

# CIÊNCIA, TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO: REFLEXÕES A PARTIR DO CASO DA NANOTECNOLOGIA

Aula Inaugural PPG Tecnologia para o Desenvolvimento Social - UFRJ

Noela Invernizzi, PPPP-UFRJ



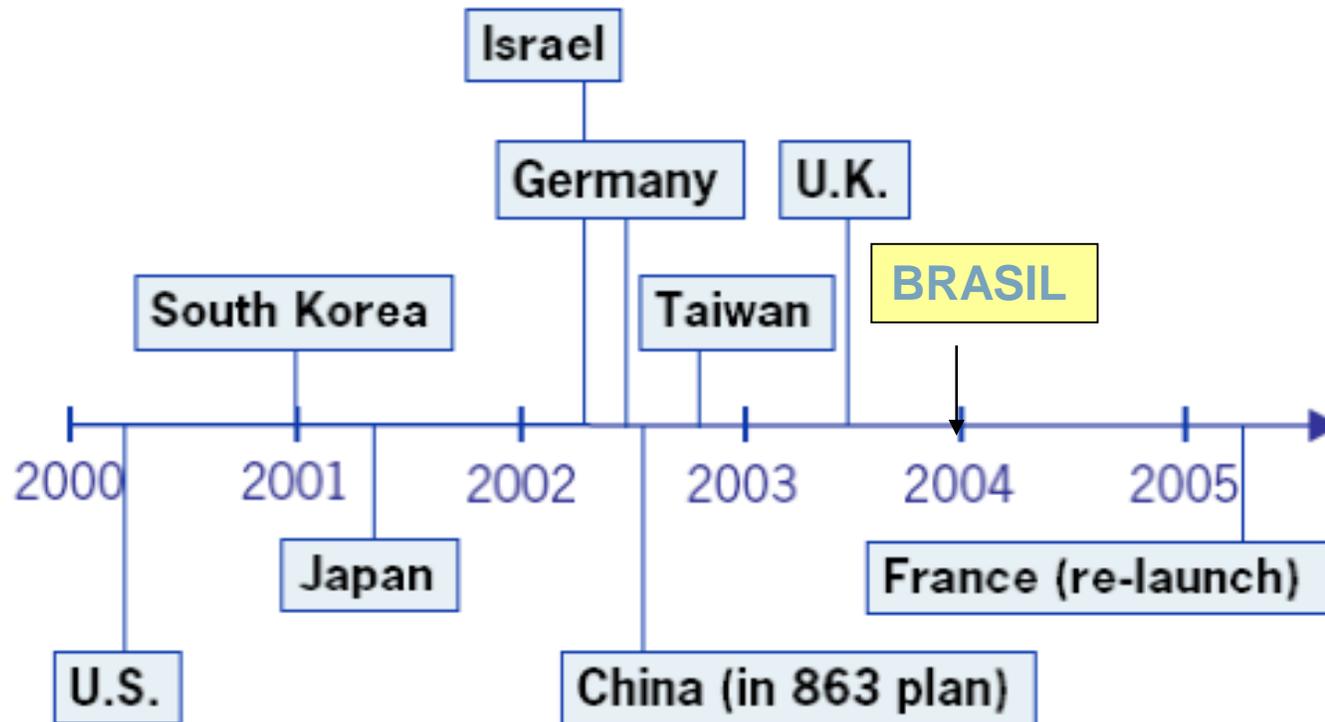
# Sumário

1. Nanotecnologia
2. Tecnologias emergentes e sociedade: promessas e visões
3. Tecnologias emergentes e sociedade: conflitos
4. Avaliação de tecnologias emergentes
5. Qual a governança proposta pelas PCTI para nanotecnologia neste contexto?
6. E no Brasil?
7. Tecnologias emergentes para o desenvolvimento social?

# 1. Nanotecnologia

# Iniciativas de nanotecnologia

Nanotechnology initiatives have proliferated globally

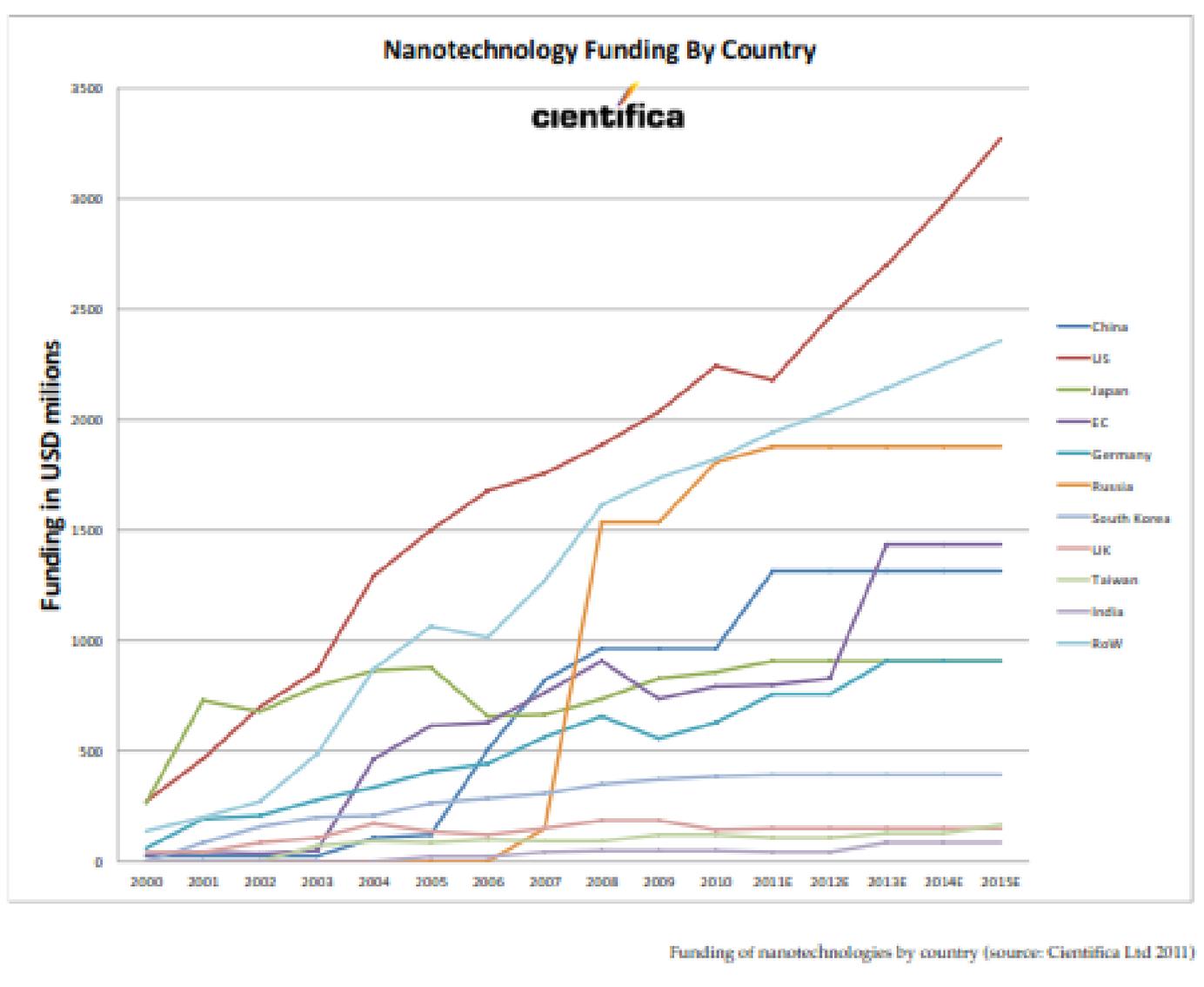


Fenómeno de PCTI global:

- Em meados de 2000 +60 países com programas de NT
- ~ 2010: NT é área prioritária em todos os países da OECD e em 13 países da América Latina



# Programas decolam rapidamente com generoso financiamento



EUA - US\$24 mil milhões investidos desde o lançamento da NNI em 2000 (NNI, 2017)

“...um dos maiores projetos tecnológicos civis depois do programa Apollo” (Lok, 2010)

A Nanotecnologia envolve o **estudo e controle da matéria** na escala de aproximadamente **1 a 100 nanômetros**, na qual **fenômenos únicos** permitem o desenho e produção de materiais, dispositivos e sistemas com novas aplicações.

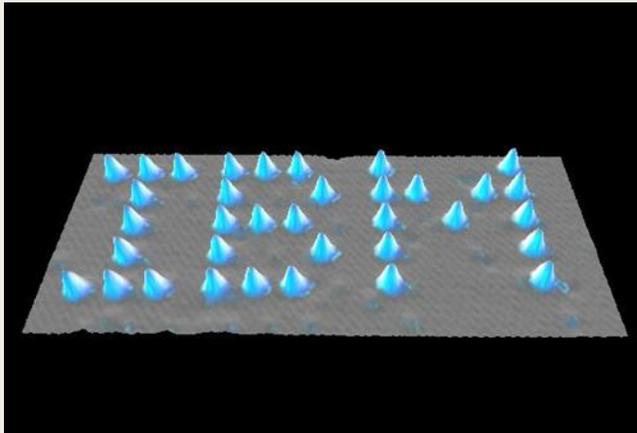
NSTC. (2007). *The National Nanotechnology Initiative: Strategic Plan*. Washington, DC



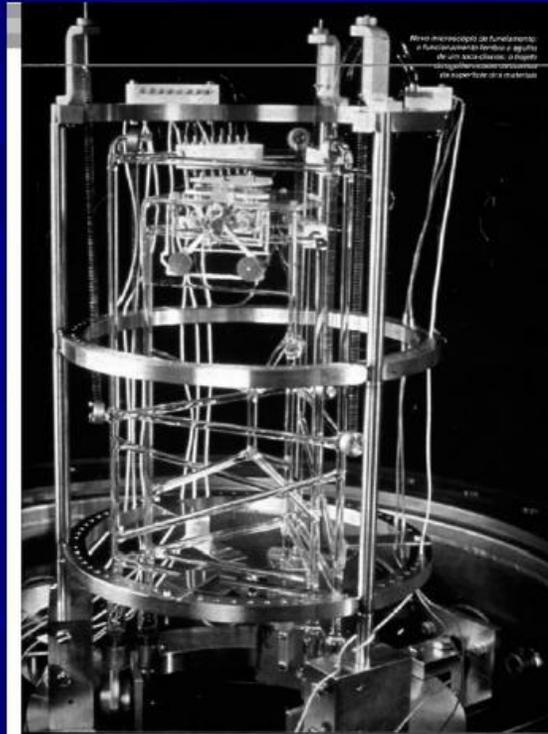
Nano... O que ????

## ...estudo e controle da matéria em nanoescala

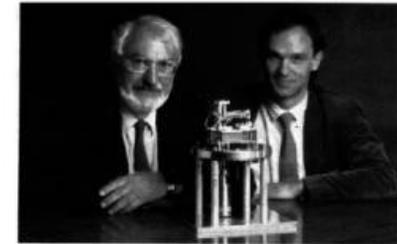
- ✓ Manipulação átomos e moléculas para alcançar a estrutura desejada
- ✓ Papel chave dos microscópios de tunelamento (década de 1980)



Manipulação de átomos de xenônio em microscópio, pela primeira vez, 1990



*Inventado por Binnig e  
Rohrer em 1981 na IBM*



*Rohrer e Binnig: prêmio Nobel pela invenção*

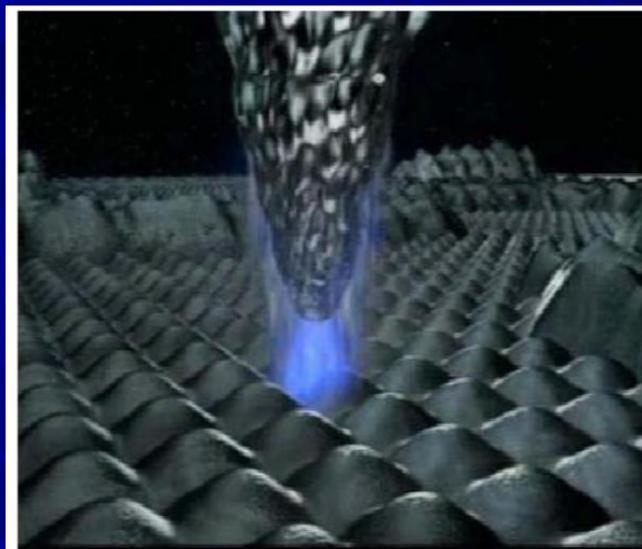
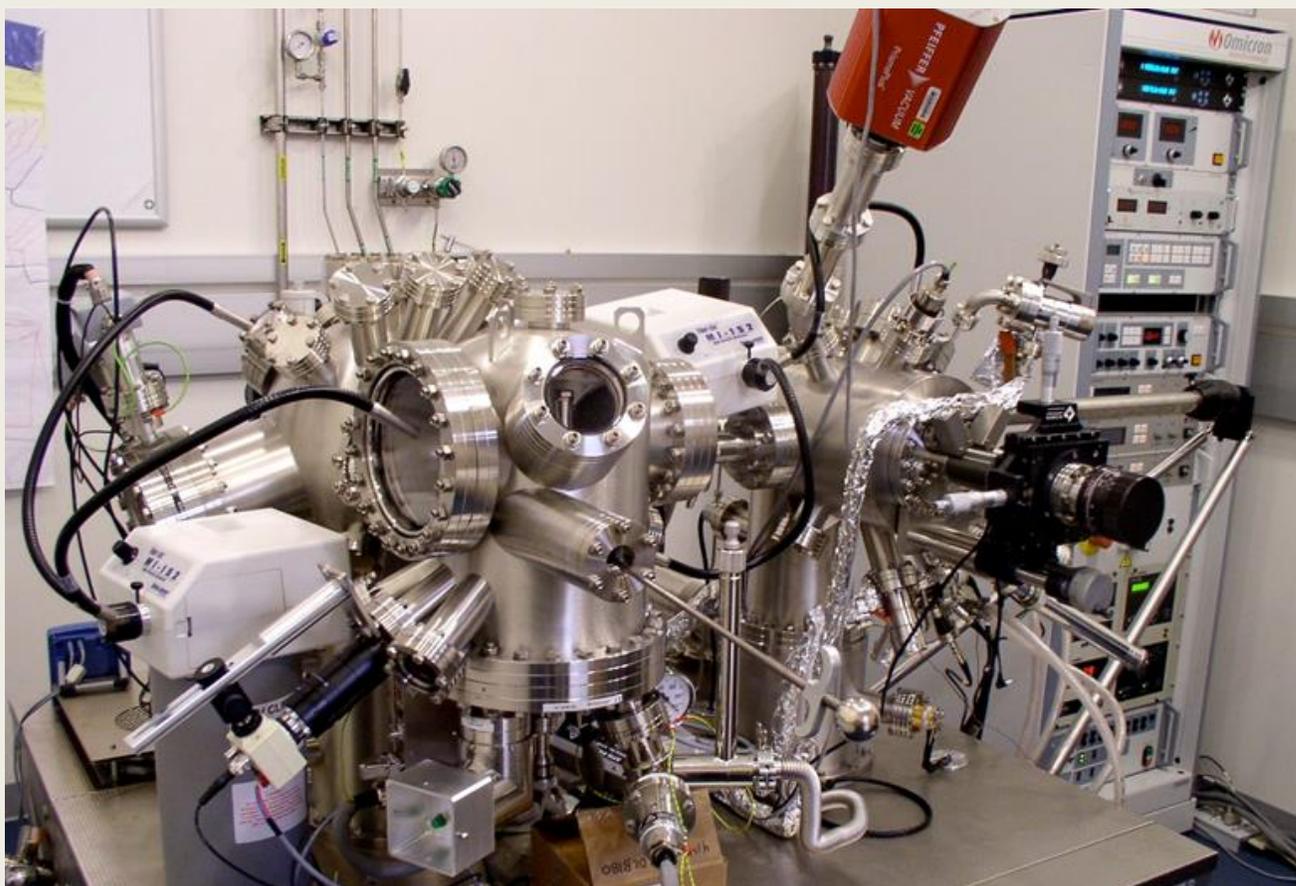
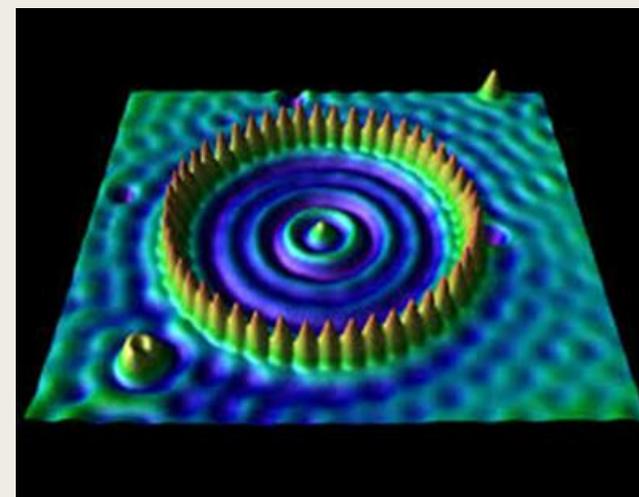


Foto de STM



....na escala de aproximadamente 1 a 100 nanômetros,  
na qual fenômenos únicos permitem....

- Efeitos quânticos - propriedades químicas, mecânicas, magnéticas e óticas diferentes
- Efeitos de superfície - maior reatividade

1nm =  
1 bilionésimo de  
1m

$10^{-9}$

→ Potencial para pesquisa e inovação

→ Fonte de novos riscos

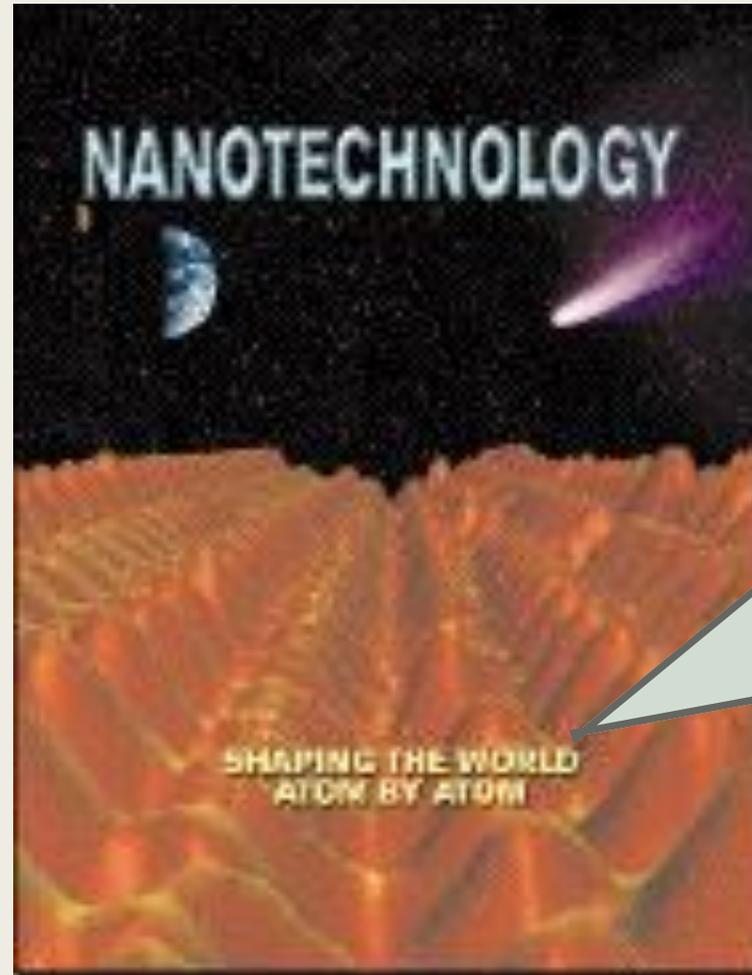
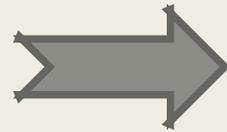
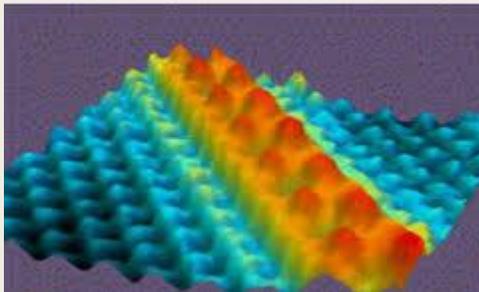
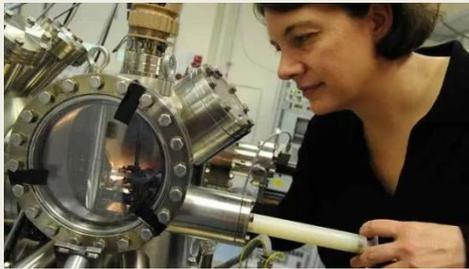
## **2. Tecnologias emergentes e sociedade: promessas e visões**

# Visões tecnocientíficas

- Novos campos científicos propõem **visões de futuro tecnocientífico e de sociedade**.
- Visam legitimar o campo, assegurar financiamento, ganhar apoio público e influenciar as trajetórias tecnológicas.
- São híbridos de fatos e ficções: conteúdos cognitivos, interesses, valores, concepções da relação CTS.
- Influenciam a dinâmica dos debates sociais sobre C&T.

Grundwald (2004); Fiedelerer et al (2005)

# Controle

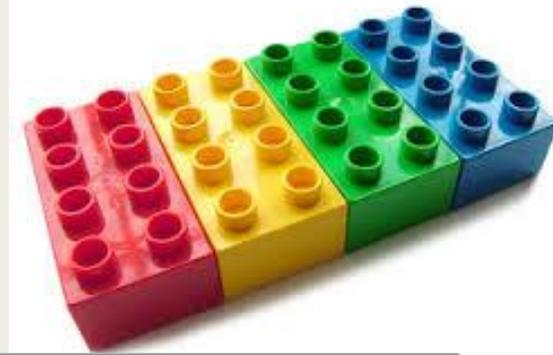


*“Shaping the world  
atom by atom”*

subordinação da  
natureza à  
vontade humana  
num grau de  
controle e precisão  
sem precedentes

Reporte para o Pte. Clinton, base da NNI.  
(NSTC, 1999).

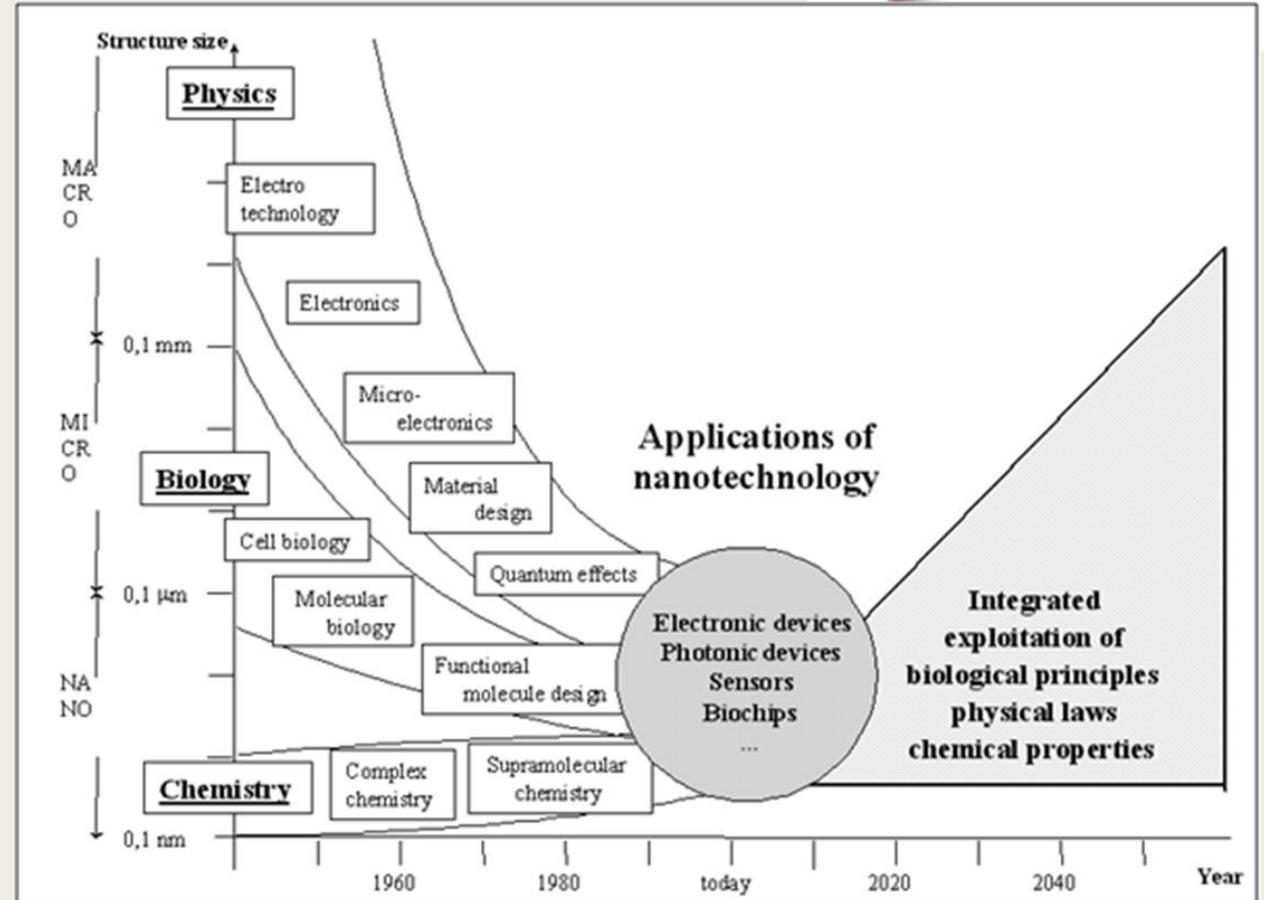
# Blocos de construção da matéria: convergência tecnocientífica



- ✓ *Nanociências e nanotecnologias*
- ✓ *Tecnologias da informação*
- ✓ *Biotecnologia e biomedicina*
- ✓ *Ciências cognitivas*

**NBIC**

***nano-bio-cogno-info***



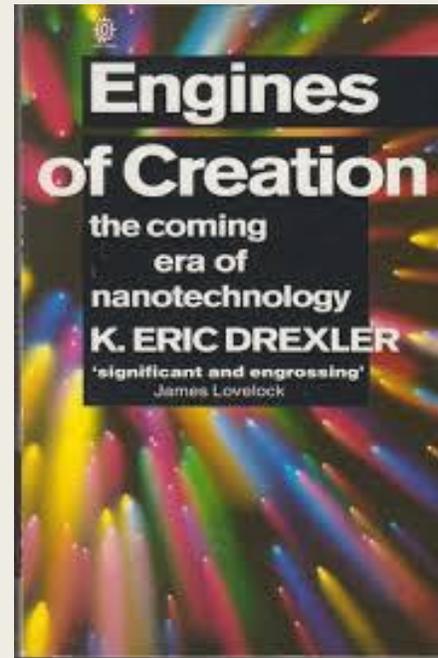
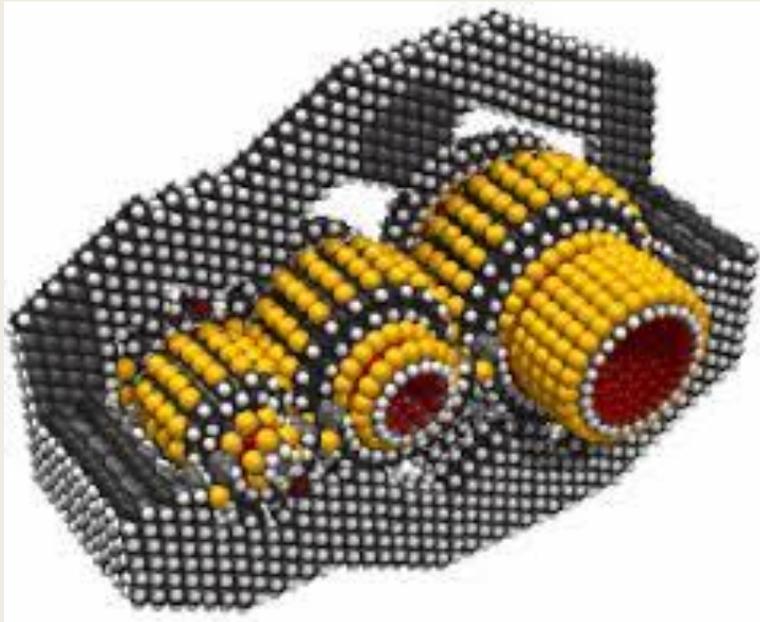
# Eficiência

Announcing the US National Nanotechnology Initiative (NNI) in 2000, President Bill Clinton declared:

“Imagine the possibilities: materials with ten times the strength of steel and only a small fraction of the weight -- shrinking all the information housed at the Library of Congress into a device the size of a sugar cube -- detecting cancerous tumors when they are only a few cells in size. Some of our research goals may take 20 or more years to achieve, but that is precisely why there is an important role for the federal government.”

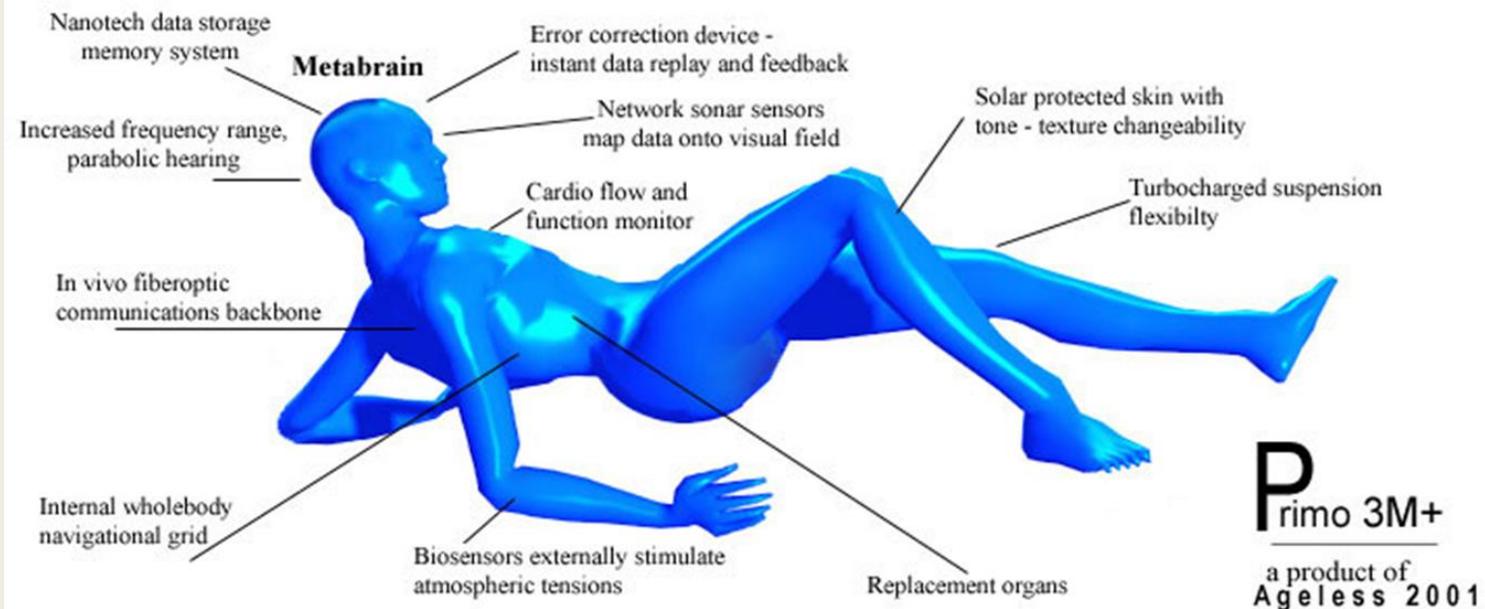
06 March 2002

MIT says an army of NanoWalkers (microbots) will be performing sub-atomic operations within three months. The development signals a new era in technology as industry prepares to move "down" from genomes to atoms.



**DRILLERS, PEEPERS, STRINGERS ENGAGE IN A DELICATE SURGICAL OPERATION TO REMOVE A CANCER TUMOUR**

**Máquinas moleculares universais**



# Melhoramento humano

CONVERGING TECHNOLOGIES  
 FOR IMPROVING HUMAN PERFORMANCE

June 2001



- 1 - Organic Light Emitting Diodes (OLEDs) for displays
- 2 - Photovoltaic film that converts light into electricity
- 3 - Scratch-proof coated windows that clean themselves with UV
- 4 - Fabrics coated to resist stains and control temperature
- 5 - Intelligent clothing measures pulse and respiration
- 6 - Bucky-tubeframe is light but very strong
- 7 - Hip-joint made from biocompatible materials
- 8 - Nano-particle paint to prevent corrosion
- 9 - Thermo-chromic glass to regulate light
- 10 - Magnetic layers for compact data memory
- 11 - Carbon nanotube fuel cells to power electronics and vehicles
- 12 - Nano-engineered cochlear implant

# Revolução industrial

Novos métodos de fabricação: bottom up + top down

Novos materiais podem ser desenhados e materiais existentes melhorados

Dispositivos híbridos: em nanoescala se reduz a diferença entre vivo-não-vivo

Tecnologia facilitadora – aplicada a todos os setores industriais.

# Um mercado bilionário

- 2001 - 1 trilhão de dólares em 2015 (Lux Research)
- 2005 - 3.6 trilhões de dólares em 2015 (Lux Research)
- 2013 - \$1 trillion in global revenue from nano-enabled products (NSF and NNCO, 2013)
- 2016 - \$39.2 billion (BCC “Realistic Market Assessment”, 2016)

# Superação da pobreza

Open access, freely available online

## Policy Forum

# Nanotechnology and the Developing World

Fabio Salamanca-Buentello, Deepa L. Persad, Erin B. Court, Douglas K. Martin, Abdallah S. Daar, Peter A. Singer\*

**N**anotechnology can be harnessed to address some of the world's most critical development problems. However, to our knowledge, there has been no systematic prioritization of applications of nanotechnology targeted toward these challenges faced by the 5 billion people living in the developing world

in the world behind the United States and Japan [4]. In Brazil, the projected budget for nanoscience during the 2004–2007 period is about \$25 million, and three institutes, four networks, and approximately 300 scientists are working in nanotechnology [5]. The South African Nanotechnology Initiative (<http://www.sani.org.za>)

designed to assist UN agencies in achieving the UN MDGs) addresses the potential of nanotechnology for sustainable development.

### Top Ten Nanotechnologies Contributing to the MDGs

In order to provide a systematic approach with which to address

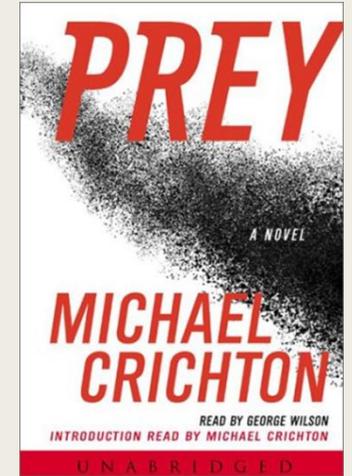
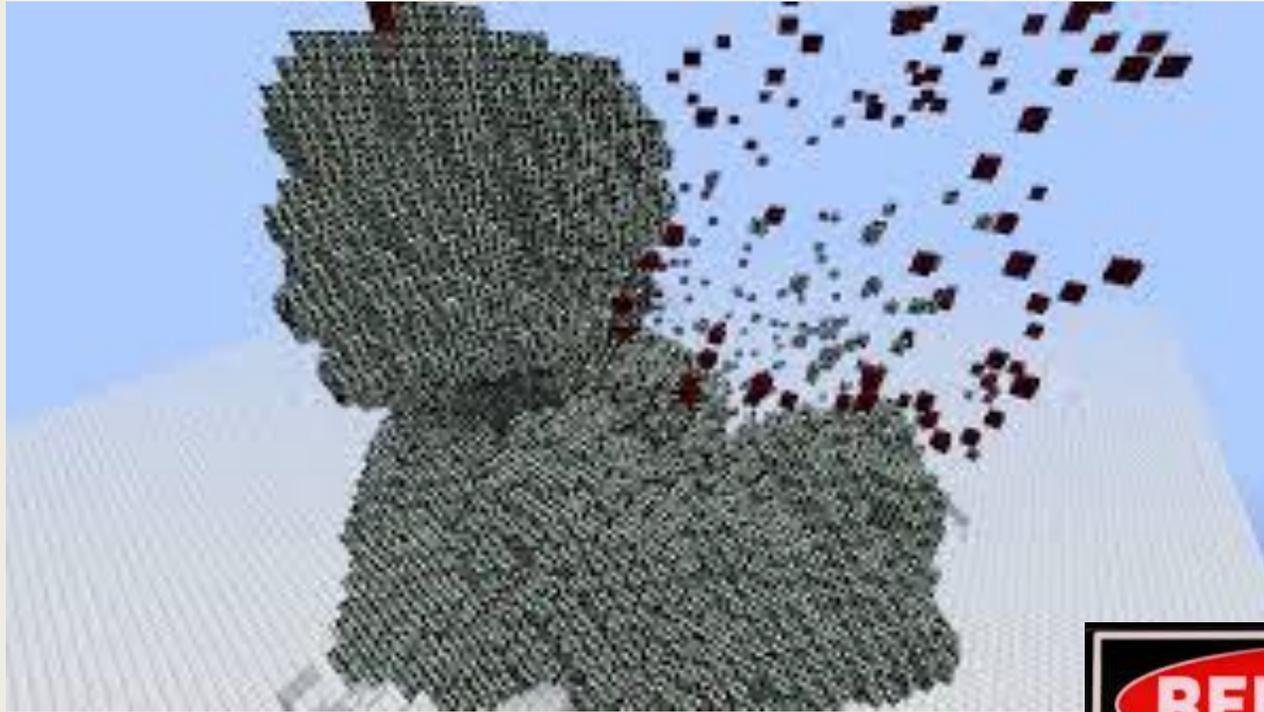


Nanotecnologias podem resolver problemas da pobreza porque

- São baratas
- Soluções para água potável, energia, alimentos e saúde
- Se enquadram num paradigma tecnológico novo: possibilidades de *catching up*

# **3. Tecnologias emergentes e sociedade: Conflitos**

# Distopias



15/03/2017

Why the Future Doesn't Need Us | WIRED

BILL JOY MAGAZINE 04.01.00 12:00 PM

## WHY THE FUTURE DOESN'T NEED US

**Why the future doesn't need us.**

**Our most powerful 21st-century technologies – robotics, genetic engineering, and nanotech – are threatening to make humans an endangered species.**

From the moment I became involved in the creation of new technologies, their ethical dimensions have concerned me, but it was only in the autumn of 1998 that I became anxiously aware of how great are the dangers facing us in the 21st century.



# Pedidos de Moratória

Pedidos de moratória sobre a fabricação, comercialização, e/ou liberação no ambiente de nanomateriais **em função de riscos não avaliados**

2002



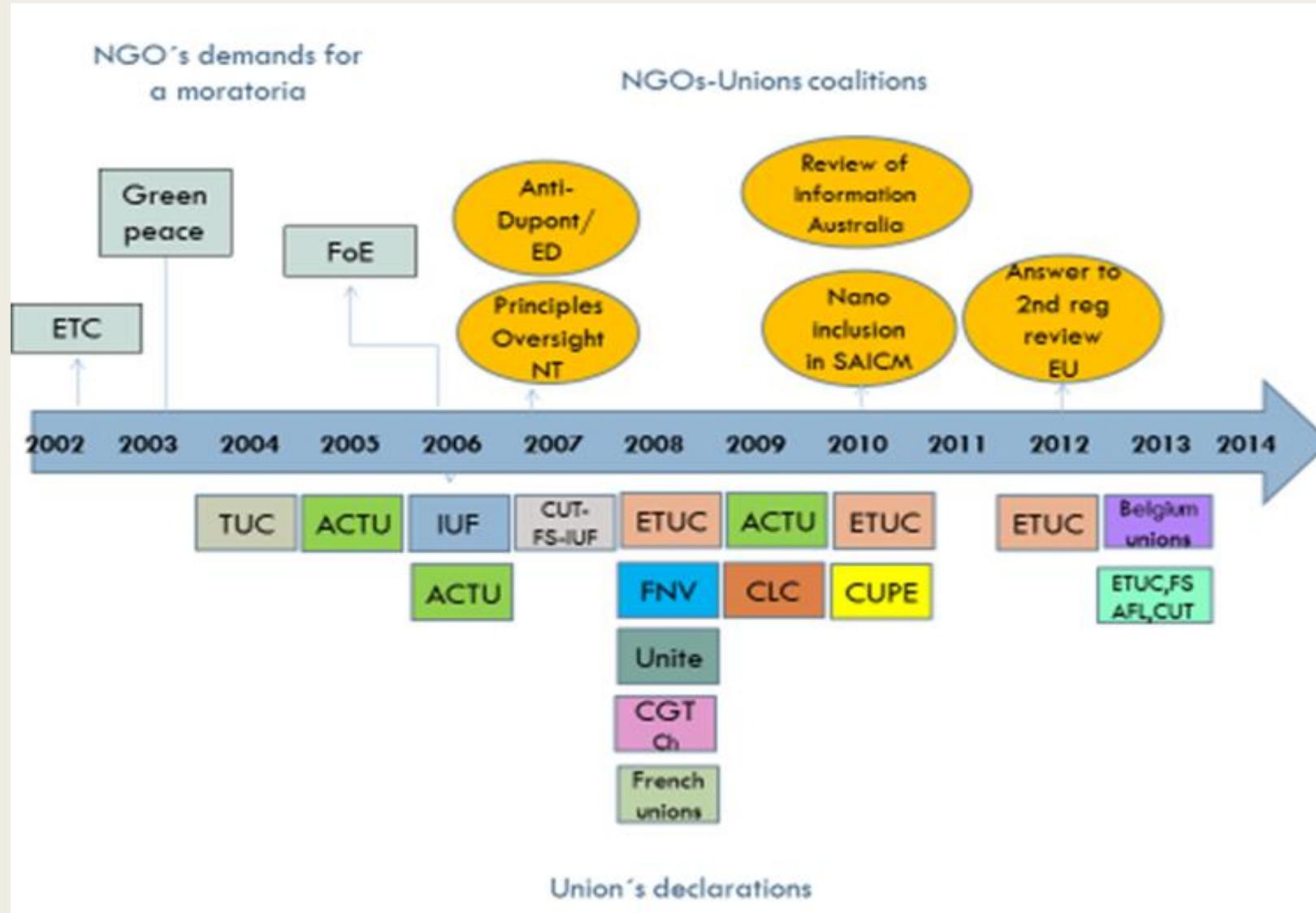
2003



2006



# Ativismo para interpor moratórias, investigar riscos e regular a nanotecnologia



64 ONGs muito ativas  
(Lee e Kigali, 2006)

127 ONGs, das quais 60 com engajamento muito ativo (Triste et al., 2012)

12 sindicatos nacionais, regionais e globais  
(Invernizzi, 2012)

# Porque houve uma rápida reação de grupos sociais organizados?

Nanotecnologia se desenvolve na esteira de :

- **Fortes controvérsias científicas sobre riscos de novas tecnologias:** OGMs, aquecimento global, terapias génicas, “doença da vaca louca”, acidentes industriais...
- **Discussões sobre as implicações sociais e éticas de novas tecnologias:** controle da privacidade individual (TICs, genoma); acesso a novas tecnologias (TICs; medicamentos...), poder das corporações para transformar modos de consumo e de vida (alimentos GM); limites das manipulações da natureza (terapias, clonagem...), etc.

# Porque houve uma rápida reação de grupos sociais organizados?

- **Profissionalização e globalização** crescente do ativismo em torno a C&T
- **Perda de confiança** do público nas agências de governo e na “delegação aos expertos”
- Demandas por **maior participação e transparência** em assuntos de C&T



# Implicações sociais e éticas



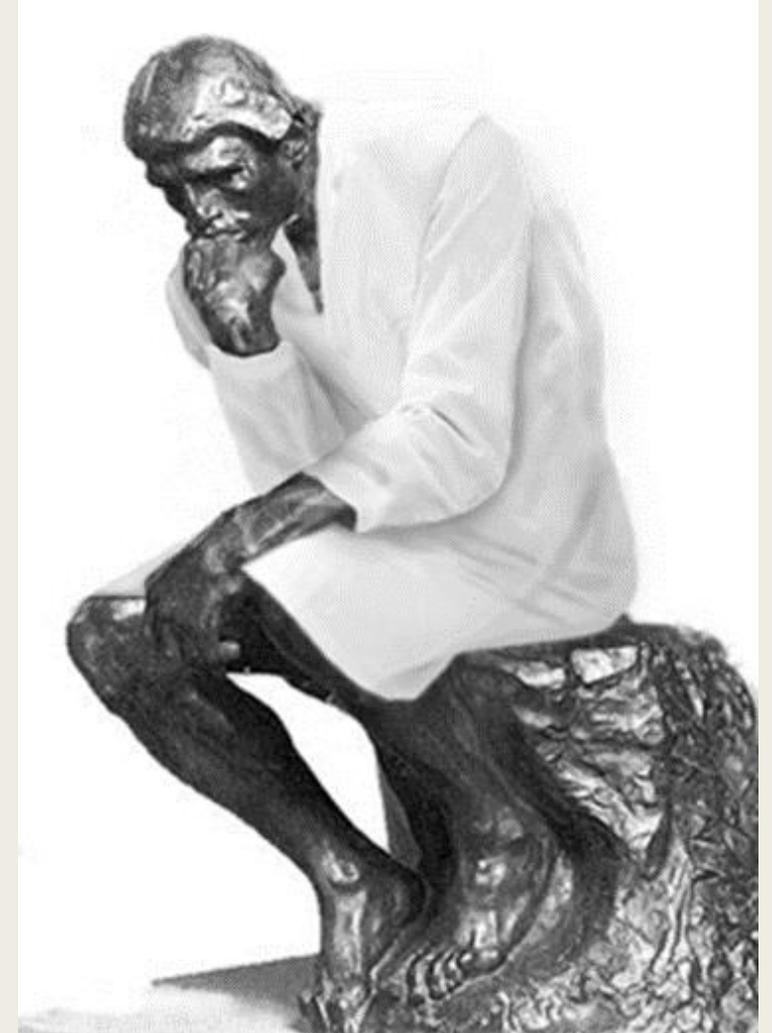
Desigualdade: acesso, inovação para mercados afluentes

Efeitos produtivos destruturantes: patentes concentradas, desvalorização de matérias primas, efeitos no emprego, qualificação

Limites éticos da modificação humana

Aplicações militares

# 4. Avaliação de tecnologias emergentes num contexto de incerteza



# Dilema de Collingridge

Avaliar uma tecnologia e controlar seus efeitos nos põe frente ao problema: *“ou muito cedo, ou tarde demais”*

- Quando uma tecnologia está emergindo, temos **escassa informação** sobre ela, e seus impactos são difíceis de prever
- Quando a tecnologia se torna mais desenvolvida e amplamente usada (estabilizada) é **difícil mudá-la**

# Paradigma tradicional de avaliação de tecnologias

- Os expertos provêm a ciência
- Os políticos tomam as decisões baseados na melhor ciência
- Foco em custo-benefício
- Ex-post

# Contestação do paradigma tradicional

- ❑ **Incerteza** não é apenas causada por falta de conhecimento, mas também por:
  - ✓ divergência entre perspectivas científicas (**especialização**);
  - ✓ complexidade dos problemas (**diversos enquadramentos**);
  - ✓ efeitos no **longo prazo** (possibilidade de efeitos irreversíveis);
- ❑ **Valores** envolvidos na tomada de decisões sobre riscos e implicações sociais
- ❑ **Interesses**: diversos atores enxergam os problemas e suas soluções conforme aos seus interesses

# Novos enfoques de avaliação de tecnologias

- **Avaliação construtiva de tecnologias** (Rip, Misa e Schot, 1995)
- **Avaliação de tecnologias em tempo real** (Guston e Sarewitz, 2002)
- **Pesquisa e Inovação Responsável** (Von Schomberg, 2011)

- ✓ Processo dinâmico, em contínua realimentação
- ✓ Ampliação de participantes: pluralidade de perspectivas legítimas
- ✓ Preocupação com o propósito da ciência e da inovação: “impactos certos”
- ✓ Inclusão de outros valores além das finalidades comerciais: desenvolvimento sustentável e qualidade de vida

**5. Qual a governança proposta pelas PCTI para nanotecnologia neste contexto?**

# As políticas de nanotecnologia, pelo seu *timing*, constituíram um experimento de governança da CTI

Nos EUA, na Europa, e outros países foram incorporadas, desde a origem e de forma mais integrada, algumas dimensões de avaliação experimentadas na década de 1990:

- ELSI – avaliação de aspectos éticos, legais e sociais
- EHS – avaliação de riscos ambientais e à saúde
- Comunicação e participação pública

# Riscos

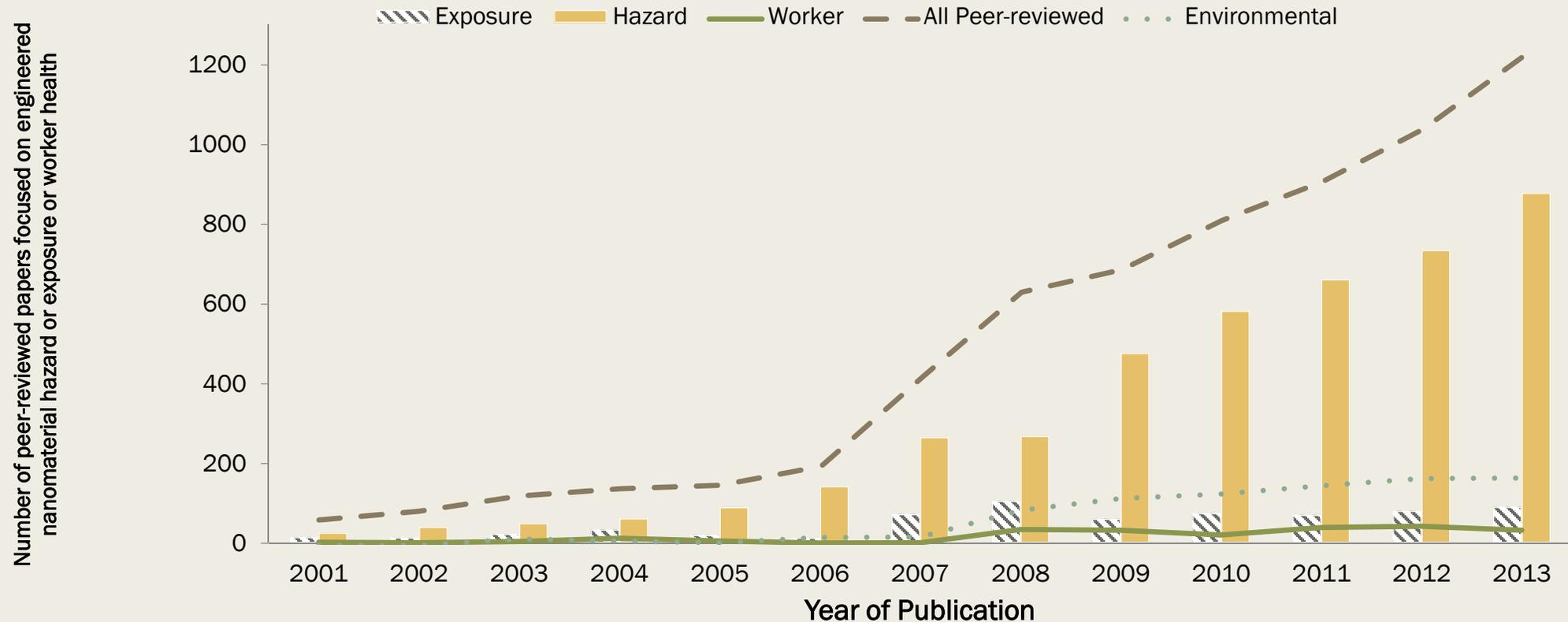
- Pesquisa sobre riscos foi marginal nas agendas e orçamentos na década de 2000 → **undone science** (Hess, 2010).

*NNI dos EUA destinou em torno de 4 % a EHS (década 2000). Na Europa, % similar.*

- Os grupos sociais interessados nessa pesquisa não tiveram suficiente força para avançar tais temas nas agendas

***Os interesses da rápida comercialização primaram sobre os do desenvolvimento seguro da nanotecnologia***

# Predominam estudos sobre riscos; estudos sobre exposição, saúde ocupacional e ambientais são ainda muito escassos



Outputs from the ICON Virtual Journal of NanoEHS from 2001-2013. Tomado de Kulinowski, K. (2014)

## Publicações sobre toxicidade, segurança e avaliação de riscos na ISI Web of Science 1999-2008

Palavras chave	Total de publicações	Cruzamento X toxicity	Cruzamento X Safety	Cruzamento X Risk assessment
Nanoparticles	71.113	1.101	279	78
Nanotubes	38.687	388	80	39
Nanostructures	24.470	33	9	2
Quantum dots	22.294	169	36	13
Nanocrystals	21.799	84	11	1
Nanocomposites	17.562	33	25	4
Fullerenes	7.039	81	17	7
Nanomaterials	5.628	309	88	61
Nanospheres	3.265	77	17	1
Engineered nanomaterials	177	45	14	17

# Cientificação da política

- A incerteza (falta de dados científicos conclusivos) tem justificado a falta de ação política (regulação, ações preventivas, ações paliativas).
- Pressões pela regulação da NT se intensificaram por volta de 2007-2008, com o aumento da comercialização de produtos
  - *Iniciativas voluntárias, considerável fracasso*
  - *Lento avanço de iniciativas mandatórias*
  - *Fortes contradições entre setores sociais e entre países*
  - *Parte-se de regulação de químicos muito diferentes*

# Aspectos ELSI

## ADDRESSING UNCERTAINTIES ETHICALLY (ELSA)

*A good look at the Ethical, Legal and Social Aspects (ELSA) of nanotechnology needs to anticipate their impact on our lives*

← → ↻ Seguro | https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/newsroom/

Create An ECAS Account



### HORIZON 2020

The EU Framework Programme for Research and Innovation

European Commission > Horizon 2020 > Newsroom



What is Horizon 2020?

Find Your area

How to Get funding?

News, Events & Publications



### Featured projects about Science with and for Society

filter by

Type

Featured projects

Topic

Science with and for Society

From date



Search



YOUR FEEDBACK

#H2020

Because nanotechnology is so novel and complex, there may be real difficulties to single out, quantify and manage the potential risks that might be involved, especially the long-term ones. As for all nanotechnology applications, the main key concerns are centered around the potential health and environmental hazards of nanoparticles and nanomaterials and the corresponding **ELSA** issues.

While the most topical ethical questions may currently regard a lack of knowledge about many nano-applications, it is more than likely that the widespread use of nano products in the medium term will raise the issues of data protection and privacy. Finally, although some nanotechnology scientists think that the very controversial human enhancement scenarios are very far off, appropriate

Ethical, Legal, and Societal Iss... X +

www.nano.gov/you/ethical-legal-issues

Home | Sitemap | NSET Agencies | Contact Us Search Nano.gov

# Nano.gov

National Nanotechnology Initiative

Nanotechnology 101 | Nanotechnology & You | About the NNI | Collaboration & Funding | Publications & Resources Education | Newsroom | Events

## Ethical, Legal, and Societal Issues

Responsible development of nanotechnology is one of the four goals of the NNI and central to advancing the other three (specifically, continuing a world-class R&D program; fostering the transfer of new nanotechnologies into products for commercial and public benefit; and educating the workforce, engaging the public, and sustaining an effective nanotechnology R&D infrastructure).

An important component of responsible development is the consideration of the ethical, legal, and societal implications of nanotechnology. How nanotechnology research and applications are introduced into society; how transparent decisions are; how sensitive and responsive policies are to the needs and perceptions of the full range of stakeholders; and how ethical, legal, and social issues are addressed will determine public trust and the future of innovation driven by nanotechnology.

The NNI is committed to fostering the development of a community of experts on ethical, legal, and societal issues (ELSI) related to nanotechnology and to building collaborations among ELSI communities, such as consumers, engineers, ethicists, manufacturers, nongovernmental organizations, regulators, and scientists. These stakeholder groups will consider potential benefits and risks of research breakthroughs and provide their perspectives on new research directions. With its industry stakeholders, the NNI will also develop information resources for ethical and legal issues related to intellectual property and ethical implications of nanotechnology-based patents and trade secrets.

### Related Resources

The NNI has centers that focus on ELSI issues:

- Center for Nanotechnology in Society at Arizona State University
- Center for Nanotechnology in Society at the University of California Santa Barbara

### Nanotechnology and You

- Benefits and Applications
- Environmental, Health, and Safety Issues
- Ethical, Legal, and Societal Issues**
- Fed Legislation & Congressional Info
- International Engagement
- Standards for Nanotechnology

Search the web and Windows

8:56 AM 9/14/2016

Financiados por 10 anos

# Orçamento da NNI ano 2013

## NNI by Program Component Area (Dollars in Millions)

	FY 2011 Actual	FY 2012 Estimate	FY 2013 Request
1. Fundamental Nanoscale Phenomena & Processes	\$182.13	\$146.29	\$146.29
2. Nanomaterials	98.53	78.80	81.30
3. Nanoscale Devices & Systems	55.77	52.43	53.93
4. Instr. Research, Metrology, & Standards for Nanotech	12.89	12.05	12.05
5. Nanomanufacturing	44.83	47.77	52.77
6. Major Research Facilities & Instrumentation Acquisition	35.11	28.53	28.53
7. Environmental Health & Safety	22.42	30.01	29.91
8a. Education	29.31	24.79	24.79
8b. Societal Dimensions (ELSI)	4.09	5.33	5.33
<b>Total, National Nanotechnology Initiative</b>	<b>\$485.08</b>	<b>\$426.00</b>	<b>\$434.90</b>

Totals may not add due to rounding.

→ ~ 7 %  
→ ~ 6 %  
→ ~ 1.2%

# Participação pública

- Conferencias de consenso (modelo Danês)
- Upstream public engagement (Inglaterra)
- “Diálogos” com diversas metodologias (França e outros)
- Qual é o status da expertise do público? Há capacidade de participação efetiva? (ex. sindicatos em reuniões sobre regulação; metodologias controladas)
- Quem são os sujeitos? Indivíduos vs grupos organizados
- Mais informação do que participação?



DÉBAT PUBLIC

**nano**  
technologies

JE M'INFORME, JE M'EXPRIME



## Le débat est ouvert à tous

Vous pouvez participer au débat public de plein de façons. En posant vos questions, en envoyant simplement votre avis ou en rédigeant une contribution. Vous pouvez aussi assister aux réunions publiques.

**PARTICIPEZ !**



# Apesar das inovações na PCT ....

- Orçamentos para EHS e ELSI foram baixos → crescente gap entre desenvolvimento da NT e sua avaliação
- Milhares de produtos com NT comercializados sem nenhuma avaliação
- Trabalhadores, consumidores e ambiente expostos a riscos potenciais

*Business as usual?*

6. E no Brasil?

# Política de Nanotecnologia

- 2001 – redes de pesquisa, proposta de programa
- 2004 - **Programa Nacional de Nanotecnologia**
- 2012 – **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia**
  - ✓ *NT definida como área estratégica da PCTI*
  - ✓ *Foco: promover a competitividade nacional*
- Bem sucedida em criar capacidades de pesquisa; algum êxito em promover difusão no setor produtivo.

# Duas fases

2000-2009

- Posicionamento do campo
- Construção de capacidades
- Recursos

2010 ...

- Novo desenho de governança
- Estagnação e perdas

# A política entre 2000-2010

- **Autocentrada na comunidade científica** – principal ator; policy makers mais ativos são pesquisadores; alguns representantes do setor produtivo; sem representação de outros atores
- **Marginalidade do social** – breves menções à sociedade; não há objetivos nem ações específicas; só 4 projetos individuais de pesquisa financiados sobre questões ELSI.
- **Marginalidade dos riscos** – não inclui avaliação de riscos; não há acordos sobre prioridades de financiamento da pesquisa sobre riscos

# Governança Pós 2010

## ■ ELSI

- Avanço na forma de apresentar a relação NT-Sociedade, reconhecendo implicações sociais, éticas e riscos.
- Editais com foco em áreas de relevância social: Redes de pesquisa Edital 2010; IBN (dispositivos médicos, saneamento e fármacos)

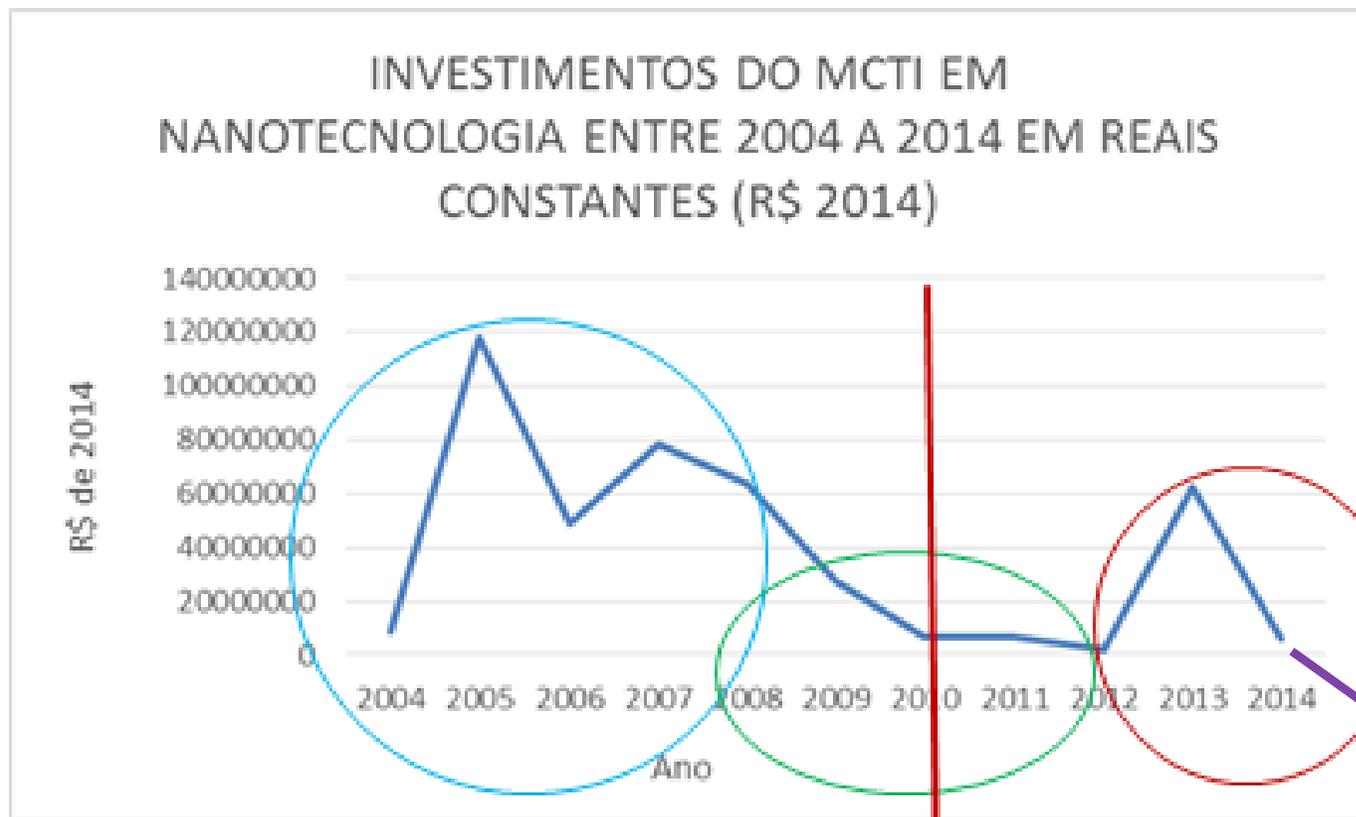
## ■ EHS

- Redes Pesquisa Nanotoxicologia (2011) - riscos à saúde e ambientais
- Avaliação de riscos e regulação como objetivo na IBN; NanoReg (2014)
- A IBN menciona necessidade de guias para trabalho seguro com NM

# Novos atores

- Cria-se o Comitê Interministerial de Nanotecnologia em 2012, com representação de vários ministérios, agências reguladoras, representação da indústria e sindicatos
- Pressões internas e externas ampliaram o enfoque:
  - *Novos membros do CCNANO (comité assessor criado em 2008)*
  - *Min. de Industria se envolve com questão regulatória em andamento em nível internacional*
  - *PL sobre regulação da NT proposto pelo Sarney filho.*

# Funding



Source: MCTI

Nanotechnology Program 2004-2007

Nanotechnology Program 2007-2011

Brazilian Nanotechnology Initiative 2012-2015

**Pode uma tecnologia emergente  
contribuir ao desenvolvimento social?**

**Algumas reflexões a partir do caso da NT**

- Orientação para o desenvolvimento social tem que estar embutida na racionalidade da PCTI, nos projetos financiados, na avaliação de resultados.
- O foco em competitividade é insuficiente, pois prevê benefícios por derrame, o que é improvável em sociedades desiguais.

- Demanda a inclusão de vários atores sociais em sua formulação e avaliação: diversas necessidades, perspectivas, valores, interesses.
- No Brasil, poucos atores organizados reclamaram um papel.

- Avaliação de riscos, clareza nas informações e regulação para garantir saúde de trabalhadores e consumidores e sustentabilidade ambiental

- Avaliação das implicações sociais e éticas em tempo real e medidas de proteção e ajuste – equipes científicas multidisciplinares

# Alguns exemplos de pesquisa em NT para o DS

Em chamados de pesquisa do CNPq de 2004 a 2016 para NT foram financiados:

- 39 projetos sobre **doenças negligenciadas**
- 19 projetos sobre **tratamento de água**
- 16 projetos sobre **saneamento**

# Obrigada!

[noela@ufpr.br](mailto:noela@ufpr.br)

[www.relans.org](http://www.relans.org)

