



---

## EMPREGO E ADAPTAÇÃO DO MÉTODO GMP-RAM PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS DAS NANOTECNOLOGIAS

---

Carolina de Castro Bueno<sup>1</sup>  
Katia Regina Evaristo de Jesus<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos

<sup>2</sup>Embrapa Meio Ambiente  
katiareg@cnpma.embrapa.br

Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: PA7

---

### Resumo

A Nanotecnologia está baseada na crescente capacidade da tecnologia moderna em manipular átomos e partículas na nanoescala para criar novos materiais e desenvolver novos produtos e processos. Apesar dos materiais nanoestruturados apresentarem propriedades físicas diferentes do seu correspondente convencional, ainda não há metodologias para avaliação de riscos direcionada ao uso intensivo desses novos materiais e substâncias químicas nanoparticuladas. 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: método GMP-RAM (*Risk Assessment Method for Genetically Modified Plants*).

**Palavras-chave:** nanotecnologia, avaliação de risco, metodologia GMP-RAM

### Publicações relacionadas

BUENO, C. C.; JESUS, K. R. E. Emprego e Adaptação do Método GMP-RAM para Avaliação dos Riscos das Nanotecnologias. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Meio Ambiente 62, ISSN 1516-4675, 2011. 76p.

---

### Introdução

---

As nanotecnologias vêm sendo empregadas nas áreas de eficiência energética, gerenciamento da qualidade do meio ambiente, menor uso de matérias primas, além de empregos associados às áreas médicas, farmacêuticas e alimentícias, como a liberação controlada de drogas no organismo e o desenvolvimento de filmes nano e microestruturados comestíveis para revestimentos de frutas e legumes minimamente processados ou *in natura* [1]. Com esta nova tecnologia, surgiram questões sobre a segurança e saúde ocupacional de trabalhadores e do consumidor de produtos nanotecnológicos e, conseqüentemente, do meio ambiente. Alguns autores e cientistas sociais, como

Meili [2] afirmam que além de oferecer muitas oportunidades, a nanotecnologia é também associada a riscos potenciais. Afirmações desta natureza levam a questionamentos se, por ventura, os nanomateriais que apresentam propriedades físicas diferentes do seu correspondente convencional, podem também apresentar novos riscos para a saúde humana durante a sua manufatura, uso e destinação final [3]. Assim, o presente trabalho visa, primariamente, contribuir com informações pertinentes à avaliação e o gerenciamento de riscos das nanotecnologias através de um paralelismo com a tecnologia dos organismos geneticamente modificados por meio do preenchimento e adequação do Método/Software GMP-RAM [4].

## Materiais e métodos

Este trabalho foi desenvolvido a partir do planejamento e previsão de impactos e riscos resultantes das aplicações e liberações das nanotecnologias em diferentes grupos (dimensões) de análise (ambiental e de saúde, social, ética e institucional, econômica e política e ciência, tecnologia e inovação). A atividade de previsão dos riscos dessa nova tecnologia envolve cinco etapas: 1. Levantamento dos indicadores de riscos a partir da consulta à literatura especializada; 2. Embasamento científico dos dados levantados; 3. Ponderação dos indicadores através de pesos a serem atribuídos de acordo com o critério definido na metodologia de avaliação a ser empregada, neste caso o GMP-RAM; 4. Análise dos resultados fornecidos pelo método: índices de risco e recomendações de manejo do risco para cada indicador apresentadas na Matriz de Risco e; 5. Elaboração uma lista com recomendações para o ‘Gerenciamento do Risco das Nanotecnologias’ para orientar os usuários potenciais sobre as melhores formas de manejo para mitigar impactos potenciais associados ao seu emprego e liberação no meio ambiente.

O método GMP-RAM está disponível para download no site da Embrapa Meio Ambiente: [http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp\\_ram.php](http://www.cnpma.embrapa.br/forms/gmp_ram.php) 3. Ele prevê a automação das planilhas e de matriz criadas com sistema de programação em Delphi.

## Resultados e discussão

O Método GMP-RAM é baseado, de forma resumida, na quantificação de fatores de ponderação para itens pertinentes à caracterização da avaliação de risco. Essa caracterização é feita através da atribuição de valores para a definição de dois índices na planilha que o método disponibiliza: Índice de Risco e Índice de Significância, onde cada um deles é composto pelos Fatores de Ponderação: magnitude, exposição ao dano, precedente, extensão e reversibilidade. O Índice de Risco é gerado através da combinação dos Fatores: dano, exposição e precedente. O índice de significância é gerado pela combinação da extensão e reversibilidade, que juntos buscam definir critérios para a aceitabilidade da tecnologia com base na abrangência dos efeitos adversos e na resiliência do grupo (dimensão) analisado. Após esta etapa, uma Matriz de Risco é gerada com base nos índices estimados para cada indicador. Nessa matriz são mostrados os níveis de exigência ou cuidado para as ações

preventivas/mitigatórias dos riscos decorrentes das atividades correlacionada à biossegurança das nanotecnologias. A seguir, é mostrada a planilha de evidência de risco para a dimensão ambiental e de saúde, bem como a sua Matriz de Risco gerada pelo software do GMP-RAM.

Tabela 1. Descrição dos indicadores ambientais utilizados na planilha de inserção de riscos [5-11]

Riscos Potenciais	Critério para Avaliação	Dados/Informação para Avaliação
(p) Resíduos provenientes de indústrias e/ou laboratórios de nanocompostos	Monitoramento do solo, água, flora, microbiota e fauna visando à qualidade ambiental	A disposição inadequada de nanoresíduos pode fazer com que estes atinjam as rotas de exposição humana, da fauna e flora através de acumulação no solo e água utilizada para abastecimento.
(q) Exposição à nanocompostos em diversos cenários	Validação dos testes <i>in vitro</i> contra modelos <i>in vivo</i>	A validação desses testes deve ser vista como uma etapa essencial no desenvolvimento e aceitação de um produto
(r) Efeitos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente	Avaliação do ciclo de vida do produto nanorelacionado e testes ecotoxicológicos	Avaliação do ciclo de vida é uma ferramenta para avaliar as consequências de um produto ou sua atividade como um todo durante toda sua vida

Fig. 1. Planilha de Inserção de Riscos

Fig. 2. Matriz de Risco Gerada pelo GMP-RAM

## Conclusões

O caráter inclusivo do Método/Software GMP-RAM permite que sua aplicação para outras tecnologias,

ou avaliações de modo geral, seja consideravelmente facilitada. Dessa forma, o método foi completamente adaptado com sucesso para o caso das nanotecnologias através da inserção de indicadores relacionados com esta tecnologia.

Assim, foi possível concluir que as nanotecnologias não oferecem grandes riscos à sociedade, mas estas precisam ser estudadas caso a caso para a redução ou gerenciamento dos possíveis riscos iminentes ao seu uso e aplicação. Este trabalho ainda evidenciou algumas estratégias necessárias para a gestão das nanotecnologias, como por exemplo, o desenvolvimento e a validação de métodos internacionais para fabricação, caracterização, identificação dos riscos, avaliação do ciclo de vida e simulação em ambiente natural para materiais nanoengenheirados além da criação de bases de dados públicas para fins de avaliação da segurança das nanopartículas. Estas estratégias irão embasar as Políticas Públicas em Nanotecnologia e em consequência servirão para alavancar o desenvolvimento deste setor no País com segurança.

6. E. Mantovani; A. Porcari; C. Meili; M. Widmer *Mapping study on regulation and governance of nanotechnologies*, Framingnano Project. 2009.

7. G. A. Martínez-Castañón; N. Niño-Martínez; F. Martínez-Guitierrez; J. R. Martínez-Mendoza. *J. Nanopart. Res.* 2008, 10, 1343.

8. N. Musee *Environ. Int.* 2011, 37, 112-128.

9. M. P. Paschoalino. G. P. S. Marcone; W. F. Jardim *Quím. Nova.* 2010, 33, 421.

10. H. Sutcliffe; S. Hodgson *An uncertain business: the technical, social and commercial challenges presented by nanotechnology*, Acona, London, 2006.

11. K. K. Y. Wong; J. Tian; C. M. Ho; C. N. Lok; W. Y. Yu; C. M. Che; J. F. Chiu; P. K. H. Tam *YU ChemMedChem.* 2007, 2, 129.

---

## Agradecimentos

---

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq – Brasil; Embrapa Meio Ambiente; Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

---

## Referências

---

1. P. R. Buseck; K. Adachi *Elements.* 2008, 4, 389.

2. C. Meili MEILI, C. *The innovation Society*, 2006.

3. T. E. Bell *Reporting risk assessment of nanotechnology: a reporter's guide to sources and research issues*, National Nanotechnology Initiative. 2006.

4. K. R. E. Jesus; A. C. Lanna; F. D. Vieira; A. L. Abreu; D. U. Lima *Appl. Biosaf.* 2006, 11(3), 127.

Referências dos Indicadores Citados:

5. L. K. Breggin; J. Pendergrass *Where does the nano go? End-of-life regulation of nanotechnologies*, Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2007.

ISSN 2175-8395



# Rede de Nanotecnologia Aplicada ao Agronegócio

Anais do VI Workshop 2012



## **Editores**

Maria Alice Martins  
Morsyleide de Freitas Rosa  
Men de Sá Moreira de Souza Filho  
Nicodemos Moreira dos Santos Junior  
Odílio Benedito Garrido de Assis  
Caue Ribeiro  
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**Embrapa**

ISSN 2175-8395

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

**REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO**

**ANAIS DO VI WORKSHOP – 2012**

Maria Alice Martins  
Morsyleide de Freitas Rosa  
Men de Sá Moreira de Souza Filho  
Nicodemos Moreira dos Santos Junior  
Odílio Benedito Garrido de Assis  
Caue Ribeiro  
Luiz Henrique Capparelli Mattoso

**Editores**

Fortaleza, CE  
2012

## Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Instrumentação**

Rua XV de Novembro, 1452,  
CEP 13560-970 – São Carlos, SP  
Fone: (16) 2107-2800  
Fax: (16) 2107-2902  
<http://www.cnpdia.embrapa.br>  
E-mail: [sac@cnpdia.embrapa.br](mailto:sac@cnpdia.embrapa.br)

### **Embrapa Agroindústria Tropical**

Rua Dra. Sara Mesquita, 2270,  
CEP 60511-110 – Fortaleza, CE  
Fone: (85) 3391-7100  
Fax: (85) 3391-7109  
<http://www.cnpat.embrapa.br>  
E-mail: [sac@cnpat.embrapa.br](mailto:sac@cnpat.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações da Embrapa Instrumentação**

Presidente: João de Mendonça Naime  
Membros: Débora Marcondes Bastos Pereira Milori, Washington Luiz de Barros Melo, Sandra Protter Gouvêa, Valéria de Fátima Cardoso.  
Membro suplente: Paulo Sérgio de Paula Herrmann Júnior

### **Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical**

Presidente: Antonio Teixeira Cavalcanti Júnior  
Secretário-Executivo: Marcos Antonio Nakayama  
Membros: Diva Correia, Marlon Vagner Valentim Martins, Arthur Cláudio Rodrigues de Souza, Ana Cristina Portugal Pinto de Carvalho, Adriano Lincoln Albuquerque Mattos e Carlos Farley Herbster Moura

Supervisor editorial: Dr. Victor Bertucci Neto

Capa: Mônica Ferreira Laurito, Pedro Hernandes Campaner

Imagens da capa:

Imagem de MEV-FEG de Titanato de potássio – Henrique Aparecido de Jesus Loures Mourão, Viviane Soares

Imagem de MEV de Eletrodeposição de cobre – Luiza Maria da Silva Nunes, Viviane Soares

Imagem de MEV de Colmo do sorgo – Fabrício Heitor Martelli, Bianca Lovezutti Gomes, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de HPMC com nanopartícula de quitosana – Marcos Vinicius Lorevice, Márcia Regina de Moura Aouada, Viviane Soares

Imagem de MEV-FEG de Vanadato de sódio – Waldir Avansi Junior

Imagem de MEV de Fibra de pupunha – Maria Alice Martins, Viviane Soares

1ª edição

1ª impressão (2012): tiragem 300

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº. 9.610).

#### **CIP-Brasil. Catalogação na publicação.**

**Embrapa Instrumentação**

---

Anais do VI Workshop da rede de nanotecnologia aplicada ao agronegócio 2012 – São Carlos: Embrapa Instrumentação; Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2012.

Irregular

ISSN: 2175-8395

1. Nanotecnologia – Evento. I. Martins, Maria Alice. II. Rosa. Morsyleide de Freitas. III. Souza Filho, Men de Sá Moreira de. IV. Santos Junior, Nicodemos Moreira dos. V. Assis, Odílio Benedito Garrido de. VI. Ribeiro, Caue. VII. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria Tropical.