
NANOTOXICOLOGIA ALIADA À AVALIAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

– UMA ESTRATÉGIA PARA AVALIAÇÕES DE SEGURANÇA

DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL

Katia Regina Evaristo de Jesus, Vera Lúcia S. S. de Castro

Embrapa Meio Ambiente Jaguariúna, SP, Brasil. Rodovia SP 340 km 127,5 CP 69 CEP 13820 -000
Katia.Jesus@embrapa.br / Vera-Lucia.Castro@embrapa.br

Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: PA7

Resumo

As mesmas propriedades que tornam as nanopartículas interessantes para aplicações, também as tornam acessíveis a locais anteriormente inacessíveis em sistemas vivos, com conseqüências potencialmente significativas para a nanosegurança. As principais recomendações para a avaliação do risco-benefício e de gerenciamento de risco lidam com aplicações de máximo risco da nanotecnologia, questões de curto e longo prazo, além de modelos de regulamentação global para a nanotecnologia. A avaliação do potencial impacto biológico dos nanomateriais se tornou de grande importância nos últimos anos, pois o rápido ritmo de desenvolvimento da nanotecnologia não foi acompanhado por uma investigação completa de sua segurança.

Palavras-chave: Cenário tecnológico, Regulamentação, Nanotecnologia.

Introdução

A compreensão de situações de risco potencial é cada vez mais multifacetada e, desafia os legisladores a escolherem as prioridades entre a multiplicidade de fatores de risco contribuintes. Alguns modelos foram propostos para avaliar os nanoproductos. A investigação sobre o estabelecimento de estratégias adequadas de teste e métodos de ecotoxicidade para as nanopartículas devem centrar-se essencialmente sobre a definição de cenários de exposição realistas do pior caso para as nanopartículas no meio ambiente e, em seguida, testar a toxicidade das nanopartículas sob esses cenários (CRANE et al., 2008)

Não há consenso claro em relação à classificação dos nanomateriais em categorias para auxiliar os estudos ambientais, exceto, caso esteja disponível, um sistema de classificação baseado em características químicas. Dessa forma, é possível concluir que são necessários mais estudos para a obtenção de critérios que possam ser usados para gerar essas categorias, que deveriam também incluir aspectos da estrutura do material e de seu comportamento físico.

Antes de iniciar qualquer estudo de nanotoxicologia, é imprescindível conhecer as características das nanopartículas a serem usadas e, em particular o seu tamanho e a sua distribuição

no meio do ensaio adequado. As informações de caracterização físico-química identificadas como importantes para os estudos ambientais incluem medidas de agregação / aglomeração / dispersão, tamanho da partícula, dissolução (solubilidade), área superficial, carga de superfície, química de superfície / composição, além da composição química. A priorização das propriedades a serem determinadas implica também na necessidade de atribuir métodos disponíveis e adequados para medir estas propriedades. Infelizmente isso nem sempre é possível. Assim, p.ex., não existem um critério de consenso para medir diretamente a superfície específica em uma dispersão aquosa de nanopartículas. Outro exemplo relevante é o alto risco de produzir resultados com vieses com as diferentes técnicas de dimensionamento disponíveis.

Há um deficit de informação sobre o quanto as limitações dos diferentes métodos podem influenciar na interpretação correta dos resultados dos testes, o que torna necessário um maior debate a respeito dos métodos de caracterização e interpretação dos dados (STONE et al., 2010).

As nanopartículas muitas vezes sofrem alterações em suas características no ambiente; resultando em agregação ou uma alteração na distribuição desta partícula. Essa inesperada agregação / dissolução, se não levadas em

consideração, podem ter um efeito significativo no cálculo da dose de nanopartículas disponíveis e na interpretação de quaisquer resultados obtidos (MONTES-BURGOS et al., 2010).

As nanopartículas agregadas (onde os agregados são de longa duração) não estão mais disponíveis para absorção pelas células e, como tal, as doses de exposição significativa não podem ser determinadas, produzindo curvas dose-resposta não confiáveis. Desta forma, a avaliação do potencial impacto biológico dos nanomateriais se tornou de grande importância nos últimos anos, sendo que o rápido ritmo de desenvolvimento da nanotecnologia não foi acompanhado por uma investigação completa de sua segurança.

As avaliações de risco ambiental de nanopartículas exigem rigorosa caracterização destas nanopartículas e de seus agregados. Além disso, são necessários métodos quantitativos de análise para determinar as concentrações ambientais e permitir a avaliação da exposição e de seus efeitos. Muitos métodos ainda necessitam de otimização e desenvolvimento, especialmente para o estudo do comportamento das nanopartículas em água. Estudos com base na experiência da química ambiental e da química coloidal fundamental poderão auxiliar nesta empreitada (HASSELLOV et al., 2008).

Em vista destas preocupações, foi proposto um modelo de avaliação dos riscos ambientais utilizando indicadores com base no conhecimento acumulado através de alguns métodos de análise e discutido por especialistas da área.

Materiais e Métodos

A fim de identificar tendências tecnicamente viáveis para embasar a regulamentação da Nanotecnologia no Brasil, foram propostas questões no tocante ao desenvolvimento e cenário da tecnologia, além daquelas relacionadas às preocupações da comunidade científica nesse tema. Estas foram apresentadas no formato do questionário Mini-Delphi em workshop presencial organizado com membros da "Rede AgroNano - Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio". Os membros da Rede AgroNano são compostos predominantemente por professores universitários e pesquisadores de agências governamentais. Nesta oficina de trabalho foram apresentados esclarecimentos sobre os objetivos da pesquisa e a estratégia de trabalho proposta. Nesta consulta, o questionário foi adaptado para o preenchimento individual de acordo com a Técnica Mini-Delphi, segundo

Wright (1994) e, adicionalmente, alguns especialistas foram entrevistados individualmente. Os 30 cientistas presentes foram selecionados aleatoriamente daqueles anteriormente registrados como ativo em pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologia. O formato de questionário permitiu uma aquisição rápida de dados em uma única sessão, embora preservando as principais características do Método Delphi (WRIGHT, 1986). O questionário Mini-Delphi também garante o anonimato dos entrevistados e dos dados coletados. A discussão foi realizada a fim de selecionar as prioridades e classificar as questões fundamentais relativas à nanotecnologia.

Resultados e Discussão

O propósito desse trabalho foi avaliar as principais contribuições de alguns métodos de análise, apontadas por especialistas da Rede Agronano que devem ser discutidas ou podem embasar uma possível regulamentação da nanotecnologia. Esta regulamentação poderia diminuir as dificuldades no desenvolvimento de produtos ou processos que atualmente afetam a ampliação da oferta de produtos nanotecnológicos para a América Latina.

O trabalho realizado traduziu-se assim em um esforço da equipe da Embrapa para iniciar o questionamento sobre a construção de uma metodologia para avaliação da segurança e uma legislação neste campo; dado que o Brasil não possui normas que atendam a complexidade das nanociências.

Foram abordados alguns itens que compilam as análises consideradas importantes para o desenvolvimento de uma Avaliação de Segurança, as opções de análises apresentadas para os especialistas foram apresentadas na Tab 1. As alternativas que foram indicadas com maior frequência pelos especialistas foram: Teste de Segurança (A); Caracterização e Destinação do Resíduo (B); Características Toxicológicas ou Avaliação do Nanoproduto (C); Características do Nanoproduto (D); Percepção do Risco (E). A Tab 1 e a Fig 1 mostram os resultados desta análise onde alguns testes tiveram 70% de aceitação.

De acordo com as respostas, os protocolos a serem considerados mais relevantes nesta matéria foram o teste de segurança, caracterização e destinação do resíduo e percepção do risco (Fig. 1).

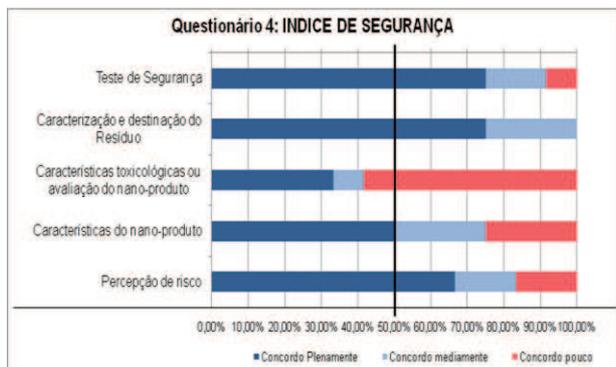


Fig 1: Avaliação dos indicadores de impacto: Índice de Segurança.

Tab 1: Análise dos resultados obtidos do questionário Mini-Delphi apresentados no workshop, Avaliação de Segurança.

Itens importantes para a Avaliação da Segurança da Nanotecnologia	Grau de Concordância		
	Concorde pouco (%)	Concorde mediamente (%)	Concorde plenamente (%)
Teste de Segurança	8.33	16.67	75.00
Caracterização e Destinação do Resíduo	0.00	25.00	75.00
Características Toxicológicas ou Avaliação do Nanoproduto	58.33	8.33	33.33
Características do Nanoproduto	25.00	25.00	50.00
Percepção de Risco	16.67	16.67	66.67

Conclusões

As limitações e incertezas para fazer a avaliação de risco tem sido amplamente reconhecidas já que há escassez de informação confiável nas bases de dados online e da literatura.

Este trabalho procurou discutir o estado da arte na área de avaliação de risco de nanomateriais, com foco nos dados e abordagens disponíveis.

A maioria das abordagens feitas na avaliação de risco das nanopartículas é projetada para servir como triagem preliminar de risco e / ou ferramentas de priorização de pesquisa e não se destinam a apoiar a tomada de decisão regulatória.

Neste contexto, recomenda-se aprofundar o estudo dos itens identificados pelos especialistas como mais relevantes a fim de facilitar a Empresarial, 1986, p. 199-207.

regulamentação das nanopartículas, utilizando os dados que são atualmente disponíveis na literatura e os que venham a ser obtidos em novos estudos experimentais.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Finep, Capes, Projeto MP1 Rede Agronano – Embrapa e Embrapa Meio Ambiente

Referências

- CRANE, M.; D. Handy, R. D.; Garrod, J.; Owen, R. Ecotoxicity test methods and environmental hazard assessment for engineered nanoparticles. *Ecotoxicology*, v. 17, n. 5, p. 421–437, 2008.
- HASSELLOV, M.; Readman, J. W.; Ranville, J. F.; Tiede, K. Nanoparticle analysis and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineered nanoparticles. *Ecotoxicology*, v. 17, n. 5, p. 344–361, 2008.
- MONTES-BURGOS, I.; WALCZYK, D.; HOLE, P.; SMITH, J.; LYNCH, I.; DAWSON, K. Characterization of nanoparticle size and state prior to nanotoxicological studies. *Journal of Nanoparticles Research*, v. 12, n. 1, p.47–53, 2010.
- STONE, V.; nowack, b.; baun, a.; van den brink, n.; von der kammer, f.; dusinska, m.; handy, r.; hankin, s.; hassellöv, m.; joner, e.; fernandes t. f. *Nanomaterials for environmental studies: Classification, reference material issues, and strategies for physico-chemical characterization. Science of the Total Environment*, v. 408, p. 1745–1754, 2010.
- WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: programa de estudos do futuro. São Paulo: FEA, USP, 1994, p.31
- WRIGHT, J. T. C. A técnica Delphi: Uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil?. In: Encontro Brasileiro de Planejamento Empresarial – “Como Planejar 86”, 3, 28-29 nov.1985, Anais. São Paulo: SPE – Sociedade Brasileira de Planejamento