



## CENÁRIO ATUAL DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL: PROSPECÇÃO DA PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA

**Katia Regina Evaristo de Jesus<sup>1</sup>, Odílio B. G. Assis<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> 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 oferece a perspectiva de grandes avanços no processo de produção, nas áreas de agricultura e saúde, promovendo melhoria da qualidade de vida e reduzindo os impactos sobre o meio ambiente. Apesar de um aumento progressivo na utilização das nanotecnologias em todo o mundo, seu potencial ainda encontra-se reprimido no Brasil, devido ao estágio inicial de desenvolvimento. Portanto, as informações geradas a partir da análise e prospecção da percepção da comunidade científica atuante nas áreas correlatas da Nanotecnologia podem auxiliar a formulação de políticas e regulamentações permitindo que os legisladores e formuladores de políticas públicas versem adequadamente sobre o tema.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Indicadores de Impacto, Método de Avaliação de Impactos

### Introdução

A nanotecnologia tem atraído o interesse de inúmeros grupos de pesquisa em todo o mundo, devido ao seu enorme potencial de aplicação nos mais variados setores industriais e ao impacto que seus resultados podem dar ao desenvolvimento tecnológico e econômico. Neste contexto, existe uma infinidade de áreas onde a nanotecnologia pode oferecer uma contribuição significativa, algumas das quais, inclusive, já existem produtos em comercialização (1).

Os resultados dos estudos que analisam a aceitação da nanotecnologia pelo consumidor podem variar dependendo do campo de aplicação. A atitude da sociedade em relação à nanotecnologia é impulsionada por outros determinantes que não apenas o conhecimento. Ela é uma tecnologia amplamente aceita, exceto quando está ligada à alimentação. Assim, para a melhor comunicação de risco, é importante desenvolver estratégias que ajudem as pessoas a compreender esta tecnologia, bem como à diferenciação entre os campos de sua aplicação e as relações de causa e efeito envolvidas (2). Além disso, a maioria dos estudos que aborda a questão da regulamentação da nanotecnologia têm utilizado análises descritivas ou tendem a se concentrar nas sugestões normativas para a

adaptação ou reforma de outros sistemas de regulação existentes. Os novos atributos da nanotecnologia demandam diferentes rotas para a avaliação de risco-benefício e gestão de riscos, e na atualidade, a inovação pela nanotecnologia precede a política e regulação ambiental. As estruturas em escala e sistemas nanotecnológicos têm o potencial de afetar não apenas a saúde humana e do ambiente mas também aspectos da vida social e os valores culturais. As principais recomendações para a avaliação do risco-benefício e de gerenciamento de risco lidam com aplicações de elevado risco da nanotecnologia, questões de curto e longo prazo, além de modelos de regulação/regulamentação global para a nanotecnologia (3).

### Materiais e métodos

Formulação do questionário online: A primeira consulta aos especialistas da área de Nanotecnologia foi realizada remotamente por meio de um questionário formulado de acordo com a Técnica Delphi (4), foi estruturado e disponibilizado no website da Embrapa Meio Ambiente. Para a construção do questionário disponibilizado na web, o banco de dados foi modelado utilizando Linguagem de Consulta Estruturada ou SQL, linguagem de pesquisa declarativa para banco de dados relacional. O Sistema de Gerenciamento de



Banco de Dados utilizado foi o MySQL, que se baseia no padrão SQL. Para modelar as tabelas e campos foi utilizado o MySQL-Front, programa gratuito para gerenciamento do banco de dados. Por fim, através do MySQL Front exportou-se os dados para posterior tabulação e análises (5).

Este tipo de construção foi escolhido por apresentar uma melhor apresentação, maior credibilidade já que o questionário foi hospedado no website institucional. Este formato possibilitou o preenchimento e salvamento periódicos dos dados, encaminhamento do lembrete de término do prazo do preenchimento do questionário e facilitou a tabulação dos dados de forma automatizada.

Os painelistas tiveram o prazo de 90 dias para responder as questões. O convite foi enviado por e-mail aos 462 especialistas com uma breve explicação dos motivos do levantamento e instruções para o seu preenchimento e devolução. O questionário pode ser consultado no link: <http://www.cnpma.embrapa.br/nanotec1> utilizando a chave de acesso: *impactos-nano*.

**Segunda rodada de consulta presencial no formato de um workshop:** Após a tabulação e análise das respostas da primeira rodada de consulta foi organizada a rodada de consulta presencial no formato de um workshop, neste evento foram distribuídos questionários de acordo com a técnica Mini-Delphi (6) de consulta a especialistas, adaptada para rodada presencial. Durante o preenchimento destes questionários foram feitos esclarecimentos pela equipe responsável pela condução do trabalho em alguns casos foram realizadas entrevistas presenciais. Os trabalhos conduzidos durante este evento foram realizados com o objetivo de consolidar as respostas da primeira consulta. O Mini-Delphi (7), pode ser conceituado como um processo estruturado de consulta a especialistas, que mantendo as principais características do método Delphi (4) permite a realização de um estudo com grande agilidade em uma única sessão de trabalho ou workshop.

Para a realização do Mini-Delphi, foi utilizado um questionário tipo Delphi, com os respondentes presentes no local, sendo mantidas as características centrais de anonimato das respostas em cada rodada, e a apresentação de feedback dos resultados da primeira rodada aos participantes. A partir deste feedback foi feita uma discussão dos resultados e aprovação das prioridades apontadas.

## Resultados e discussão

Tabela 1: Distribuição dos resultados obtidos na 1ª rodada de consulta aos especialistas: Dimensão Econômica e Política em Nanotecnologia.

Questões	Grau de relevância (%)			Possível Indicador
	Baixa	Média	Alta	
1. Programas de investimento gov. em P&D	0,5	0,0	99,4	Sim
2. Investimento empresarial em P&D	2,2	1,1	96,5	Sim
3. Investimento em Estudos de Impacto	0,5	2,2	97,1	Sim
4. Existência de processos impetrados por Órgãos de contra fabricantes de produtos nano	14,3	13,1	72,4	Não
5. Número de legislações gov e/ou de organizações específicas para avaliar a segurança	2,9	5,8	91,1	Sim
6. Existência de acordos internacionais visando o uso adequado de nanotecnologias	0,5	7,0	92,3	Sim
7. Normas para o Controle Federal sobre processos de nanoencapsulação devido à potencial p armas biológicas	3,5	7,1	89,3	Sim
8. Aplicação de recursos em ensino de pós-graduação em nanotecnologia	0,5	0,5	98,8	Sim
9. Aumento dos investimentos em fundos de ações ligados à nanotecnologia	2,9	4,7	92,3	Sim

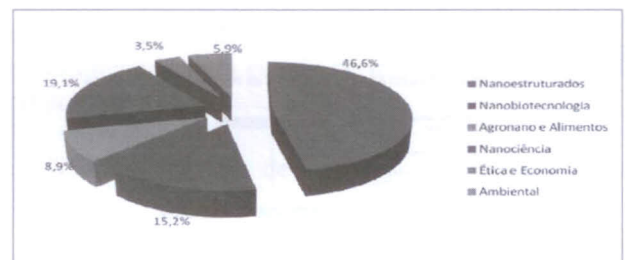


Figura 1: Divisão de especialistas por área de conhecimento (em porcentagem).

Os especialistas foram questionados quanto às dificuldades no desenvolvimento de produtos, ou processos, que atualmente afetam a ampliação da oferta de produtos nanotecnológicos para a América Latina. Nesta questão os especialistas assinalaram os mais relevantes, sendo o resultado apresentado na Fig. 2. As alternativas que foram indicadas com maior frequência pelos especialistas foram: i) Falta de incentivos para os pesquisadores procurarem parcerias e o mercado; ii) Insuficiência de financiamento do poder público ou privado; iii) Dificuldade de regulamentação e de sua interpretação; iv) Dificuldade de competir com as indústrias internacionais.



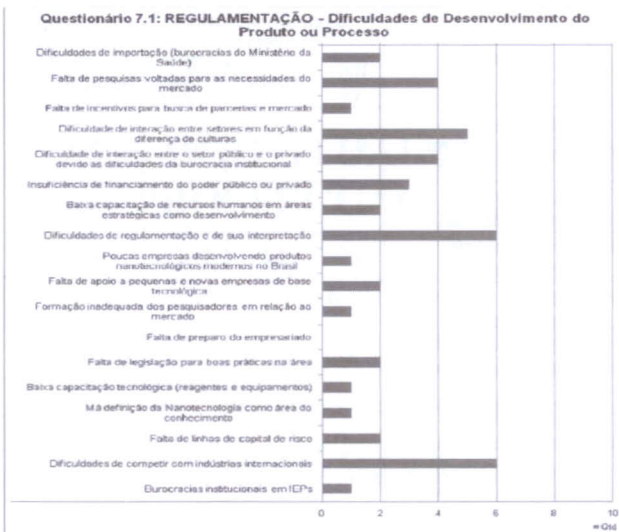


Figura 2: Avaliação das dificuldades de desenvolvimento de produtos nanotecnológicos.

Os especialistas consideram uma etapa importante da regulamentação de novos produtos que tenham um protocolo de avaliação de segurança (Fig. 3). Como resultado os itens considerados mais relevantes foram: i) Avaliação do ciclo de vida (ACV) do produto; ii) Avaliação toxicológica - saúde humana; iii) Monitoramento das áreas de risco (laboratório de desenvolvimento ou manipulação de partículas nanotecnológicas e áreas do entorno das liberações); iv) Testes de segurança para aplicação de nano-cosméticos, nano-fármacos, uso da nanotecnologia para liberação controlada de drogas.

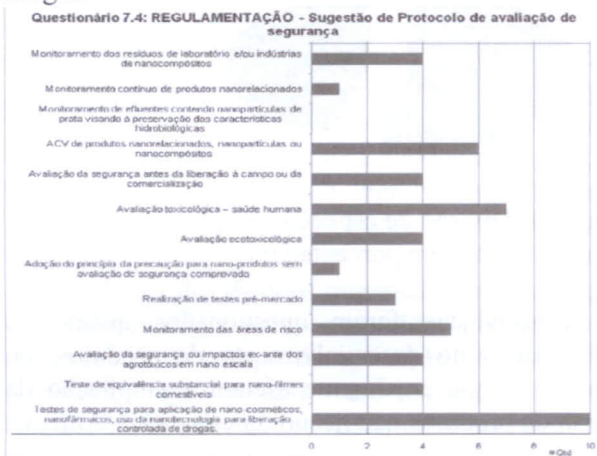


Figura 3: Avaliação dos protocolos de segurança para as nanotecnologias.

## Conclusões

Na análise qualitativa das respostas obtidas nas rodadas de consulta remota e presencial alguns dos comentários feitos pelos especialistas foram bastante interessantes e reforçam a necessidade de avaliação da segurança e de formulação de regulamentações para o tema. Outra grande

preocupação dos especialistas é sobre a criação de um órgão de regulamentação na área de nanotecnologia, apesar da grande resistência de alguns grupos.

Com relação aos investimentos do Brasil direcionados ao desenvolvimento de nanotecnologias comparado ao investimento de países desenvolvidos. Além disso, todo o montante de recursos direcionados para a nanotecnologia no Brasil é utilizado para a pesquisa de produtos e processos, não havendo investimento na pesquisa dos impactos das nanotecnologias na cadeia produtiva, no meio ambiente e na sociedade.

Resumidamente, alguns esforços de Instituições de Pesquisa ou Órgãos Governamentais poderiam ser dirigidos para definir critérios para o desenvolvimento de protocolos de avaliação de segurança em geral.

Os cientistas e juristas necessitam iniciar um diálogo maior sobre a nanotecnologia, propiciando a criação de uma legislação eficaz, pautada nos direitos constitucionais, em um meio ambiente ecologicamente equilibrado e na qualidade de vida. A análise de impactos como também de riscos devem fazer parte desta legislação, pois ambos se integram.

## Agradecimentos

CNPq, FINEP, Capes e Embrapa Meio Ambiente.

## Referências

- 1.N. Duran;L. H. Mattoso; P. C. Moraes. *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. ArtLiber, São Paulo, 2006.
2. J. Simons; R. Zimmer; C.Vierboom; I. Harlen; R.Hertel; G. Bol. The slings and arrows of communication on nanotechnology. *J. Nan. Res.* 2009, 1555-1571.
- 3.O. Renn; M. roco Nanotechnology and the need for risk governance. *J. Nan.Res.*2006, 153-191.
- 4.H.A. Linstone, M. Turoff. *The Delphi method: techniques and applications*. Addison-Wesley, 1975.
- 5.M.A.Thompson. *Java 2 & Banco de dados*. São Paulo: Érica, 2003.
- 6.J. T. C. Wright. A técnica Delphi: programa de estudos do futuro. Universidade de São Paulo, 1994.
- 7.J.T.C. Wright. A técnica Delphi: Uma ferramenta útil para o planejamento do Brasil? in Encontro Brasileiro de Planejamento Empresarial – “Como Planejar 86”, São Paulo, 1986, Vol.3, p. 199-207.

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  
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](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 n.º 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, Nicodemus Moreira dos. V. Assis, Odílio Benedito Garrido de. VI. Ribeiro, Caue. VII. Mattoso, Luiz Henrique Capparelli. VIII. Embrapa Instrumentação. IX. Embrapa Agroindústria Tropical.