicos, eventos, palestras em diferentes locais e para diferentes públicos. O objetivo do projeto de nanotecnologia da instituição, agora abrangendo outras novas tecnologias, é o de identificar e avaliar os impactos destas tecnologias

sobre a saúde dos trabalhadores, meio ambiente, inclusive sobre as relações de trabalho, propor possíveis medidas de controle e divulgar estes conhecimentos através de diferentes formas de comunicação (FUNDACENTRO, 2013). E é com esta preocupação que esta NOTA TÉCNICA está sendo emitida: informar a sociedade sobre os possíveis riscos especialmente da nanotecnologia à saúde do trabalhador, destacar diversos aspectos a serem observados e recomendar ações para evitar ou ao menos minimizar os possíveis riscos advindos destas novas tecnologias.

Desenvolvimento

Toxicidade

Pelo fato dos materiais apresentarem comportamento muito diferente em nanoescala, comparado ao mesmo produto em escala maior, e esta diferença também ocorrer em relação à interação das nanopartículas com seres vivos, houve o desenvolvimento de uma subespecialidade da toxicologia: a nanotoxicologia. Trata-se da toxicologia das nanopartículas (partículas <100 nm) que aparentam ter alguns efeitos tóxicos não usuais e diferentes das partículas da mesma substância, mas de tamanho maior. Como as nanopartículas são da mesma escala de tamanho dos componentes celulares típicos e das proteínas, tais partículas são suspeitas de escapar das defesas naturais do organismo humano e podem levar a danos celulares permanentes. As células dos tecidos humanos podem absorver muitas nanopartículas e esta habilidade tem sido aproveitada para desenvolver medicamentos com princípios ativos em nanoescala. Mas esta habilidade também pode facilitar a entrada de materiais tóxicos para dentro das células.

A toxicidade dos nanomateriais - ou de materiais fabricados intencionalmente pelo homem - está condicionada ao tipo de material, tamanho, forma, tipo de ligação, revestimento, solubilidade e atividade biológica associada a estímulos externos. A diferença de toxicidade das nanopartículas, também conhecidos como partículas ultrafinas (<100 nm), foi observada por vários pesquisadores, que demonstraram uma toxicidade maior que as partículas finas (<2.5 µm) de um mesmo material, na mesma quantidade. Isto foi observado em diferentes tipos de nanopartículas como dióxido de titânio, trióxido de alumínio, carbono, cobalto e níquel (NIOSH, 2013; MIT; WHO, 2017).

Publicação de 2017 do NanoReg¹ coloca que uma das hipóteses mais importantes para a toxicidade nanoespecífica é o aumento da reatividade superficial dos nanopartículas devido à sua proporção superfície-volume relativamente grande e, às vezes, à modificação da superfície, também. Devido a essa relação e alguma funcionalidade específica, a reatividade das nanopartículas pode ser aumentada em comparação com mesmo material em escala maior. Essa reatividade pode desencadear a geração de espécies reativas de oxigênio (ROS), levando ao estresse oxidativo e subsequente inflamação nos tecidos biológicos. (GOTTARDO et al., 2017, pg 86).

Com o crescente aumento de nanopartículas manufaturadas, é também cada vez maior a preocupação com possibilidade delas provocarem câncer. Alguns artigos procuram sugerir possíveis mecanismos que podem levar ao desenvolvimento do câncer, no

¹ O projeto NANOREG foi criado pela União Europeia para coletar e promover estudos sobre nanomateriais a fim de subsidiar gestores com dados para regulação da produção e manuseio destes produtos (FUNDACENTRO, 2017)

intuito, inclusive de, se possível, através do conhecimento destes mecanismos, prever esta condição já no projeto do nanoproducto, de forma a preveni-lo, em especial pela proibição do produto ou com medidas efetivas para evitar o desenvolvimento da doença. Estes estudos são campo da nanogenotoxicologia, que estuda o efeito das nanopartículas manufaturadas sobre o DNA. Aprofundamento destas propostas de mecanismo, ainda não bem entendido, podem ser encontradas em Azqueta e Dusinska (2015), Gonzalez e col. (2017); Stocco e col. (2013).

A IARC (Agência de pesquisa em câncer da Organização Mundial da Saúde) já reconheceu algumas nanopartículas no grupo 2B, possivelmente cancerígenas: nanotubos de carbono do tipo MWCNT-7 (IARC, 2017); negro de fumo com destaque a presença de partículas ultrafina (nanopartículas) na mistura (IARC, 2010, pg 190); dióxido de titânio também com a citação de que estudos que usaram partículas ultrafinas ou em nanoescala indicaram maior toxicidade em relação às partículas finas usadas em estudos anteriores (IARC, 2010, pg. 254).

Rotas de exposição à nanomateriais

Inalação de nanomateriais

Como para a maioria das substâncias químicas, a introdução no organismo dos nanomateriais, na forma de nanopartículas que podem estar dispersas nos ambientes de trabalho, ocorre principalmente pela inalação.

As nanopartículas podem se translocar para o sistema circulatório e se distribuir pelo organismo. Quanto menor for o tamanho, maior a facilidade de ocorrência deste fenômeno. Mas a translocação (deslocamento entre as células do corpo humano) pode ocorrer também por outras vias como o fluido cérebro espinhal, transposição da barreira hematoencefálica, etc. Pode se translocar através do nervo olfativo até o sistema nervoso central. Desta forma, uma vez no corpo alguns tipos de nanopartículas podem apresentar a habilidade de deslocar-se e se distribuir por outros órgãos, incluindo o sistema nervoso central (COHEN et al., 2014; WAISSMANN, 2013; YOKEL e MACPHAIL, 2011; MÜHLFELD, GEHR, e ROTHEN-RUTISHAUSER, 2008). Nanopartículas de prata, de albumina e de carbono, todas mostraram disponibilidade de distribuição sistêmica após a exposição por inalação.

Atualmente, a inalação de partículas biopersistentes e fibras com uma morfologia semelhante ao amianto é o maior perigo para a saúde, possivelmente resultando em inflamação local e câncer (WHO, 2017).

Quantidades significativas de nanopartículas marcadas de C13 (carbono 13) (22-30 nm de diâmetro) foram encontradas no fígado de ratos 6 horas após a inalação de 80 a 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dióxido de titânio em nanoescala mostrou diferentes propriedades em relação à micro escala do mesmo material nos testes de toxicidade nos pulmões. O dióxido de titânio entre 14 e 40 nm produziu câncer de pulmão em ratos com doses de 10 mg/m^3 ; o pó em micro escala produziu câncer apenas em altas dosagens (250 mg/m^3).

Devido esta variabilidade de comportamento dos materiais em escala nanométrica, ainda há poucos limites de exposição recomendados. O National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), agência norte americana de pesquisa focada

no estudo da segurança e da saúde dos trabalhadores e capacitação dos empregadores e dos trabalhadores para criar locais de trabalho seguros e saudáveis, tem algumas recomendações de valores limites de exposição ocupacional. Recomenda concentração de 2.4 mg/m^3 para TiO_2 fino e 0.3 mg/m^3 para TiO_2 ultrafino (incluindo as nanopartículas produzidas intencionalmente) para jornada de até 10 horas por dia durante uma semana de trabalho de 40 horas. Recomenda que exposições a nanotubos de carbono e nanofibras de carbono sejam mantidas abaixo de $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ na fração respirável (EASTLAKE et al., 2016).

Já Van Broekhuizen propõe alguns valores de referência baseados na descrição dos tipos de nanomateriais, sendo que o valor mais restritivo são para nanofibras rígidas, biopersistentes para as quais não se exclui efeitos similares ao amianto (VAN BROEKHUIZEN et al., 2012).

Publicação da Organização Mundial da Saúde de 2017 (WHO, 2017) traz uma lista de limites de exposição ocupacional propostos por vários autores e instituições. São limites propostos por diferentes critérios.

Contato com a pele

Sobre o contato com nanopartículas, vários estudos mostram diferentes resultados sobre a penetração na pele. Alguns indicam que alguns tipos penetram apenas as camadas superiores da epiderme, e outros encontram nanopartículas em camadas inferiores e até em outros locais do organismo como o fígado ou baço.

Alguns estudos apontam que na pele íntegra, para ocorrer penetração, as partículas devem ser muito pequenas, da ordem de 5 a 7 nm. Outros estudos indicam que a possibilidade de penetração depende de vários fatores além do tamanho: forma, diâmetro, carga superficial, estado de agregação, se a nanopartícula está funcionalizada ou não, o que significa, adição de um material de revestimento que dá à partícula funções específicas e outros parâmetros (BAROLI, 2010, apud WAISSMANN, 213, pg 817).

Mas as nanopartículas podem penetrar de várias formas. Por exemplo, nanopartículas de dióxido de titânio, usadas frequentemente em protetores solares podem ter acesso às partes internas do corpo através dos folículos de cabelo, feridas e lesões. A penetração pode se dar intercelularmente, intracelularmente e também através do folículo capilar. A flexão da pele também facilita a penetração. (YOKEL e MACPHAIL, 2011). A radiação ultravioleta pode aumentar a penetração (MORTENSEN e col. 2008).

Ingestão de nanomateriais

Pode ocorrer absorção de nanopartículas pelo trato gastrointestinal. Elas podem se translocar, se deslocar pela parede epitelial e este fenômeno depende, como nos outros meios, das características das nanopartículas, assim como da própria fisiologia do trato gastrointestinal (WAISSMANN, 2013).

Avaliação e controle dos possíveis impactos à saúde dos trabalhadores

Devido a todas as alterações de comportamento que os materiais em nanoescala podem apresentar um material que pode ser considerado razoavelmente “seguro” para ser manuseado em tamanho maior, pode com mais facilidade penetrar na pele na forma de nanopartícula ou se tornar um aerossol e entrar no organismo pela via respiratória.

Para que seja possível fazer a caracterização do risco e desencadear medidas de controle, é necessário em primeiro lugar conhecer as características do nanomaterial. Aqui tem início uma das dificuldades, pois há ainda pouca informação sobre a ação da maior parte dos nanomateriais, especialmente as nanopartículas, como já apresentado.

Deve-se começar com a coleta de informações básicas no local de trabalho: fluxos de trabalho, pessoal e tarefas; materiais utilizados, ficha de dados de segurança; revisão de literatura, antecipação e reconhecimento de perigos e outros indicadores de situações de exposição em potencial.

A segunda etapa da caracterização do risco envolve a avaliação da exposição. Esta etapa não é simples e segundo o *Nanomaterial Exposure Assessment Technique* (NEAT 2.0) proposto pelo NIOSH são necessárias pelo menos duas coletas de amostras de ar com objetivos diferentes. Estas são coletadas simultaneamente, uma para ser analisada quanto à concentração de massa elementar e a outra a ser analisada com microscopia eletrônica para características físicas (por exemplo, forma, tamanho, identificação). Há ainda necessidade de discriminação entre as partículas já existentes no ambiente e as partículas produzidas na atividade a ser avaliada. Este processo quantitativo apresenta outro desafio. Os resultados encontrados em avaliações quantitativas são em geral comparados com limites de exposição sugeridos, que são ainda inexistentes para nanopartículas. No texto sobre o NEAT 2.0 do NIOSH há alguns limites sugeridos para o óxido de titânio, nanotubos e nanofibras de carbono. Alguns autores sugerem limites baseados especialmente no formato da partícula como Van Broekhuizen.

Uma alternativa é a utilização de um método desenvolvido para conduzir avaliação qualitativa de risco visando à tomada de medidas de proteção aos trabalhadores, para pequenas empresas que não podem ter o apoio de especialistas, conhecido como controle por faixas ou *control banding*, em inglês (RIEDIKER et al. 2012; ANDRADE, 2013; SCHMIDT, 2017).

Para o controle do risco deve ser aplicada a hierarquia de controle proposta na higiene ocupacional, levando-se em conta as especificidades do nanomaterial utilizado (NIOSH, 2013). Por exemplo, não basta a instalação de ventilação local exaustora. É necessário que o material exaurido, segundo recomendação do NIOSH (2007), seja captado por um sistema contendo um filtro tipo HEPA, que é considerado um dos melhores filtros para retenção de material particulado.

Destaca-se a necessidade de se considerar aqui o princípio da precaução: na falta de informações, uma substância ou situação deve ser considerada perigosa até que sejam obtidas evidências concretas que afastem esta suposição inicial.

Mudanças nas práticas de gestão e organização do trabalho

Além dos riscos da toxicidade dos materiais ou originados no seu processo de produção, as tecnologias emergentes proporcionam mudanças organizacionais significativas no ambiente de trabalho, ora em razão das peculiaridades para sua produção, ora pela aplicação destas tecnologias nos postos de trabalho.

É preocupação efetiva da SST, levar em consideração durante o reconhecimento, avaliação e controle dos riscos, fatores ambientais que podem causar lesão, doença ou inaptidão, ou ainda outros fatores que possam afetar o bem-estar dos trabalhadores e da comunidade (OHSAS 18001:2007). São justamente estes fatores que afetam o bem-estar dos trabalhadores e da comunidade que estão alguns dos riscos enumerados a seguir.

Que a precarização do trabalho é um risco ao bem-estar do trabalhador e de seus dependentes, isto é notório. Entretanto, a tipologia da “precarização” está diretamente ligada ao despreparo de empregadores e empregados para lidar com novos momentos econômicos, como o que se vive com a inserção da nanotecnologia. Este fenômeno pode ocorrer na convergência de diferentes aspectos: na estruturação ou desestruturação do mercado de trabalho; na mudança do papel do Estado e sua proteção social; na mudança das práticas de gestão e organização do trabalho; na fragilização da representação sindical (DRUCK, 2012).

Destacam-se dois aspectos que podem estar ligados diretamente à inserção da nanotecnologia, são elas: a desestruturação do mercado de trabalho e a mudança das práticas de gestão e organização do trabalho.

No primeiro aspecto escolhido encontra-se o desemprego tecnológico que pode ser gerado pelo emprego direto ou indireto da nanotecnologia, desempregando aqueles que forem julgados inaptos para trabalharem com a adaptação tecnológica feita ou simplesmente na redução do número mínimo de trabalhadores por posto. Isto tende a aumentar o desemprego na sociedade e conseqüentemente a despesa do Estado com estes trabalhadores. Por outro lado, um trabalhador desempregado impacta na renda familiar e no acesso a bens, tendendo a aumentar a desigualdade social com efeitos negativos à saúde, e a ocorrência de transtornos mentais e de comportamento (OLIVIER e col. 2011).

No segundo aspecto escolhido encontra-se a insegurança gerada pelo uso das novas tecnologias – a exemplo da nanotecnologia – na transformação dos postos de trabalho e que pode compor fatores estressores em razão dos processos – internos e externos – de (re)qualificação para ocupar postos de trabalho, a intensificação do trabalho em razão da diminuição do número mínimo e o risco iminente da perda do emprego. Neste contexto, mesmo não havendo a imediata perda do emprego, o trabalhador se vê diante da tensão da adaptação as novas condições, o que pode levar a imperícia ou imprudência nas atividades laborais, aumentando o risco de acidentes e exposições a fatores de risco a saúde, elevando o índice de afastamentos e absenteísmo, inclusive e especialmente, pela ocorrência dos mesmos transtornos mentais e de comportamento vistos acima (SILVA e col. 2015; BEZERRA, ASSIS e CONSTANTINO, 2016).

Destaques e Recomendações

As diretrizes de gestão de SST que preveem que a participação dos trabalhadores constitui um elemento essencial do sistema de gestão da SST na organização (PONTES, 2015), desta forma esta participação torna-se ponto central das ações de segurança e saúde no trabalho e deve ser adotada na busca da uma produção segura de nanomateriais.

A avaliação da sustentabilidade dos nanomateriais, produtos nano-habilitados e nanotecnologias devem levar em consideração os impactos no meio ambiente, saúde e segurança dentro do ciclo de vida do nanomaterial ou do produto a que ele está agregado. O ciclo de vida genérico dos nanomateriais compreende a extração do material; planejamento e produção; embalagem e distribuição; uso e manutenção; e descarte (GOTTARDO, 2017). É importante ressaltar, que o trabalhador tem uma exposição constante e por diferentes vias nos estágios deste ciclo o que torna necessária uma avaliação dos riscos não apenas de forma ampla, mas também de casos específicos.

A informação é a arma principal diante das incertezas. As empresas produtoras e importadoras de nanomateriais e que promovem a transformação tecnológica de postos de trabalho devem adotar para todos os funcionários sessões rotineiras de informação, se possível com a distribuição de material informativo, em linguagem acessível.

A (re)qualificação dos funcionários deve anteceder a transformação tecnológica dos postos de trabalho ou a adoção de nanomateriais nos processos de produção e manipulação, com tempo hábil para que o funcionário possa adaptar-se a nova rotina da organização ou mesmo se recolocar no mercado de trabalho.

Os processos de (re)qualificação e sessões de informação devem abordar conhecimentos sobre Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamento de Proteção Individual (EPI) adequados à proteção contra a inalação, ingestão e contato com a pele de nanomateriais; primeiros socorros em caso de exposição; planos de contingenciamento e rotas de fuga.

Os trabalhadores e a CIPA, quando houver, e na sua ausência o membro cipeiro designado pelo empregador, têm o direito de saber sobre as mudanças dos processos industriais e quais são os produtos nanomanufaturados da empresa e devem participar ativamente na implantação de medidas de prevenção relacionadas a eles, no acompanhamento da (re)qualificação e nas sessões de informação promovidas. Deve-se possibilitar a apropriação de novos conceitos da ciência aplicados à nanotecnologia, o conhecimento sobre os efeitos possíveis decorrentes da exposição ocupacional, para capacitar os trabalhadores para que possam contribuir de forma mais efetiva com o objetivo de prevenção.

Pelo fato de ainda serem desconhecidos todos os possíveis danos aos quais os trabalhadores podem estar expostos, eles devem ser acompanhados com ações de vigilância às suas saúdes de forma abrangente. Todas as queixas devem ser valorizadas e investigadas. Com base nas recomendações do NIOSH (2009) devem ser seguidas as seguintes etapas:

- Realização de exame médico inicial e coleta de histórico médico e ocupacional;

- Exames médicos periódicos em intervalos regularmente programados, incluindo testes específicos quando justificados;
- Exames médicos mais frequentes e detalhados, conforme indicado com base nos resultados desses exames;
- Exames pós-incidentes e exame médico após aumento descontrolado ou não rotineiro em exposições como derrames;
- Capacitação dos trabalhadores para reconhecerem sintomas que podem advir da exposição em atividades com nanomateriais;
- Elaboração de relatório escrito sobre os achados médicos; e,
- Estabelecimento das ações do empregador em resposta à identificação de perigos potenciais.

As nanotecnologias e suas convergências com outras tecnologias emergentes – Neurociências, biotecnologia, tecnologia da informação e das comunicações – tende a ser algo irreversível, o que pode gerar um grande número de perigos desconhecidos. Por esta razão considera-se a existência de duas formas de aplicação do princípio da precaução (STEBBING, 2009): a primeira forma chamada de restrita, baseada na premissa de “primeiramente, não cause danos”, onde é preferível a inatividade, ou seja, a “não ação” quando a ação pode representar um risco. E a segunda forma chamada de forma ativa que tem como premissa o “fazer mais e não menos”, aplicando esforços adequados para mitigar riscos, escolhendo alternativas mais ponderadas quando estiverem disponíveis e assumindo a responsabilidade por riscos potenciais.

No contexto desta nota técnica, aconselha-se o uso da forma ativa do princípio da precaução que envolve os seguintes fundamentos:

- Devem ser tomadas ações de precaução antes mesmo da certeza científica sobre causas e efeitos;
- Devem ser definidas metas;
- Devem ser pesquisadas e avaliadas alternativas;
- Os encargos da prova sobre a segurança e as responsabilidades financeiras devem recair sobre os proponentes da nova tecnologia;
- Deve ser estabelecido o dever de monitorar, compreender, investigar, informar e agir;
- Deve ser fomentado o desenvolvimento de métodos e critérios de tomada de decisão mais democráticos (i.e. participação).

Bibliografia

ANDRADE, L. R. B. *Sistemática de ações de segurança e saúde no trabalho para laboratórios de pesquisa com atividades de nanotecnologia*. 2013. Tese de doutorado. Engenharia de Produção. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/TESE_ANDRADE-LRB%20MAR2%202014\(2\).pdf](http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/TESE_ANDRADE-LRB%20MAR2%202014(2).pdf)>. Acesso em: 05 fev. 2018

AZQUETA, A.; DUSINSKA, M. *The use of the comet assay for the evaluation of the genotoxicity of nanomaterials*. *Front Genet.* 6: 239. 2015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4498100/>>. Acesso em: 21 dez. 2017

BEZERRA, C. M., ASSIS, S. G., CONSTANTINO, P. *Psychological distress and work stress in correctional officers: a literature review*. *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 21, no. 7, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-81232016000702135&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 05 fev. 2018

COHEN, J. M. et al. *Tracking translocation of industrially relevant engineered nanomaterials (ENMs) across alveolar epithelial monolayers in vitro*. *Nanotoxicology*. 2014 August ; 8(0 1): 216–225. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4387897/>>. Acesso: em 19 dez. 2017

DRUCK, G. *Trabalho, precarização e resistências: novos e velhos desafios?* *Caderno CRH*, v. 24, n. 1, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ccrh/v24nspe1/a04v24nspe1>>. Acesso em: 02 fev. 2018

EASTLAKE, A. C. et al. *Refinement of the Nanoparticle Emission Assessment Technique into the Nanomaterial Exposure Assessment Technique (NEAT 2.0)*. *J Occup Environ Hyg*. Sep; 13(9): 708–717. 2016. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4956539/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

FUNDACENTRO. *NANOREG lança repositório de dados e disponibiliza relatório final sobre os efeitos dos nanomateriais na saúde humana e meio ambiente*. 2017. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/inicio>>. Acesso em: 05 fev. 2018

FUNDACENTRO. *Nanotecnologia segura no ambiente de trabalho*. Tradução texto do NIOSH: *Safe Nanotechnology in the Workplace*. 2008. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/2008-112port.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2017

FUNDACENTRO. *Projeto institucional*. 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/sobre-o-projeto-institucional>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

GONZALEZ, L. et al. *Towards a New Paradigm in Nano-Genotoxicology: Facing Complexity of Nanomaterials' Cellular Interactions and Effects*. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*. Volume 121, Issue S3. Pgs 23–29. 2017. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/bcpt.12698/full>>. Acesso em: 21 dez. 2017

GOTTARDO, S. et al. *NANoREG framework for the safety assessment of nanomaterials*. Joint Research Centre (JRC) for Policy report. EUR 28550 EN 2017. Disponível em: <<http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC105651/kjna28550enn.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans VOLUME 93 Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc*. 2010. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol93/mono93.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2017

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. *Some nanomaterials and some fibres. volume 111. iarc monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. 2017. Disponível em:

<<https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol111/mono111.pdf>>. Acesso em 19 dez. 2017

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY - MIT Environment, Health & Safety Office. *Nanomaterials Toxicity*. Disponível em: <<https://ehs.mit.edu/site/nanomaterials-toxicity>>. Acesso em: 13 dez. 2017

MORTENSEN, L. J., OBERDÖRSTER, G., PENTLAND, A.P., DELOUISE, L. A. *In vivo skin penetration of quantum dot nanoparticles in the murine model: the effect of UVR*. Nano Lett. 8:2779–2787.2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4111258/>>. Acesso em: 02 fev. 2018

MÜHLFELD, C., GEHR, P., ROTHEN-RUTISHAUSER, B. *Translocation and cellular entering mechanisms of nanoparticles in the respiratory tract*. Swiss Med Wkly. Jul 12;138(27-28):387-91. 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18642134>>. Acesso em: 13 dez. 2107

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Safe Nanotechnology in the Workplace*. 2008. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2008-112/pdfs/2008-112.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2107

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Current strategies for engineering controls in nanomaterial production and downstream handling processes*. 2013. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2014–102. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-102/pdfs/2014-102.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Interim Guidance for Medical Screening and Hazard Surveillance for Workers Potentially Exposed to Engineered Nanoparticles*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2009–116. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2009-116/pdfs/2009-116.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2018

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Occupational Exposure to Carbon Nanotubes and Nanofibers*. 2013. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-145/pdfs/2013-145.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2017

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH – NIOSH. *Progress Toward Safe Nanotechnology in the Workplace*. 2007. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018

NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY COUNCIL - NSTC. *National nanotechnology initiative strategic plan*. 2016. Disponível em: <http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/2016-nni-strategic-plan.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2017

OHSAS 18001:2007 - *Sistemas de gestão da segurança e da saúde do trabalho – Requisitos*. Série da Avaliação da Saúde e da Segurança do Trabalho. Tradução Portuguesa. Disponível em:
<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/7319/2/Anexo%20I%20OHSAS180012007_pt.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2018

OLIVIER, M.; PEREZ, C. S.; BEHR, S. da C. F.. *Trabalhadores afastados por transtornos mentais e de comportamento: o retorno ao ambiente de trabalho e suas consequências na vida laboral e pessoal de alguns bancários*. Rev. adm. contemp., Curitiba, v. 15, n. 6, p. 993-1015, Dec. 2011. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-6552011000600003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 ago. 2017.

PONTES, J. M.; BONINI, L. M. de M. (Orient.). *O tripartismo e as políticas públicas de segurança e saúde no trabalho*. 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas) - Universidade de Mogi das Cruzes, Mogi das Cruzes, 2015.

RIEDIKER, M. et al. *Development of a Control Banding Tool for Nanomaterials*. Journal of Nanomaterials, Volume 2012, Article ID 879671, 8 pgs. Disponível em:
<<https://www.hindawi.com/journals/jnm/2012/879671/>>. Acesso em: 05 fev. 2018

SCHMIDT, J. R. A. *Avaliação de risco envolvendo a manipulação de nanomateriais em um laboratório de pesquisa*. Dissertação de mestrado. Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. 2017. Disponível em:
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176917/346686.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 fev. 2018

SILVA, J. L. L. et al. *Fatores psicossociais e prevalência da síndrome de burnout entre trabalhadores de enfermagem intensivistas*. Rev. Bras. Ter. Intensiva, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 125-133, Junho 2015. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-507X2015000200125&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 ago. 2017.

STEBBING, M., *Avoiding the Trust Deficit: Public Engagement, Values, the Precautionary Principle and the Future of Nanotechnology*. Journal of Bioethical Inquiry 6, 37-48. 2009. Disponível em:
<<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11673-009-9142-9>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

STOCCORO, A. et al. *Epigenetic effects of nano-sized materials*. Toxicology. 8;313(1):3-14. 2013. Resumo disponível em:
<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23238276>>. Acesso em: 21 dez. 2017

VAN BROEKHUIZEN, P. et. al. *Workplace exposure to nanoparticles and the application of provisional nanoreference values in times of uncertain risks*. J Nanopart Res 14:770. 2012. Disponível em:
<https://www.ser.nl/~media/db_deeladviezen/2010_2019/2012/b30802/b30802_achtergrond.ashx>. Acesso em: 13 dez. 2017.

WAISSMANN, W. et al. *Impactos das nanotecnologias sobre a saúde e a segurança dos trabalhadores*. In: MENDES, René (Org.). *Patologia do trabalho*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013. Cap. 27. p. 809-830.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. *WHO Guidelines from potential risks on protecting workers of manufactured nanomaterials*. 2017. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/inicio>>. Acesso em: 13 dez. 2107

YOKEL, R. A.; MACPHAIL, R. C. *Engineered nanomaterials: exposures, hazards, and risk prevention*. *J Occup Med Toxicol*. 6: 7. 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3071337/>>. Acesso em: 13 dez. 2107

À consideração superior.

São Paulo, 09 de março de 2018.

Arline Sydneia Abel Arcuri
Pesquisadora titular III

Coordenadora do projeto: Impactos da nanotecnologia e outras novas tecnologias na saúde dos trabalhadores e meio ambiente

De acordo, encaminhe-se à presidência.
São Paulo, 09/03/2018

Robson Spinelli Gomes
Diretor Técnico

De acordo.
São Paulo, 09/03/2018

Leonice Alves da Paz
Presidente

1ª Correção e Revisão: 19 jul. 2018