
INDICADORES DE IMPACTO FORMULADOS E VALIDADOS PARA CARACTERIZAÇÃO DE NANO-PARTÍCULAS

Beatriz de Faria Carniel, Katia Regina Evaristo de Jesus

Universidade Federal de São Carlos / Embrapa Meio Ambiente
Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, SP, Brasil. Rodovia SP 340 km 127,5 CP 69 CEP 13820 -000
Telefone: 55 (19) 3311-2641; Fax: 55 (19) 3311-2640
katia.jesus@embrapa.br; beatriz@cnpma.embrapa.br

Projeto Componente: PC06 Plano de Ação: PA07

Resumo

As nano-partículas estão, atualmente, recebendo grande atenção por parte das indústrias e da academia em função de suas propriedades inéditas e de seu potencial de aplicação em diversas áreas. Dessa forma, quanto mais nano-produtos se tornam disponíveis para o consumidor, maior a exposição do ambiente e dos humanos às nano-partículas. No entanto, apesar de ainda não existirem formas eficientes e exatas para medir esta exposição, é possível levantar da literatura científica fatores-chave ou indicadores que caracterizem o possível impacto que as partículas podem causar na saúde e no ambiente.

Palavras-chave: nano-partícula, indicador de impacto, avaliação de impacto, consulta à especialistas, validação de indicadores.

Introdução

As nano-partículas existem em estruturas e formas muito variadas, e podem apresentar características peculiares como alta reatividade e difusão no ambiente. Estas propriedades são importantes no que diz respeito aos impactos potenciais para a saúde e ambiente e para determinar o destino e comportamento dessas partículas no ecossistema, nos seres humanos e em outros organismos.

É possível considerar que este impacto significativo já existe, pois, além da possibilidade das nano-partículas estarem presentes em produtos industriais ao serem utilizados pelos consumidores finais, também é possível que o descarte ou uso diretamente no ambiente cause a transferência destas para as plantas, solo e água, resultando na exposição do ambiente e dos organismos presentes neste.

Como apontado por muitas instituições internacionais, a melhor alternativa para compreender os possíveis impactos de uma nanotecnologia é fazer avaliações caso-a-caso considerando diversos fatores-chave ou indicadores de impacto.

Materiais e métodos

Primeiramente, foi realizado o levantamento de dados técnicos da literatura científica para formulação de indicadores de impacto que caracterizem as nano-partículas, incluindo dados químicos e físicos destas. Foram consultados relatórios internacionais e artigos científicos com dados redundantes e bem aceitos pela comunidade científica que explicitem impactos relevantes destas partículas na saúde ou ambiente.

Estes indicadores passaram por uma etapa de validação que consistiu de consulta aos especialistas de áreas correlatas à Nanotecnologia. A consulta foi realizada através de um questionário online desenvolvido com a técnica Delphi onde os especialistas avaliaram a importância de cada indicador de acordo com a escala Likert (1932).

Os respondentes selecionaram a resposta em uma escala de 1 a 5. Quanto maior o número selecionado, mais importante era considerado o indicador para o especialista. Ao todo, 6 indicadores de impacto da Dimensão

"Caracterização da Nano-partícula" foram avaliados.

Após a finalização da consulta, foram analisadas as respostas e estabelecidas a importância de cada indicador segundo os especialistas consultados. Utilizou-se Microsoft Excel para análise das respostas quantitativas e as contribuições qualitativas foram analisadas separadamente para aumentar a qualidade da informação técnica fornecida pelos especialistas durante a validação.

Devido à alta convergência na avaliação dos indicadores pelos respondentes foi possível estabelecer um ponto crítico de 70%, ou seja, se 70% dos especialistas selecionarem as respostas 4, 5 ou 6 (consideram que o indicador é importante) este é considerado validado.

Resultados e discussão

Os indicadores de impacto da Dimensão "Caracterização da Nano-Partícula" obtiveram convergência alta, com mais de 90% dos especialistas concordando a importância destes.

Tab.1: Indicadores de impacto selecionados e validados para caracterização de nano-partículas.

Critério	Indicador	Porcentagem de validação
Morfologia	Tamanho da nano-partícula	94%
	Formação de aglomerados ou agregados de nano-partículas	98%
Superfície	Formação de espécies reativas de oxigênio (ROS)	93%
	Solubilidade em água	92%
	Carga da superfície da nano-partícula	93%
Dados prévios da literatura científica	Existência de dados prévios de efeitos tóxicos sobre a nano-partícula em plantas, animais ou humanos	95%

Para cada indicador validado foi elaborada uma justificativa de sua importância:

- Indicador 1: Tamanho da nano-partícula.

O tamanho da nano-partícula pode determinar o lugar em que esta será depositada no organismo e também afeta a habilidade do corpo de defender-se destas (FADEEL et al., 2012). Estudos relacionam a citotoxicidade com tamanhos menores que 15nm, pois possuem capacidade de induzir a apoptose diferentemente

de partículas maiores (até 100nm), além dos fibroblastos do tecido conjuntivo, células epiteliais, macrófagos e melanomas se mostrarem mais sensíveis (SCHAEUBLIN et al., 2011).

- Indicador 2: Formação de aglomerados ou agregados de nano-partículas.

Muitas nano-partículas aglomeram-se ou agregam-se quando colocadas no ambiente em consequência da alta força iônica dos fluidos biológicos. A energia livre da superfície diminui enquanto seu tamanho aumenta e sua área superficial diminui (GOSENS et al., 2010). O estado de aglomeração/agregação pode ser um critério significativo, pois é reconhecido que as nano-partículas apresentam um impacto maior em comparação a partículas maiores e aglomerados maiores que 50 nm (OBERDORSTER, 2002).

- Indicador 4: Geração de espécies reativas de oxigênio.

Se a superfície de um nano-material é altamente reativa em um sistema aquoso, seu potencial de geração de espécies reativas de oxigênio é grande além de aumentar a probabilidade de dano oxidativo nas células (BORM et al., 2006; SAHU; CASCIANO, 2009).

- Indicador 5: Solubilidade em água.

A solubilidade ou insolubilidade é importante para determinar se uma nano-partícula tem potencial para bioacumulação em células ou órgãos, pois indica a quantidade de componentes do sangue que poderiam se aderir a ela (FADEEL et al., 2012).

- Indicador 6: Carga da superfície da nano-partícula.

A carga da superfície pode influenciar a estabilidade da nano-partícula em soluções aquosas e pode ter efeito significativo na resposta imune de sistemas biológicos segundo Sahu e Casciano (2009) e nas interações com membranas celulares. Estudos mostram que quanto mais negativa a carga da superfície, menos toxicidade esta apresenta, enquanto as carregadas positivamente se mostraram mais tóxicas (BADAWY et al., 2011).

- Indicador 7: Existência de dados prévios de efeitos tóxicos sobre a nano-partícula em plantas, animais ou humanos.

As novas propriedades que tornam os nano-materiais atraentes para aplicações comerciais podem resultar em novas interações biológicas

causando toxicidade inesperada (LINSE et al., 2007).

Atualmente existem estudos com a maioria das nano-partículas comumente utilizadas para aplicações tecnológicas, sendo possível resgatar dados prévios já demonstrados da partícula em avaliação.

Conclusões

A Nanotecnologia é uma tecnologia revolucionária e aplicável em diversos setores e possui potencial para beneficiar a saúde humana e o ambiente, porém é necessário considerar os impactos que a produção, uso e descarte dessas partículas podem causar no ambiente e nos organismos.

Ao selecionar somente os fatores mais amplos, independentes e relevantes para caracterizar uma nano-partícula, diminui-se a probabilidade de avaliações de impacto inconclusivas ou duvidosas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Finep, Capes, Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa, Embrapa Meio Ambiente, Universidade Federal de São Carlos e FAPESP.

Referências

BADAWY, A. M; SILVA, R. G; MORRIS, B. Surface Charge-Dependent Toxicity of Silver Nanoparticles. *Environ. Sci. Technol* 45,1, 283–287, 2011.

BORM, P. J. A; ROBBINS, D; HAUBOLD, S; KUHNBUSCH, T; FISSAN, H; The potential risks of nanomaterials: A review carried out for ECETOC. *Fibre Toxicol* 3, 11, 2006.

FADEEL, B; PIETROIUSTI, A; SHVEDOVA, A. A. *Adverse Effects of Engineered Nanomaterials: Exposure, Toxicology, and Impact on Human Health*. Elsevier Academic Press, 2012.

GOSENS, I; POST, J; DE LA FONTEYNE, L; JANSEN, E. Impact of agglomeration state of nano and submicron sized gold particles on pulmonary inflammation. *Particle and Fibre Toxicology* 7, 37, 2010.

LIKERT, R. A Technique for the Measurement of Attitudes, *Archives of Psychology* 140, 1-55, 1932.

LINSE, S; CABALEIRO-LAGO, C; XUE, W. F; LYNCH, I; LINDMAN, S; THULIN, E; RADFORD, S. E; DAWSON, K. A. Nucleation of protein fibrillation by nanoparticles. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 8691–8696, 2007.

OBERDORSTER, G. Pulmonary effects of inhaled ultrafine particles. *Int Arch Occ Hea* 74, 1-8, 2002.

SAHU, S. C; CASCIANO, D. A. *Nanotoxicity: from in vivo and in vitro models to health risks*. Wiley Publishers. 2009.

SCHAEUBLIN, N.M; BRAYDICH-STOLLE, L.K; SCHRAND, A.M; MILLER, J.M; HUTCHISON, J; SCHLAGERA, J.J; HUSSAIN, S.M. Surface charge of gold nanoparticles mediates mechanism of toxicity. *Nanoscale* 3, 410–420, 2011.