

MÉTODO GMP-RAM PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO DAS NANOTECNOLOGIAS

CAROLINA DE C. BUENO¹, KATIA R. E. DE JESUS-HITZSCHKY²

Nº 0902013

Resumo

A Nanotecnologia está baseada na crescente capacidade da tecnologia moderna de manipular átomos e partículas na nanoescala com o objetivo de criar novos materiais e desenvolver novos produtos e processos. Ela promete grandes avanços nas mais diversas áreas de atuação, desde a Medicina à Engenharia de Materiais. Apesar das nanotecnologias apresentarem propriedades físicas diferentes dos seus correspondente convencionais, ainda não existem metodologias que permitam a avaliação dos riscos associados ao seu emprego e liberação no meio ambiente. Neste cenário, o presente trabalho propõe o emprego e adequação de uma Metodologia comumente empregada para a Avaliação de Risco de Transgênicos para o caso das Nanotecnologias.

Abstract

Nanotechnology is based on the increasing capacity of modern technology to manipulate atoms and particles at nanoscale in order to create new materials and develop new products and processes. This technology promises advances in several areas of expertise, from medicine to material engineering. Although nanotechnologies have different physical properties of its conventional corresponding, yet there are no methodologies for Risk Assessment associated with its use and release into the environment. Thus, this work proposes the use and adequacy of a Methodology commonly used for Risk Assessment of Transgenic for the case of Nanotechnology.

¹ Estagiária da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna – SP, Graduação em Engenharia Ambiental, FEAMB/PUC-Campinas, carolcb@cnpma.embrapa.br

² Orientadora/Pesquisadora, Embrapa Meio Ambiente, Jaguariuna – SP, katiareg@cnpma.embrapa.br

Introdução

O rápido desenvolvimento da nanotecnologia movimentou anualmente uma indústria multibilionária (ALLHOFF et al, 2007 *apud* BUSECK e ADACHI, 2008). São muitas as aplicações das nanotecnologias. Em geral, vem sendo empregadas para economia de energia, recuperação do meio ambiente, menor uso de matérias primas, além de empregos associados à saúde humana, como a liberação controlada de drogas no organismo e também na área alimentar com o desenvolvimento de filmes nano e microestruturados comestíveis para revestimentos de frutas e legumes minimamente processados ou *in natura*.

Com essa nova tecnologia surgiram questões sobre a segurança ocupacional, do consumidor e do meio ambiente. Alguns cientistas sociais têm questionado se nanomateriais que apresentam propriedades físicas diferentes do seu correspondente convencional, podem também apresentar riscos para saúde humana durante a sua manufatura, uso e destinação final (BELL, 2006).

Dentre os possíveis problemas associados à nanotecnologia podemos citar a nanopoluição gerada por nanomateriais ou durante a confecção destes. Estes impactos potenciais só poderão ser dimensionados de forma clara através de uma Avaliação de Risco das Nanotecnologias.

A Avaliação de Risco de Novas Tecnologias é uma medida mitigatória eficaz para enfrentar os desafios cada vez maiores da degradação do meio ambiente, riscos alimentares, sociais e econômicos. Para tanto, métodos científicos devem ser utilizados na construção de cenários que possibilitem avaliar o alcance dos efeitos ambientais e impactos em geral das novas tecnologias. Deste modo, este trabalho prevê a aplicação de uma metodologia comumente empregada para a Avaliação de Risco de Plantas Geneticamente Modificadas para o caso das Nanotecnologias.

Materiais e Métodos

Neste trabalho será realizado um estudo de caso a partir do levantamento dos indicadores dos riscos das nanotecnologias a partir da literatura especializada. Estes indicadores serão utilizados para o preenchimento e adequação da 'Metodologia para Avaliação de Riscos de Plantas Geneticamente Modificadas – GMP-RAM'. O método GMP-RAM (JESUS et al., 2006) foi desenvolvido para avaliar a segurança de plantas

geneticamente modificadas para saúde humana e meio ambiente. Esta é uma metodologia bastante inclusiva que tem sido empregada com resultados positivos para avaliação de outras tecnologias e produtos em geral. É composta por duas ferramentas: (1) Planilhas para compilação da Evidência do Risco e, (2) Matriz de Avaliação. A primeira ferramenta identifica o risco potencial relacionado ao plantio ou consumo da planta geneticamente modificada (PGM) através de uma planilha pré-formatada, na qual são apresentados os indicadores de risco da PGM. A avaliação destes permite a definição dos valores do “índice de risco” e sua “significância” em termos da atividade a ser desenvolvida. Esta planilha apresenta fatores de moderação para análise dos indicadores de risco sugeridos e foi formulada possibilitando que os indicadores que não sejam relevantes para a avaliação sejam desconsiderados e permite que novos indicadores mais condizentes com a análise sejam inseridos, sem distorção do resultado final favorecendo a avaliação caso a caso, premissa da Biossegurança. A segunda ferramenta consiste em uma estrutura para observação do risco potencial, a Matriz de Risco, que recomenda a melhor maneira de conduzir a liberação da tecnologia de modo a garantir que o cultivo do PGM seja tão seguro para o meio ambiente como a tecnologia tradicional. Essas duas ferramentas estão interligadas por meio do Software GMP-RAM v.1.1. que permite ao usuário preencher a planilha e observar os resultados automaticamente na matriz. O software esta disponível para download no site da EMBRAPA MEIO AMBIENTE: http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php3.

Resultados e Discussão

A formulação dos indicadores de risco do emprego e da liberação das nanotecnologias e suas justificativas são essenciais para o embasamento do presente trabalho. Para tanto, os parâmetros mais importantes da área ambiental para a avaliação de risco das nanotecnologias são indicados no *Software* GMP-RAM (Figura 1).

Riscos Potenciais	Critérios para Avaliação	Informação para Avaliação	Fatores de Moderação			Índice de Risco	Fatores de Moderação		Índice de Significância
			Dano	Exposição	Precedente		Extensão	Reversibilidade	
Potencial Fonte de Exposição - Análise caso a caso do evento									
(p) Nanopulveres presente na atmosfera	Estudos epidemiológicos da poluição do ar	Estudos têm descrito a correlação entre o aumento dos níveis de nanopartículas no ar e vários efeitos adversos na	2	2	2	8	4	2	8
(q) Exposição crítica à substâncias tóxicas	Avaliação do ciclo de vida de produtos que contenham nanopartículas	Esse tipo de avaliação garante que todas as estratégias sejam otimizadas para que os produtos não produzam efeitos	2	2	2	8	4	4	16
(r) Utilização de 'nanoagrotóxicos'	Registro de culturas que utilizam 'nanoagrotóxicos'	'Nanoagrotóxicos' são mais estáveis e a capacidade de matar desses produtos químico (herbicida, inseticida ou	4	4	2	32	4	4	16
									Próximo >>
A e B C e D E e F G, H e I J, K e L M, N e O P, Q e R S, T e U V, X, Y e Z Matriz de Avaliação									

Figura 1. Parâmetros específicos da área ambiental analisados para o estudo de caso das nanotecnologias indicados no *Software* GMP-RAM.

Na matriz de avaliação de risco verificamos os principais parâmetros analisados para a segurança ambiental das nanotecnologias (Figura 2).

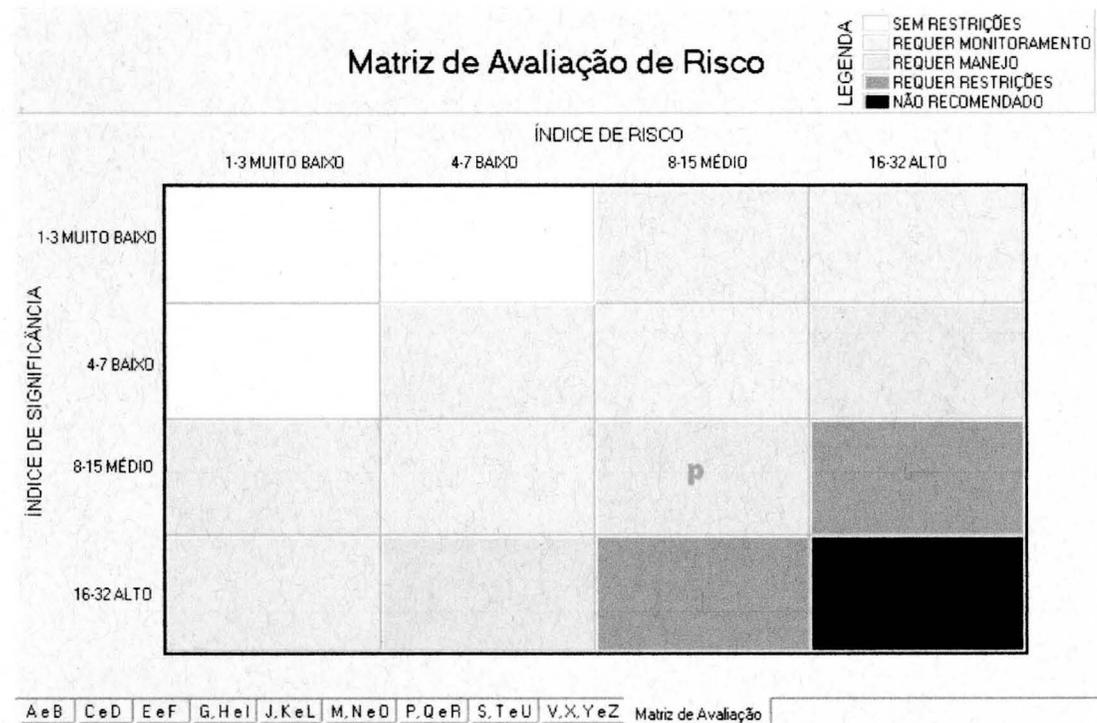


Figura 2. Matriz de Avaliação de Risco.

Os indicadores da área ambiental utilizados para o preenchimento do método estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de Impacto da área ambiental inseridos no Método GMP-RAM.

Indicador	Justificativa
Presença de poluentes e/ou partículas em suspensão na atmosfera	Mantovani et al (2009) diz que muitos estudos epidemiológicos de poluição do ar têm descrito a correlação entre o aumento dos níveis de combustão derivados de nanopartículas no ar e vários efeitos adversos na saúde humana em grupos suscetíveis.
Avaliação do ciclo de vida do produto nanorelacionado	Segundo a Iniciativa Nacional para Nanotecnologia (<i>The National Nanotechnology Initiative</i> – NNI. Bell, 2006), estudos envolvendo a avaliação do ciclo de vida de produtos que contenham nanomateriais podem ser úteis para identificar oportunidades de gerenciamento de risco através da: seleção de materiais, design do produto, processo de engenharia de manufatura ou reciclando com a finalidade de reduzir riscos potenciais ou impactos adversos em todos os estágios de vida de produtos nanorelacionados.
Número de culturas que utilizam 'nanoagrotóxicos'	Esses produtos químicos misturam-se de modo químico tão complexo na água que não se separam no tanque onde são armazenados. Um dos produtos fungicida da Syngenta não se separa da água por um período de até um ano, enquanto fungicidas contendo ingredientes com partículas maiores geralmente devem ser agitados a cada duas horas para evitar aplicação incorreta e entupimento do tanque.

Conclusão

O procedimento adotado neste trabalho visa suprir a demanda crescente por metodologias que permitam uma análise dedicada e integrada para as diversas dimensões dos riscos possíveis das nanotecnologias, de modo a responder os questionamentos da sociedade de maneira geral. A análise dos indicadores levantados com o estudo de caso das nanotecnologias empregando o Método GMP-RAM foi possível concluir que não existe um risco potencial para a segurança ambiental de maneira geral, caso algumas medidas de monitoramento e restrições sejam tomadas.

No caso dos nanopoluentes dispersos na atmosfera, a medida que poderia ser tomada seguiria no sentido de avaliar os efeitos adversos causados pela alteração da qualidade atmosférica. A avaliação do ciclo de vida de produtos compostos de nanopartículas permitirá que os legisladores estimem com maior probabilidade de acerto os riscos associados e sua liberação ao meio ambiente. Por fim, o uso de 'nanoagrotóxicos' deveria ser restrito ou até mesmo proibido no mercado de agrotóxicos devido à sua grande estabilidade na água.

Agradecimentos

À Embrapa Meio Ambiente

Referências Bibliográficas

BALZANI, V. Nanoscience and Nanotechnology: A Personal View of a Chemist. *small* 1(3):278 –283. 2005.

ALLHOFF, F.; LIN, P.; MOOR, J.; WECKERT, J. *Nanoethics: The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. John Wiley, Hoboken, New Jersey, 385 pp. 2007 *apud* BUSECK, P.R.; ADACHI, K. Nanoparticles in the Atmosphere. *Elements*, 4:389–394. 2008.

BELL, T. E. Reporting Risk Assessment of Nanotechnology: A Reporter's Guide to Sources and Research Issues. National Nanotechnology Initiative. 2006.

JESUS, K. R. E.; LANNA, A. C.; VIEIRA, F. D.; ABREU, A. L.; LIMA, D. U. A proposed Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants. *Applied Biosafety*, 11 (3). 2006.

MANTOVANI, E.; PORCARI, A.; MEILI, C.; WIDMER, M. FramingNano Project: A multistakeholder dialogue platform framing the responsible development of Nanosciences & Nanotechnologies. Mapping Study on Regulation and Governance of Nanotechnologies. 2009.

SYNGENTA. A microscopic formula for success. Disponível em <http://www.syngenta.com/en/day_in_life/microcaps.aspx>. Acesso em: 25 de maio de 2009.