



MÉTODO 'IMPACTOS-NANOTEC' PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO DAS NANOTECNOLOGIAS NA AGRICULTURA

Leonardo da Silva Granziera¹; Katia Regina Evaristo de Jesus¹; Catiana Regina Brumatti¹, Odílio B. G. Assis²

¹ 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 katiareg@cnpma.embrapa.br

² Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP, Brasil. Rua XV de Novembro, 1452 – CP. 741 CEP: 13560-970 – Telefone: 55 (16) 2107-2800 odilio@cnpdia.embrapa.br

Projeto Componente: PC6

Plano de Ação: 7

Resumo

A Nanotecnologia está baseada na crescente capacidade da tecnologia moderna de manipular átomos e partículas em nanoescala, com aplicações em diversas áreas de atuação, desde a medicina, meio ambiente e agricultura. Apesar das nanotecnologias apresentarem propriedades físicas específicas, a avaliação dos impactos associados ao seu emprego e liberação no meio ambiente ainda não é uma prática corrente. Neste cenário, o presente trabalho propõe o estudo de caso de nanopartículas na agricultura, através do levantamento de indicadores, utilizando uma metodologia empregada para estudo de transgênicos, adaptada para um novo software de avaliação de riscos de nanoproductos.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Método de Impactos-Nanotec, estudo de caso de nanopartículas na agricultura

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA (Jaguariúna – SP). Katia Regina Evaristo de Jesus- Hitzschky. **Software Impactos- Nanotec**. BR n PI 11695-2. 01 Fev. 2009; 31 Mai. 2011. Revista da Propriedade Industrial, Rio de Janeiro, n.2108 ,31 mai 2011.

Introdução

O rápido desenvolvimento da nanotecnologia movimentou anualmente uma indústria multibilionária [1], graças a sua gama de aplicações. Em geral ela vem sendo empregada para economia de energia, recuperação do meio ambiente, menor uso de matérias primas, e na saúde humana, associada à liberação controlada de drogas no organismo. Existe também a aplicação na área

alimentar, como 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

a saúde humana durante a sua manufatura, uso e destinação final [2].

Dentre os possíveis problemas associados à nanotecnologia podemos citar a nanopoluição gerada por nanomateriais. 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, dos 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.

Material e métodos

A identificação de indicadores de impacto potencial das nanotecnologias foi baseada em um levantamento da literatura especializada, onde o foco foi reunir as informações mais relevantes úteis ao público em geral e aos cientistas e tomadores de decisão da esfera pública. Foram selecionados alguns indicadores de impacto potencial das nanotecnologias aplicadas à agricultura com foco nos efeitos para o meio ambiente. Estes indicadores foram inseridos no Método/Software Impactos-Nanotec [3] (Fig. 1). Nesta ferramenta foram atribuídos os pesos e realizadas a avaliação até o final, com o resultado final apresentado na matriz.

Toda esta informação está apresentada nas três ferramentas do Método/Software Impactos-Nanotec: (1) planilhas para a realização da 'Avaliação de Segurança', através da formulação do Índice de Segurança; (2) Planilha de indicadores para a compilação do Nível de Desempenho dos Indicadores, definido pelo 'Índice de Magnitude'. Finalmente, a combinação de ambos os Índices (Segurança×Magnitude) possibilita a formulação do resultado na (3) Matriz de Impacto que é construída pelo 'Índice de Impacto Geral'.

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 Impactos-Nanotec (Fig. 2).

Os indicadores da área ambiental utilizados para o preenchimento do método estão descritos na Tabela 1. Na matriz de avaliação de risco verificamos os principais parâmetros analisados para a segurança ambiental das nanotecnologias (Fig. 3).

Tabela 1. Alguns indicadores de Impacto da área ambiental

Indicador	Referências
Presença de poluentes e/ou partículas em suspensão na atmosfera	[4]
Avaliação do ciclo de vida do produto nanorelacionado	[5]
Modificação nos processos e nas dinâmicas dos sistemas ecológicos por estresse ambiental devido à presença de nanopartículas	[6]
Avaliação de segurança para agroquímicos de nanoescala	[7]
Exposição de organismos não-alvo da biota de ambientes terrestre e aquáticos onde foram aplicados os agroquímicos em nanoescala	[8] [9]
Inibição da germinação da semente devido à fitotoxicidade das nanopartículas	[10] [11]

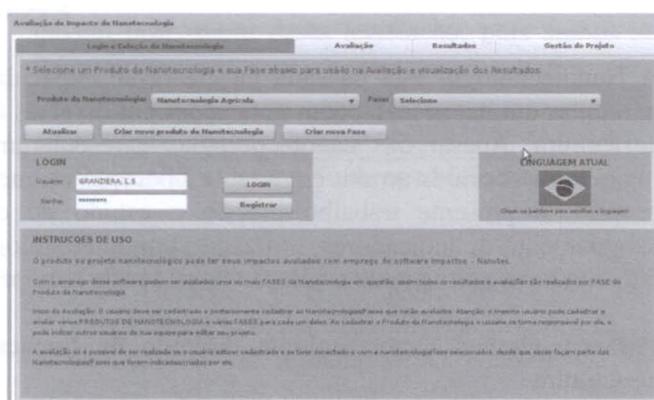


Figura 1. Parâmetros específicos da área ambiental analisados para o estudo de caso das nanotecnologias indicados no Software Impactos-Nanotec.

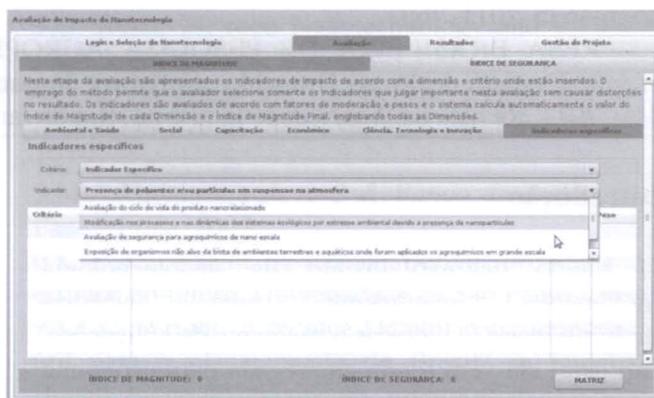


Figura 2. Interface do Software Impactos-Nanotec – Avaliação de Magnitude.

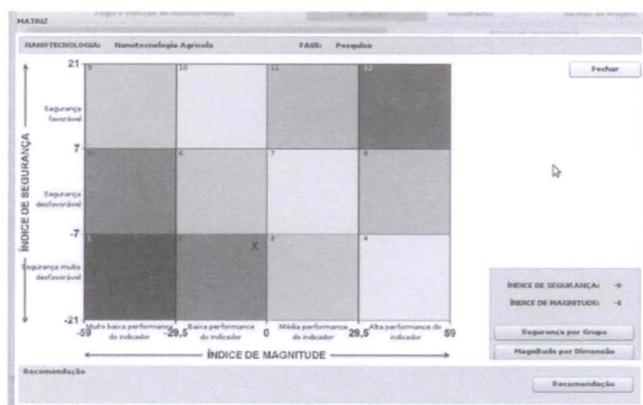


Figura 3. Matriz de Avaliação de Impacto.

Conclusões

O procedimento adotado neste trabalho visa suprir a demanda crescente por metodologias que permitam uma análise dedicada e integrada para as diversas dimensões de impactos possíveis das nanotecnologias, de modo a responder os questionamentos da sociedade de maneira geral. Com a análise dos indicadores levantados com o estudo de caso das nanotecnologias para a agricultura empregando o Método Impactos-Nanotec foi possível concluir que para uma avaliação instruída e robusta da segurança ambiental de nanotecnologias para a agricultura só é possível se houver um esforço por parte da equipe para que um maior número de informações possíveis seja levantado permitindo uma avaliação completa do caso em questão. Este cuidado possibilitará que algumas medidas de monitoramento e restrições sejam tomadas.

No caso dos nanopoluentes dispersos na atmosfera, à 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 monitorado devido à sua grande estabilidade na água.

Agradecimentos

CNPq, Finep, Capes e Embrapa Meio Ambiente. Bolsa PIBIC (Processo nº148516/2011-4).

Referências

- 1- F. Allhoff; P. Lin; J. Moor; J. Weckert. *Nanoethics: The Ethical and Social Implications of Nanotechnology*. apud P.R. Buseck; K. Adachi in *Nanoparticles in the Atmosphere*. Elements, Arizona, 2008; Vol. 4, 389–394.
- 2- T. E. Bell. Reporting Risk Assessment of Nanotechnology: A Reporter's Guide to Sources and Research Issues. *N. Nan. Init.* 2006, 8.
- 3- K. R. E. Jesus- Hitzschky, BR n PI 11695-2, 2011; *Rev. Prop. Int.* 2011, 275, 2108.
- 4- E. Mantovani; A. Porcari; C. Meili; M. Widmer. *Mapping Study on Regulation and Governance of Nanotechnologies*. 2009, 133.
- 5- NNI - National Nanotechnology Initiative. Disponível em <<http://www.nano.gov/>>. Acesso em: 23 de março de 2011.
- 6- J.S. Lima. Processos biológicos e o biomonitoramento. in *Indicadores ambientais: conceitos e aplicações*. N.B. Maia; H.L. Martos; W. Barrella Ed.; Educ, São Paulo, 2001. 285.
- 7- ETC Group- Action Group on Erosion Technology and Concentration; 2004, Disponível em: <<http://www.etcgroup.org/search.asp?theme=11>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2012.
- 8- P.E. Degrande. *Guia prático de controle das pragas do algodoeiro*. Dourados, 1998, 62.
- 9- J.R. Prasifka; R.L. Hellmich; G.P. Dively; L.C. Lewis. Assessing the effects of pest management on nontarget arthropods: The influence of plot size and isolation. *Environ. Entomol.* 2005, 34(5), 1181-1192.
- 10- D. Lin; B. Xing. Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth. *Envir. Pol.* 2007, 150, 243-250.
- 11- M. Khodakovskaya; E. Dervishi; M. Mahmood; Y. Xu.; Z. Li; F. Watanabe; A.S. Biris. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. *ACS Nano*. 2009, 3 (10), 3221-3227.

ISSN 2175-8395

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

REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO

ANAIIS DO VI WORKSHOP – 2012

Maria Alice Martins
Morsyleide de Freitas Rosa
Men de Sá Moreira de Souza Filho
Nicodemus 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

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

**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.