



---

## DESENVOLVIMENTO DAS NANOTECNOLOGIAS NO BRASIL: OPORTUNIDADES E GARGALOS DE ACORDO COM A PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE CIENTÍFICA

---

**Katia Regina Evaristo de Jesus, Odílio B. G. Assis**

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

**Projeto Componente: PC6**

**Plano de Ação: PA 7**

---

### Resumo

A nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços no processo de produção, nas áreas de agricultura e saúde. 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 na formulação de políticas e regulamentações permitindo que os legisladores e formuladores de políticas públicas versem adequadamente sobre o tema. Este estudo identificou a percepção na comunidade científica brasileira sobre o desenvolvimento da nanotecnologia.

**Palavras-chave:** Percepção pública, consulta à especialistas, método Delphi.

---

### 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 gerar 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 (DURAN et al., 2006).

Algumas das principais aplicações são: aumento da capacidade de armazenamento e processamento de dados dos computadores, criação de novos mecanismos para a produção de medicamentos, criação de materiais mais leves, baratos e mais resistentes, economia de energia, proteção ao meio ambiente, menor uso de matérias primas escassas (CADIOLI; SALLA, 2006).

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 fatores 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, seria 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.

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. 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, a identidade humana e os valores culturais. As principais recomendações para a avaliação do risco-benefício e de gerenciamento de risco consistem nas aplicações de questões de curto e longo prazo, além de modelos de regulação/regulamentação global para a nanotecnologia (RENN; ROCO, 2006).

Dessa maneira, apesar do emprego crescente das nanotecnologias, seu potencial encontra-se ainda reprimido devido às questões de percepção

pública e sua consequente influência na legislação. Com vistas a oportunidades e gargalos ao desenvolvimento das nanotecnologias no Brasil, de acordo com a percepção da comunidade científica, foram identificados os pontos mais controversos associados ao tema e a partir destes foram formuladas algumas questões que passariam a compor o questionário web, apresentado remotamente aos especialistas consultados

## Materiais e métodos

Para compor o quadro de especialistas que seriam consultados na primeira rodada de consulta Delphi (remota), foi feita uma busca a partir do Currículo Lattes da plataforma do CNPq baseando-se nas áreas de atuação dos pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa e profissionais de empresas privadas que atuam nas áreas de Nanociência e Nanotecnologia. Como resultado desta busca foram obtidos 457 especialistas.

Tais especialistas foram agrupados em seis grandes áreas (Fig 1) de acordo com suas áreas de atuação como descrito abaixo:

- Desenvolvimento de materiais nanoestruturados: 215 especialistas;
- Nanobiotecnologia: 70 especialistas;
- Agronano e alimentos: 41 especialistas;
- Nanoquímica e nanofísica: 88 especialistas;
- Ética e economia com interface para Nanotecnologia: 16 especialistas; e
- Ambiental com interface para Nanotecnologia: 27 especialistas.

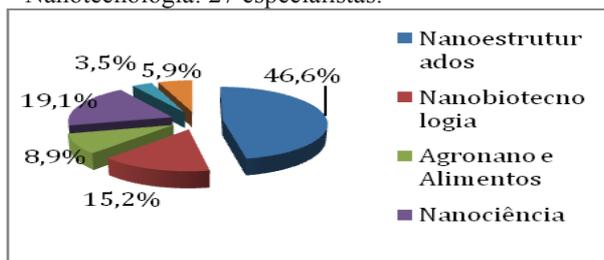


Fig 1. Divisão dos especialidades consultados de acordo com sua área de pesquisa principal (em porcentagem).

O método Delphi, segundo Linstone e Turoff (1975), é uma ferramenta utilizada em pesquisas qualitativas, na qual se busca um consenso de opiniões de maneira geral através de consultas de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros. Essa consulta é realizada através de um questionário, que é repassado diversas vezes até que haja um consenso, ou seja, uma convergência das respostas, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo dos especialistas (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Segundo

Martino (1993) as principais características deste método são: o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados, e o feedback de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes. O questionário formulado foi estruturado para disponibilização 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. O questionário foi elaborado utilizando HTML gerado dinamicamente por PHP. Por fim, através do MySQL Front exportou-se os dados para posterior tabulação e análises (THOMPSON, 2003). O questionário pode ser consultado em breve no link: <http://www.cnpma.embrapa.br/nanotec1> (link a definir) utilizando a chave de acesso: impactos-nano.

## Resultados e discussão

Os resultados obtidos para as questões econômicas e políticas, podem ser observados na Tab 1, na qual constam as frequências obtidas em cada questão, referente ao grau de importância da afirmação ou dos parâmetros apresentados.

## Conclusões

De acordo com as contribuições apresentadas pelos especialistas na consulta, foi ressaltado que ao lado dos estudos de segurança ambiental são necessárias respostas que garantam a segurança de produtos com partículas nano para o meio ambiente. Para tanto, reforçaram a necessidade de métodos científicos para a construção de cenários que possibilitem determinar o alcance dos seus efeitos ambientais, com potencial de causar impacto ambiental negativo, antes mesmo que sejam realizados testes de campo e mercado. Outra preocupação apontada pelos especialistas refere-se a criação de um órgão de regulamentação na área. De acordo com alguns comentários feitos, a preocupação deste órgão seria com a separação de produtos/tecnologias realmente perigosos para a saúde e para o meio ambiente dos produtos/tecnologias que representam avanço tecnológico.

Tab 1: Distribuições resultam da consultoria especializada primeira rodada: dimensão econômica e política em nanotecnologia

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

Com relação aos investimentos direcionados ao desenvolvimento de nanotecnologias comparado ao investimento de países desenvolvidos, é notório que o investimento brasileiro é muito menor. 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.

Na dimensão Institucional e Ciência, Tecnologia e Inovação, um dos pontos relevantes destacados foi sobre a questão das patentes. Acredita-se na importância das patentes para que o Brasil seja reconhecido internacionalmente e também para garantir a independência tecnológica do país. Porém, essa opinião não foi unânime no grupo de especialistas consultados. Alguns especialistas acreditam que o patenteamento de uma inovação capaz de promover qualidade de vida a milhões de pessoas se protegida por patente pode excluir grande parte da população.

Resumidamente, a maioria das contribuições qualitativas refletiu a preocupação com a necessidade de serem definidos critérios para o desenvolvimento de protocolos de avaliação de

segurança em geral ou de uma maneira específica alguns esforços de Instituições de Pesquisa ou Órgãos Governamentais. O levantamento e organização da informação técnica disponível na literatura pode ser a base para orientar estes protocolos que por sua vez irão contribuir com a discussão e elaboração de um processo de padronização da regulamentação que poderia ser capaz de orientar a liberação racional e o esforço de desenvolvimento desta tecnologia.

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 pode representar um passo importante para compor parte desta legislação

---

### Agradecimentos

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

---

### Referências

- CADIOLI, L. P.; SALLA, L. D. Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 98-105. 2006.
- DURAN, N.; MATTOSO, L. H.; MORAIS, P. C. Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação. São Paulo: ArtLiber, 2006. 208p.
- LINSTONE, H. A.; & TUROFF, M. Introduction. Em: *The Delphi method: Techniques and applications*. Addison-Wesley Publishing Company. 1975.
- MARTINO, J. P. *Technological forecasting for decision making*. 3. ed. New York: Mc Graw-Hill Inc., 1993.
- RENN, O.; ROCO, M. Nanotechnology and the need for risk governance. *Journal Nanoparticle Research*, v.8, n. 2, p.153-191, 2006
- THOMPSON, M. A. *Java 2 & Banco de dados*. São Paulo: Érica, 2003.
- WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 12, p. 54