



LOS DESAFÍOS EN SALUD Y SEGURIDAD DEL TRABAJO (SST) PARA UNA PRODUCCIÓN SEGURA CON USO DE NANOTECNOLOGÍAⁱ

THE CHALLENGES IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY (SST) FOR SAFE PRODUCTION WITH THE USE OF NANOTECHNOLOGY

GRUPO DE DISCUSIÓN DE NANOTECNOLOGÍA, FUNDACENTRO/ MT, BRASIL

Resumen: Fundacentro, institución del Ministerio de Trabajo de Brasil, Sede Centro Técnico Nacional en Sao Paulo, publica una nota técnica de alerta como parte de su esfuerzo en promover la salud y seguridad de los trabajadores y trabajadoras. El documento fue desarrollado en el ámbito del proyecto de investigación "Impactos de las nanotecnologías y otras nuevas tecnologías en la salud de los trabajadores y el medio ambiente", con la coordinación de la investigadora Arline Arcuri. Durante el proceso de elaboración se contó también con la contribución de técnicos de la institución y externos, miembros de sindicatos de trabajadores y otros órganos reunidos en el Grupo de Discusión de Nanotecnología de la Fundacentro.

Abstract: Fundacentro, an institution of the Ministry of Labor of Brazil, in its National Technical Center in Sao Paulo, publishes a technical note as part of its effort to promote the health and safety of workers. The document was developed within the scope of the research project "Impacts of nanotechnologies and other new technologies on workers' health and the environment", with the coordination of researcher Arline Arcuri. During the development process, there was also the contribution of technicians from the institution and external ones, members of workers' unions and other bodies gathered in the Nanotechnology Discussion Group of the Fundacentro.

ⁱ Título original: *Os desafios da saúde e segurança no trabalho (SST) para uma produção segura com o uso da nanotecnologia*. Nota técnica nº01/2018 - Fundacentro, Sede Centro Técnico Nacional. Acceso web (03/07/2018) http://www.fundacentro.gov.br/arquivos/projetos/Nota%20Tecnica%2001_2018.pdf. Traducción: Mauricio Berger.

Introducción

La nanotecnología permite la creación de materiales en escala nanométrica de aproximadamente 1 a 100 nanómetros, siendo que 1 nanómetro equivale a 1 billonésimo de metro. Las partículas en esta escala presentan propiedades químicas, físicas y actividad biológica, diferentes en escalas superiores; por ejemplo, los puntos de ebullición, el color, la dureza, la reactividad química y la toxicidad de los materiales cambian cuando estos están en nanoescala (NIOSH, 2008; FUNDACENTRO, 2008).

La nanotecnología afecta todos los aspectos de la vida a través de innovaciones que permiten, por ejemplo, materiales más fuertes y leves para una mejor economía de la energía; medicamentos específicos para el tratamiento efectivo del cáncer; agua potable limpia y accesible en todo el mundo; computadoras veloces con gran capacidad de almacenamiento; superficies autolimpiantes; monitores de salud portátiles; paneles solares más eficientes; envases de alimentos y su monitoreamiento; regeneración de la piel, huesos y células nerviosas para uso en la medicina; ventanas inteligentes con control de claridad para economía de energía; concreto (nanocemento) que seca más rápidamente y posee sensores para detectar rayaduras y corrosiones en las calles, puentes y edificios (NSTC, 2016).

Por tener un área de cobertura tan grande y diversa, lo que hay en común en todas estas áreas es la manipulación de la materia en escala nanométrica, pero los impactos son bien diferentes en cada sector. Algunos tal vez sean inclusive positivos, en la medida en que habilitan la creación de nuevos materiales y hasta nuevas soluciones para problemas ambientales, económicos, de salud, pero ya están provocando y aún podrán tener consecuencias hasta el momento desconocidas, en las relaciones sociales, de trabajo en el medio ambiente y para la salud de los trabajadores y del público en general. Como ejemplo pueden ser citadas: nuevas enfermedades, inclusive de orden psicológico, debido a la precarización del trabajo en algunas actividades o inclusive para el trabajo virtual que exige mucho involucramiento intelectual; nuevas formas de relación del trabajo; ocupaciones extinguidas especialmente debido a la robotización; surgimiento de nuevas ocupaciones con necesidad de mayor formación; nuevas formas de producción debido a las impresoras 3D, etc; nuevos materiales para las aplicaciones más diversas.

La FUNDACENTRO inició estudios y acciones en este área, a partir de final de 2006, y en 2007 tuvo el inicio del proyecto: "Estudio preliminar de los impactos de la nanotecnología para la salud de los trabajadores". Actualmente la propuesta es más abarcadora y el proyecto es denominado: "Impactos de la nanotecnología y otras nuevas tecnologías en la salud de los trabajadores y el medio ambiente". En los últimos años se realizaron estudios bibliográficos, producido material didáctico en forma de historietas, textos en libros, trabajos científicos, eventos, charlas en diferentes lugares y para diferentes públicos. El objetivo del proyecto de nanotecnología de la institución, ahora abarcando otras nuevas tecnologías, es el de identificar y evaluar los impactos de estas tecnologías sobre la salud de los trabajadores, el medio ambiente, inclusive sobre las relaciones de trabajo; proponer posibles medidas de control y divulgar estos conocimientos a través de diferentes formas de comunicación (FUNDACENTRO, 2013). Y es con esa preocupación que esta nota técnica está siendo emitida: informar a la sociedad sobre posibles riesgos, especialmente de las nanotecnología a la salud del trabajador, destacar diversos aspectos a ser observados, y recomendar acciones para evitar o al menos minimizar los posibles riesgos ajenos de estas nuevas tecnologías.

Desarrollo

Toxicidad

Por el hecho de que los materiales presentar un comportamiento muy diferente en la nanoescala, comparado al mismo producto en escala mayor, y que esta diferencia también ocurre en relación a la interacción de las nanopartículas con seres vivos, se desarrolló una sub- especialidad en toxicología: la nanotoxicología. Se trata de la toxicología de las nanopartículas (partículas <100nm) que aparentan tener algunos efectos tóxicos no usuales y diferentes de las partículas de la misma sustancia, pero de tamaño mayor. Como las nanopartículas son de la misma escala de tamaño de los componentes celulares típicos y de las proteínas, tales partículas son sospechosas de escapar de las defensas naturales del organismo humano y pueden llevar a daños celulares permanentes. Las células de los tejidos humanos pueden absorber muchas nanopartículas y esta habilidad ha sido aprovechada para desarrollar medicamentos con principios activos en nanoescala. Sin embargo, esta habilidad también puede facilitar la entrada de materiales tóxicos hacia el interior de las células.

La toxicidad de los nanomateriales- o de materiales fabricados intencionalmente por el hombre- está condicionada al tipo de material, tamaño, forma, tipo de enlace, revestimiento, solubilidad y actividad biológica asociada a estímulos externos. La diferencia de toxicidad de las nanopartículas, también conocidas como partículas ultrafinas (<100nm), fue observada por varios investigadores, que demostraron una toxicidad mayor que las partículas finas (<2.5 µm) de un mismo material, en la misma cantidad. Esto fue observado en diferentes tipos de nanopartículas tales como dióxido de carbono, trióxido de aluminio, carbono, cobalto y níquel (NIOSH,2013; MIT; WHO, 2017).

La publicación de 2017 del NanoReg¹ señala que una de las hipótesis más importantes para la toxicidad nanoespecífica es el aumento de la relatividad superficial de las nanopartículas debido a su proporción superficie- volumen relativamente grande y, a veces, a la modificación de la superficie también. Debido a esta relación y alguna funcionalidad específica, la reactividad de las nanopartículas puede ser aumentada en comparación con el mismo material en escala mayor. Esa reactividad puede desencadenar la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) llevando al estrés oxidativo y subsecuente inflamación de los tejidos biológicos (Gottardo et al., 2017: 86).

Con el creciente aumento de las nanopartículas manufacturadas, es también cada vez mayor la preocupación con la posibilidad de éstas de provocar cáncer. Algunos artículos sugieren posibles mecanismos que pueden llevar al desarrollo del cáncer, el sentido inclusive, si fuera posible a través del conocimiento de estos mecanismos, prever esta condición ya en el proyecto de los nanoproductos, de forma de prevenirlo, en especial por la prohibición del producto o con medidas efectivas para evitar el desarrollo de la enfermedad. Estos estudios pertenecen al campo de la nanogenotoxicología, que estudia el efecto de las nanopartículas manufacturadas sobre el ADN. Una profundización de las propuestas de este mecanismo aún no bien comprendido, pueden ser encontradas en Azqueta y Dusinska (2015), Gonzalez y col. (2017); Stocco y col. (2013).

La IARC (Agencia de investigación en cáncer de la Organización Mundial de la Salud) reconoció algunas nanopartículas en el grupo 2B, posiblemente cancerígenas: nanotubos de carbono del tipo MWCNT-7(IARC, 2017); negro de humo con presencia de partículas ultrafinas (nanopartículas) en la mezcla (IARC, 2010: 190); dióxido de titanio también con la cita de que estudios usaron partículas ultrafinas o en nanoescala indicaron mayor toxicidad en relación a las partículas finas usadas en estudios anteriores (IARC, 2010: 254).

Rutas de exposición a nanomateriales

Inhalación de nanomateriales

Como para la mayoría de las sustancias químicas, la introducción en el organismo de los nanomateriales, en la forma de nanopartículas que pueden estar dispersas en los ambientes de trabajo, ocurre principalmente por la inhalación.

Las nanopartículas pueden introducirse en el sistema circulatorio y distribuirse por el organismo. Cuanto menor sea el tamaño, mayor la facilidad de ocurrencia de este fenómeno. Pero la *translocación* (dislocación entre las células del cuerpo humano) puede ocurrir también por otras vías como el fluido cerebro-espinal, la transposición de la barrera hematoencefálica, etc. Puede dislocarse a través del nervio olfativo hasta el sistema nervioso central. De esta forma, una vez en el cuerpo, algunos tipos de nanopartículas pueden presentar habilidad para desplazarse y distribuirse por otros órganos, incluido el sistema nervioso central (Cohen et al., 2014; Waissann, 2013; Yokel y MacPhail, 2011; Mühlfeld, Gehr y Rothen-Rutishauser, 2008). Las nanopartículas de plata, de albumina y de carbono, todas mostraron disponibilidad de distribución sistémica después de la exposición por inhalación.

Actualmente, la inhalación de partículas biopersistentes y fibras con una morfología semejante al amianto es el mayor peligro para la salud, posiblemente resultando en una inflamación local y cáncer (WHO, 2017).

Cantidades significativas de nanopartículas marcadas de C13 (carbono-13) (22-30nm de diámetro) fueron encontradas en el hígado de ratones 6 horas después de inhalación de 80 a 180µg/m³. Dióxido de titanio en nanoescala mostró diferentes propiedades en relación a la micro-escala del mismo material en los tests de toxicidad en pulmones. El dióxido de titanio entre 14 y 40nm produjo cáncer de pulmón en ratones con dosis de 10mg/m³; el polvo en microescala produjo cáncer apenas en altas dosis (250mg/m³).

Debido a esta variabilidad del comportamiento de los materiales en escala nanométrica, aún hay pocos límites de exposición recomendados. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés)- agencia norteamericana de investigación enfocada en el estudio de la seguridad y la salud de los trabajadores y la capacitación de empleadores y trabajadores para crear lugares de trabajo seguros y saludables- tiene algunas recomendaciones de valores límites de exposición ocupacional. Recomienda concentración de 2.4mg/m³ para TiO₂ fino y 0.3mg/m³ para TiO₂ ultrafino (incluyendo las nanopartículas producidas intencionalmente) para una jornada de hasta 10 horas por día durante una semana de trabajo de 40 horas. Recomienda que las exposiciones a nanotubos de carbono y nanofibras de carbono sean mantenidas abajo de 1 µg/m³ en la fracción respirable (Eastlake et al., 2016).

Ya Van Broekhuizen propone algunos valores de referencia basados en la descripción de los tipos de nanomateriales, siendo que el valor más restrictivo es para las nanofibras rígidas, biopersistentes, para las cuales no se excluye efectos similares al amianto (Van Broekhuizen et al., 2012).

Una publicación de la Organización Mundial de la Salud de 2017 (WHO, 2017) trae una lista de límites de exposición ocupacional, realizada por varios autores e instituciones. Se trata de límites propuestos por diferentes criterios.

Contacto con la piel

Sobre el contacto con nanopartículas, varios estudios muestran diferentes resultados sobre la penetración en la piel. Algunos indican que ciertos tipos penetran apenas la camada superior de la epidermis, y otros encuentran nanopartículas en camadas inferiores y hasta en otros lugares del organismo como el hígado o el bazo.

Algunos estudios apuntan que en la piel íntegra, para que ocurra la penetración, las partículas deben ser muy pequeñas, del orden de los 5 a 7nm. Otros estudios indican que la posibilidad de penetración depende de varios factores más allá del tamaño: forma, diámetro, carga superficial, estado de agregación, si la nanopartícula está funcionalizada o no, lo que significa, adición de un material de revestimiento que le da a la partícula funciones específicas u otros parámetros (Baroli, 2010, en Waissmann, 2013: 817).

No obstante las nanopartículas pueden penetrar de varias formas. Por ejemplo, las nanopartículas de dióxido de titanio, usadas frecuentemente en protectores solares, pueden tener acceso a las partes internas del cuerpo, a través de los folículos del cabello, heridas, y lesiones. La penetración puede darse intercelularmente, intracelularmente y también a través del folículo capilar. La flexión de la piel también facilita la penetración (Yokel y MacPhail, 2011). La radiación ultravioleta puede aumentar la penetración (Mortensen y col., 2008).

Ingestión de nanomateriales

Puede ocurrir la absorción de nanopartículas por el tracto gastrointestinal. Estas pueden desplazarse por la pared epitelial y este fenómeno depende, como en los otros medios, de las características de las nanopartículas, así como de la propia fisiología del tracto gastrointestinal (Waissmann, 2013).

Evaluación y control de los posibles impactos a la salud de los trabajadores

Debido a todas las alteraciones de comportamiento que los materiales en nanoescala pueden presentar, un material que puede ser considerado razonablemente “seguro” para ser manipulado en mayor tamaño, puede con más facilidad penetrar en la piel en la forma de nanopartícula o convertirse en un aerosol y entrar en el organismo por la vía respiratoria.

Para que sea posible hacer la caracterización del riesgo y desencadenar medidas de control, es necesario en primer lugar conocer las características del nanomaterial. Aquí inicia una de las dificultades, pues aún hay poca información sobre la acción de la mayor parte de los nanomateriales, especialmente las nanopartículas, como ya ha sido presentado.

Se debe comenzar con una recolección de informaciones básicas en el lugar de trabajo: flujos de trabajo, personal y tareas; materiales utilizados, fichas de datos de seguridad; revisión de literatura, anticipación y reconocimiento de peligros y otros indicadores de situaciones de exposición en potencial.

La segunda etapa de la caracterización del riesgo incluye la evaluación de la exposición. Esta etapa es simple y siguiendo el Nanomaterial Exposure Assessment Technique (NEAT 2.0) propuesto por la NIOSH, son necesarias por lo menos dos recolecciones de muestras de aire con objetivos diferentes. Estas son recolectadas simultáneamente, una para ser analizada en relación a la concentración de masa elemental, y la otra para ser analizada con microscopía electrónica para características físicas (por ejemplo, forma, tamaño, identificación). Aún hay necesidad de analizar las partículas ya existentes en el ambiente y las partículas producidas en la actividad a ser evaluada. Este proceso cuantitativo presenta otro desafío. Los resultados encontrados en evaluaciones cuantitativas son en general comparados con límites de exposición sugeridos, que son aún inexistentes para nanopartículas. En el texto sobre el NET 2.0 del NIOSH hay algunos límites sugeridos para el óxido de titanio, nanotubos y nanofibras de carbono. Algunos autores sugieren límites basados especialmente en el formato de la partícula como Van Broekhuizen.

Una alternativa es la utilización de un método desarrollado para conducir la evaluación cualitativa del riesgo, apuntando a la toma de medidas de protección para los trabajadores, para pequeñas empresas que no pueden tener el apoyo de especialistas. Dicho método es conocido como control por fajas o *control banding* (Riediker et al. 2012; Andrade, 2013; Schmidt, 2017).

Para el control del riesgo debe ser aplicada la jerarquía de control propuesta en la higiene ocupacional, tomando en cuenta las especificidades del nanomaterial utilizado (NIOSH, 2013). Por ejemplo, no alcanza la instalación de ventilación local extractora. Es necesario que el material extraído, siguiendo la recomendación de la NIOSH (2007), sea captado por un sistema conteniendo un filtro tipo HEPA, que es considerado uno de los mejores filtros para la retención del material particulado.

Se destaca la necesidad de considerar aquí el principio de precaución: ante la falta de informaciones, una sustancia o situación debe ser considerada peligrosa hasta sean obtenidas evidencias concretas que descarten esta suposición inicial.

Cambios en las prácticas de gestión y organización del trabajo

Más allá de los riesgos de toxicidad de los materiales originados en el proceso productivo, las tecnologías emergentes proporcionan cambios organizacionales significativos en el ambiente de trabajo, ya sea por las peculiaridades de la producción, o por la aplicación de estas tecnologías en los puestos de trabajo.

Es una preocupación efectiva de la SST, poner en consideración durante el reconocimiento, evaluación y control de los riesgos, factores ambientales que pueden causar lesión, enfermedad o inhabilidad, o aún otros factores que puedan afectar el bienestar de los trabajadores y de la comunidad (OHSAS 18001, 2007). Son precisamente estos factores que afectan el bienestar de los trabajadores y la comunidad que incluyen algunos de los riesgos que se enumeran a continuación:

Que la precarización del trabajo es un riesgo al bienestar del trabajador y sus dependientes, es algo notorio. Mientras, la tipología de la precarización está directamente ligada a la desorganización de los empleadores y empleados para lidiar con nuevos momentos económicos, como los que se viven con la inserción de la nanotecnología. Este fenómeno puede ocurrir en la convergencia de diferentes aspectos: en la estructuración o desestructuración del mercado de trabajo; en el cambio del papel del estado y la protección social; en el cambio en las prácticas de gestión y organización del trabajo; en la fragilización de la representación sindical (Druck, 2012).

Se destacan dos de estos aspectos que pueden estar vinculados directamente a la inserción de la nanotecnología: la desestructuración del mercado de trabajo y la mudanza de las prácticas de organización del trabajo.

En el primer aspecto señalado se encuentra el desempleo tecnológico, que puede ser generado por el empleo directo o indirecto de la nanotecnología, desempleando a aquellos que fueran calificados no aptos para trabajar con la adaptación tecnológica realizada, o simplemente por la reducción del número mínimo de trabajadores por puesto. Esto tiende a aumentar el desempleo en la sociedad y consecuentemente el dispendio del Estado con estos trabajadores. Por otro lado, un trabajador desempleado impacta en la renta familiar y en el acceso a bienes, tendiendo a aumentar la desigualdad social con efectos negativos a la salud, y la ocurrencia de trastornos mentales y de comportamiento (Olivier y col. 2011).

En relación al segundo aspecto señalado, se encuentra la inseguridad generada por el uso de las nuevas tecnologías en la transformación de los puestos de trabajo, lo que puede implicar factores de estrés en razón de los procesos- internos y externos- de (re)calificación para ocupar puestos de trabajo, la intensificación del trabajo en razón de la disminución del número mínimo y el riesgo inminente de la pérdida de empleo. En este contexto, aunque no haya inmediata pérdida del empleo, el trabajador se ve frente a la tensión de adaptación a nuevas condiciones, lo que puede llevar a la impericia o imprudencia en las actividades laborales, aumentando el riesgo de accidentes y exposiciones a factores de riesgo a la salud, elevando el índice de licencias y ausentismo, inclusive y especialmente, por la ocurrencia de los mismos trastornos mentales y de comportamiento mencionados anteriormente (Silva y col. 2015; Bezerra, Assis y Constantino, 2016).

Destaques y recomendaciones

Las directrices de gestión de SST prevén que la participación de los trabajadores constituye un elemento esencial del sistema de SST en la organización (Pontes, 2015), haciendo de la misma un punto central de las acciones que deben ser adoptadas en busca de una producción de nanomateriales.

La evaluación de la sustentabilidad de los nanomateriales, productos nano- habilitados y nanotecnologías deben tomar en cuenta los impactos en el medio ambiente, la salud y la seguridad dentro del ciclo de vida del nanomaterial, o del producto al que éste está agregado. El ciclo de vida genérico de los nanomateriales comprende la extracción del material; planeamiento y producción; embalaje y distribución; uso y mantenimiento; y descarte (Gottardo, 2017). Es importante resaltar que el trabajador tiene una exposición constante y por diferentes vías en las etapas de este ciclo, lo cual hace necesaria una evaluación de los riesgos no apenas de forma amplia, sino también de casos específicos.

La información es el arma principal frente a las incertezas. Las empresas productoras e importadoras de nanomateriales y que promueven la transformación tecnológica de puestos de trabajo deben adoptar, para todos los empleados, sesiones rutinarias de información, si es posible con distribución de material informativo y en lenguaje accesible.

La (re)calificación de los empleados debe anticiparse a la transformación tecnológica de los puestos de trabajo o a la adopción de nanomateriales en los procesos de producción y manipulación, con tiempo hábil para que el empleado pueda adaptarse a la nueva rutina de organización o inclusive reubicarse en el mercado de trabajo.

Los procesos de (re)calificación y sesiones de información deben abordar conocimientos sobre Equipamiento de Protección Colectiva (EPC) y Equipamiento de Protección Individual (EPI) adecuado a la protección contra la inhalación, ingestión y contacto con la piel de nanomateriales; primeros auxilios en caso de exposición; planos de contingencia y rutas de escape.

Los trabajadores y la Comisión Interna de Prevención de Accidentes (CIPA), cuando hubiera, y en su ausencia el miembro *cipeiro* designado por el empleador, tiene el derecho de saber los cambios de los procesos industriales y cuáles son los productos nanomanufacturados de la empresa y deben participar activamente en la implantación de las medidas de prevención relacionados a estos, en el acompañamiento de la (re)calificación y en las sesiones de información promovidas. Se debe posibilitar la apropiación de nuevos conceptos de ciencia aplicados a la nanotecnología, el conocimiento sobre los efectos posibles decurrentes de la exposición ocupacional, para capacitar a los trabajadores para que puedan contribuir de forma más efectiva con el objetivo de prevención.

Por el hecho de ser aún desconocidos todos los posibles daños a los cuales los trabajadores pueden estar expuestos, estos deben ser acompañados con acciones de vigilancia de la salud, de forma abarcativa. Todas las quejas deben ser valorizadas e investigadas. Con base en las recomendaciones de la NIOSH (2009) deben seguirse las siguientes etapas:

- realización de un examen médico inicial y recolección de la historia médica y ocupacional
- exámenes médicos periódicos en intervalos regularmente programados, incluyendo tests específicos, cuando éstos estén justificados;
- exámenes médicos más frecuentes y detallados conforme a los resultados de los anteriores;
- exámenes post- incidentes y examen médico después del aumento descontrolado o no rutinario en exposiciones como derrames;
- capacitación de los trabajadores para reconocer síntomas que pueden sobrevenir de la exposición a actividades con nanomateriales;

- elaboración de un relatorio escrito sobre los hallazgos médicos;
- establecimiento de acciones con el empleador en respuesta e identificación de peligros potenciales.

Las nanotecnologías y sus convergencias con otras tecnologías emergentes- neurociencias, biotecnología, tecnología de la información y de las comunicaciones- tiende a ser algo irreversible, lo que puede generar un número grande de peligros desconocidos. Por esta razón, se consideran dos formas de aplicación del principio precautorio (Stebbing, 2009): la primera forma llamada *restricta*, basada en la premisa de “primeramente no cause daños”, donde es preferible la inactividad, o sea, la “no acción” cuando la acción puede representar un riesgo. Y la segunda forma llamada *activa*, que tiene como premisa “hacer más y no menos”, aplicando esfuerzos adecuados para mitigar riesgos, seleccionando alternativas más ponderadas cuando estuvieran disponibles, y asumiendo la responsabilidad por riesgos potenciales.

En el contexto de esta nota técnica, se aconseja el uso de la forma activa del principio precautorio, que implica los siguientes fundamentos:

- se deben tomar acciones de precaución inclusive antes mismo de la certeza científica sobre causas y efectos;
- deben definirse metas;
- deben ser investigadas y evaluadas las alternativas;
- los cargos de la prueba sobre la seguridad y las responsabilidades financieras deben recaer sobre los proponentes de la nueva tecnología;
- debe ser establecido el deber de monitorear, comprender, investigar, informar y hacer.

Bibliografía*

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.

FERNANDES, R. et ali. 2014. *Interactions of Skin with Gold Nanoparticles of Different Surface Charge, Shape, and*

Functionality. 2015. Small Vol. 11 (6), pgs 713–721. Disponível em:

<<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sml.201401913/full>>. Acesso em: 08 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.

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

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

KALUZA, S. et ali. *Workplace exposure to nanoparticles*. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), Spain. 2009?. Disponível em:

<http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/workplace_exposure_to_nanoparticles>. Acesso em 08 fev. 2018

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. *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 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. *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. *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. *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 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%201%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, Jorge Marques; BONINI, Luci Mendes de Melo (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, June 2015. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-507X2015000200125&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 ago. 2017.

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

STEBBING, M., 2009. *Avoiding the Trust Deficit: Public Engagement, Values, the Precautionary Principle and the Future of Nanotechnology*. Journal of Bioethical Inquiry 6, 37-48.

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. Disponible 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. Disponible 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. Disponible em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3071337/>>. Acesso em: 13 dez. 2107

* *La bibliografía se cita como en la Nota Técnica, en su versión original en Portugués.*

¹ El proyecto NANOREG fue creado por la Unión Europea para recoger y promover estudios sobre nanomateriales a fin de proveer a los gestores de datos para la regulación de la producción y manipulación de estos productos (FUNDACENTRO, 2017).