

“NANOPARTÍCULAS METÁLICAS: ESTADO-DA-ARTE E PERCEPÇÃO DE RISCO E BENEFÍCIO À SAÚDE HUMANA”

Guilherme G. C. C. Nascimento (Autor) e Prof. Dr. Bernardino R. Figueiredo (Orientador)
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PIBIC/Cnpq

Palavras chave: Nanopartículas-Nanotecnologia-Riscos-Saúde Humana

Introdução

O prefixo nano refere-se apenas às dimensões (um nanômetro é igual a um bilionésimo de metro) dos objetos de estudo e as pesquisas na área são de algumas décadas anteriores a esta adoção de nomenclatura atual (Fernandes & Filgueiras, 2008). As tecnologias provenientes variam e seus usos devem ser propagados em diversos setores, mas os maiores destaques e enfoques desta pré-revolução são na área da saúde.

O estudo da matéria em escala tão reduzida é considerado multidisciplinar, e abrange conceitos referentes a química, física, biologia, ciências biomédicas e engenharias com o objetivo principal de identificar as propriedades distintas da matéria na escala nanométrica. Na consideração que qualquer estrutura pode ter seu tamanho reduzido, permitindo, então, a descoberta de novas propriedades, reside a expectativa dos benefícios das nanotecnologias. Tais propriedades são entendidas como derivadas do efeito quântico e produzem um número maior de reações químicas, sendo que novas propriedades podem ser originadas a partir da junção de componentes nano.

As nanopartículas artificiais são produtos originados do desenvolvimento e avanço em pesquisas na área das nanotecnologias, sendo que estudos para fins preventivos e terapêuticos já estão sendo realizados, assim como o desenvolvimento de nanocirurgias e utilidades na engenharia genética (Ebbesen & Jensen, 2006). Os materiais podem ser unidimensionais, tais como nanotubos, nanofibras e nanoagulhas; bidimensionais, tais como nanofolhas, nanofitas e nanomembranas; e tridimensionais, como é o caso das nanopartículas (Durán *et al.*).

No ano de 2007 cerca de 400 produtos baseados em nanotecnologias já estavam disponíveis para consumo pela sociedade (Balbus *et al.*, 2007). Dados mais recentes mostram que este número já havia aumentado para aproximadamente 800 produtos até a metade de 2009 (Nel *et al.*, 2009). Evidentemente, a tendência é que tais produtos invadam os mercados consumidores em um curto período de tempo. As aplicações destes são variáveis, e vão desde indústrias de cosméticos e farmacêuticas às indústrias têxteis e de produtos de limpeza.

Metodologia

Uma etapa do desenvolvimento do trabalho foi dedicado a revisão bibliográfica acerca das nanotecnologias. Tal revisão teve como finalidade identificar os assuntos relacionados ao tema que pudessem suprir o objetivo da análise de riscos associadas as nanopartículas. Partindo deste pressuposto, é abordado nesta pesquisa o tema da nanotoxicologia, diretamente vinculado a preocupações com a saúde humana, e percebido como fator determinante para a regulamentação dos nanomateriais.

Foi elaborado um questionário de entrevistas, também amparado pela revisão bibliográfica, e cuja finalidade era identificar a percepção dos riscos referentes a nanociência por parte dos pesquisadores ativos na área. Tal questionário foi aplicado a estudantes de pós-graduação, cujo resultado foi analisado em conjunto com os dados referentes à revisão bibliográfica.

Resultados

-Nanotoxicologia

As nanopartículas têm como vias de acesso ao corpo humano o contato dermal, a inalação, a ingestão e a injeção direta (em um músculo ou uma veia, por exemplo), a partir dos quais pode interagir com o corpo humano na escala celular (Auffan *et al.*, 2009). No contato dermal, tais partículas podem atingir o sistema linfático (Monteiro-Riviere *et al.*, 2007); quando inaladas depositam-se em todas as regiões do trato respiratório, conseguindo ainda se locomover através de células no organismo (Donaldson *et al.*, 2007); quando ingeridas podem ser absorvidas pelo sistema linfático, mas em geral são eliminadas pelas fezes (Oberdörster *et al.*, 2005); e quando injetadas podem atingir a circulação sanguínea e atingir diferentes órgãos do corpo humano (Oberdörster *et al.*, 2005).

Os parâmetros que determinam a reatividade biológica dos nanomateriais são seu tamanho, sua forma, sua composição química, seu arranjo estrutural, sua capacidade de aglomeração, sua dosagem, seu tempo de permanência no corpo humano e as propriedades de sua superfície (carga, porosidade, área e, no caso de haver um material envolto, o desgaste da cobertura) (Oberdörster *et al.*, 2005). Por outro lado, a interface entre sistemas biológicos e nanomateriais é dominada por interações hidrodinâmicas, eletrostáticas, eletrodinâmicas, estéricas, pontes poliméricas e dissoluções (Nel *et al.*, 2009).



Figuras 1 e 2: Exemplos de produtos derivados de nanotecnologia (além da possibilidade da utilização do termo “nano” com intenções comerciais)



Nanopartícula (composição química)	Potencial Toxicológico	Referência
Nanotubos de carbono	Efeitos cardiovasculares adversos (1); inflamação crônica de tecidos, danos ao DNA, geração de ROS (2)	(1) Simeonova <i>et al.</i> 2007 (2) Nel <i>et al.</i> 2009
TiO ₂	Interações com a membrana celular pode ocasionar morte das células (1); tóxica para células renais (2); em testes com gestantes (ratos) afetou o desenvolvimento do sistema nervoso de filhotes (3)	(1) Nel <i>et al.</i> 2009 (2) L'azou <i>et al.</i> 2008 (3) Shamsi <i>et al.</i> 2009
ZnO	Inflamações e danos aos lisossomos de células	Nel <i>et al.</i> 2009
Ag	Inibe enzimas respiratórias e produção de ATP	Nel <i>et al.</i> 2009
Au	Ocasionalmente problemas na produção de proteínas	Nel <i>et al.</i> 2009
Cd/Se	Liberação de íons tóxicos (Cd e Se)	Nel <i>et al.</i> 2009
SiO ₂	Geração de ROS	Nel <i>et al.</i> 2009
Fe ₃ O ₄	Liberação de Fe ²⁺ (tóxico)	Nel <i>et al.</i> 2009
CeO ₂	Fibrilação e agregação de proteínas	Nel <i>et al.</i> 2009
Nanopartículas com Co/Ni, nanopartículas magnéticas e metálicas	Liberação de cátions tóxicos	Nel <i>et al.</i> 2009
Al ₂ O ₃	Geração de ROS	Nel <i>et al.</i> 2009
Cu/ CuO	Danos ao DNA	Nel <i>et al.</i> 2009
MoO ₃	Ruptura de membranas celulares	Nel <i>et al.</i> 2009

Tabela 1: nanopartículas tóxicas, adaptada de Nel *et al.* (2009)

Discussões e Conclusões

A revisão bibliográfica efetuada no primeiro semestre confirmou a expectativa inicial do projeto de que existe uma desproporcionalidade de pesquisas em determinação e divulgação de riscos associados as nanopartículas quando comparadas com estudos que propiciem o desenvolvimento tecnológico e comercial das mesmas. Neste contexto destacam-se os estudos em nanotoxicologia.

A pesquisa permitiu identificar o papel do estado como agente regulador e também dos meios de comunicações como interlocutores entre meio acadêmico e sociedade. No caso do estado, este tem falhado em lidar com a questão das nanotecnologias para nosso país. Tal constatação pode ser feita com a presença de diversos produtos desenvolvidos com o auxílio da nanociência no mercado consumidor, com destaque para os cosméticos, de contato direto com o ser humano, sem que hajam protocolos e parâmetros toxicológicos sobre sua distribuição para consumo. Não existe sequer, como existe para os alimentos transgênicos, a obrigatoriedade de tais produtos informarem esta sua origem, impossibilitando ao consumidor a liberdade de escolha por produtos oriundos ou não das nanotecnologias.

No diálogo entre a academia e a sociedade civil percebe-se o isolamento da primeira, o que acaba refletindo uma influência e um grau de confiabilidade da mídia sobre a sociedade civil. Conseqüentemente esta permanece sem informações que lhe permitam a construção de um pensamento crítico acerca das nanotecnologias.

A análise das entrevistas permitiu supor que o desequilíbrio nas pesquisas pode estar vinculado com as diferentes características de abordagem de cada área do conhecimento, onde algumas áreas acabam sendo suprimidas por outras e acabam não tendo a possibilidade de impor seus métodos de pesquisa. Conseqüentemente, este comportamento do meio acadêmico influencia a atuação dos meios de comunicação (que por sua vez, são os principais formadores de opinião perante a sociedade civil), sendo que funcionando como instrumentos de auxílio aos governos, parte das decisões políticas são também reflexos desta conjuntura.

Bibliografia

- Oberdörster, G.** 2005. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle and Fibre Toxicology*. <http://www.particleandfibretoxicology.com/content/2/1/8>.
- Nel A.E., Madler L., Velegol D., Xia T., Hoek E.M.V., Somasundaran P., Klaessig F., Castranova V. e Thompson M.** 2009. Understanding biophysical/chemical interactions at the nano-bio interface. *Nature Materials*, 8:7, 543-557
- Auffan M., Rose J., Bottero J., Lowry G. V., Jolivet J. P. E Wiesner M. R.** 2009. Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nature Nanotechnology*, 4: 10. <http://www.nature.com/nano/journal/v4/n10/pdf/nano.2009.242.pdf>.
- Ebbesen, M. e Jensen, T. G.** 2006. Nanomedicine: Techniques, Potentials and Ethical Implications *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. <http://www.hindawi.com/GetPDF.aspx> doi=10.1155/JBB/2006/51516