

**UM PANORAMA
DE NOVAS TECNOLOGIAS E SEUS
IMPACTOS NA INDÚSTRIA**

Claudio de A. Loural

Setembro 2014

Roteiro

- **Introdução**
- **Perspectivas tecnológicas: tendências gerais**
 - **TICs e a indústria**
- **Tecnologias habilitadoras**
- **Tecnologias selecionadas: panorama**
 - **Manufatura aditiva**
 - **Materiais avançados**
 - **Nanotecnologia**
- **Discussão**
- **Conclusão**

Introdução

O Futuro da Manufatura: forças e tendências de transformação da indústria global

Claudio de A. Loural
Agosto, 2012

Fatores de mudança: tecnologia

• Tecnologias de informação e comunicação

- Modelagem e simulação
- Automação de projeto
- Automação de produção e Robótica

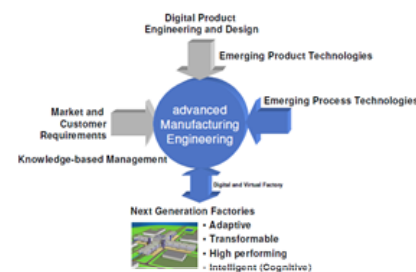


Figure 8 - Advanced Manufacturing Engineering

Westkamper, 2006

1

Fatores de mudança: tecnologia

• Impressão 3D ou fabricação por adição



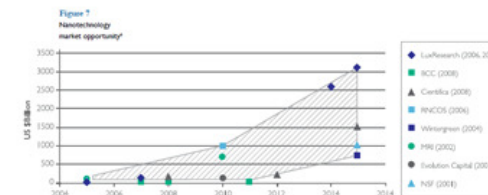
<http://www.stratasys.com/>

18

Fatores de mudança: tecnologia

• Nanotecnologia

- Projeto, caracterização, produção e aplicação de estruturas, dispositivos e sistemas controlando forma e tamanho na escala de 1 – 100 nm.



Materials UK, 2010

Table 5
Summary of markets
impacted by nanoscale
technologies - \$million^a

	Nanoscale technology impact in 2007 (\$M)	Predicted Nanoscale technology impact in 2015 (\$M)
ICT	585	41402
Automotive	404	7134
Shipbuilding	357	4295
Aerospace and defence	323	3768
Food and drink	265	3210
Consumer goods	188	6225
Life sciences	145	5670
Textiles	122	2170
Energy	90	3615
Environment and water	86	3885
Construction	64	1672
Brand and product security	30	2650
Totals	2,661	85,696

Introdução

- **Objetivo do seminário**
 - **Mostrar um panorama das tendências tecnológicas em algumas áreas ou temas que tenham impacto direto nos diversos segmentos da indústria de manufatura.**
 - **Levantar algumas questões para debate no âmbito do NEIT e eventual aprofundamento.**
- **Abordagem**
 - **Baseada, principalmente, mas não só, em trabalhos de órgãos de governo e de *think tanks* de países em que essa discussão está em curso.**

Perspectivas tecnológicas: tendências gerais

Manufatura avançada

- **Uso e coordenação de automação, informação, computação, software, sensores e redes.**
- **Uso de materiais de ponta e capacidades emergentes habilitadas pelas ciências físicas e biológicas, por exemplo a nanotecnologia, química e biologia.**
 - **Ou, de forma mais restrita, fabricação de produtos de “alta tecnologia”.**

Manufatura inteligente (*smart manufacturing*)

- **Uso intensivo de tecnologias digitais**
 - Rápida fabricação de novos produtos.
 - Pronta resposta à demanda.
 - Otimização em tempo real da produção e das cadeias de fornecimento.

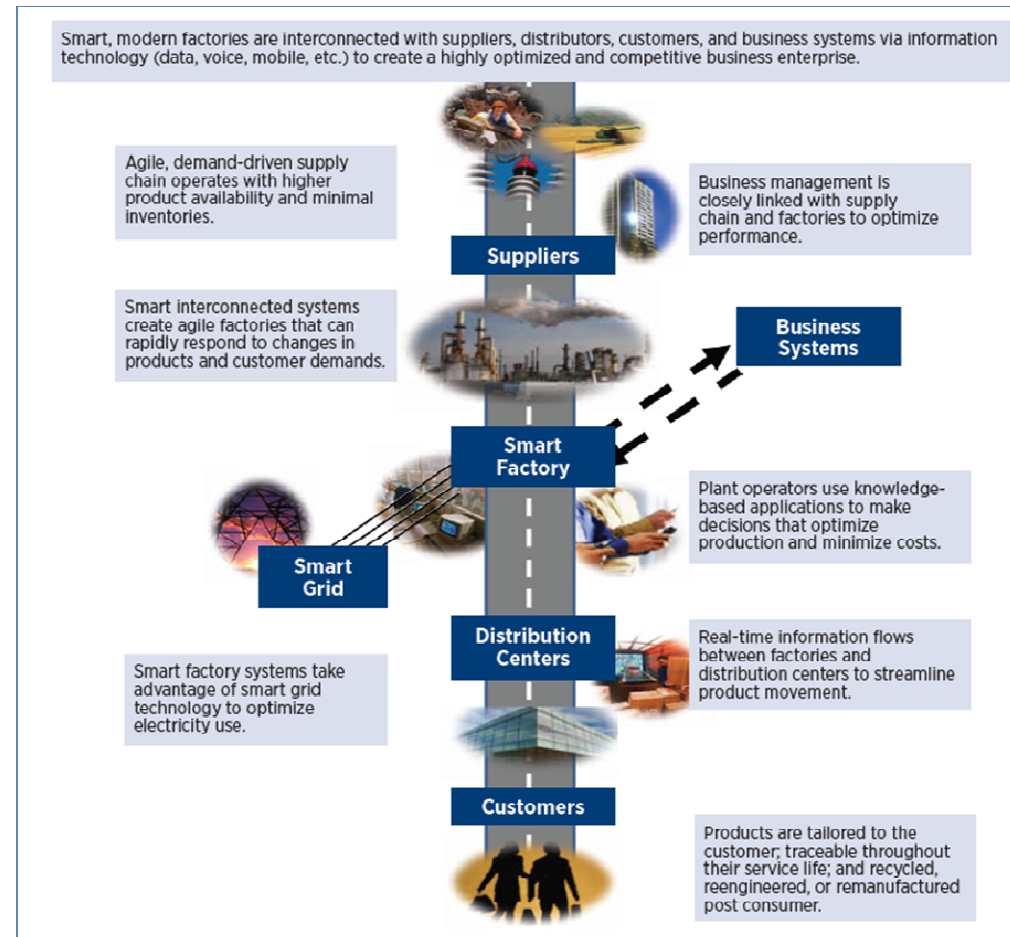


Fig. 1 (p.4)

Cinco grandes tendências

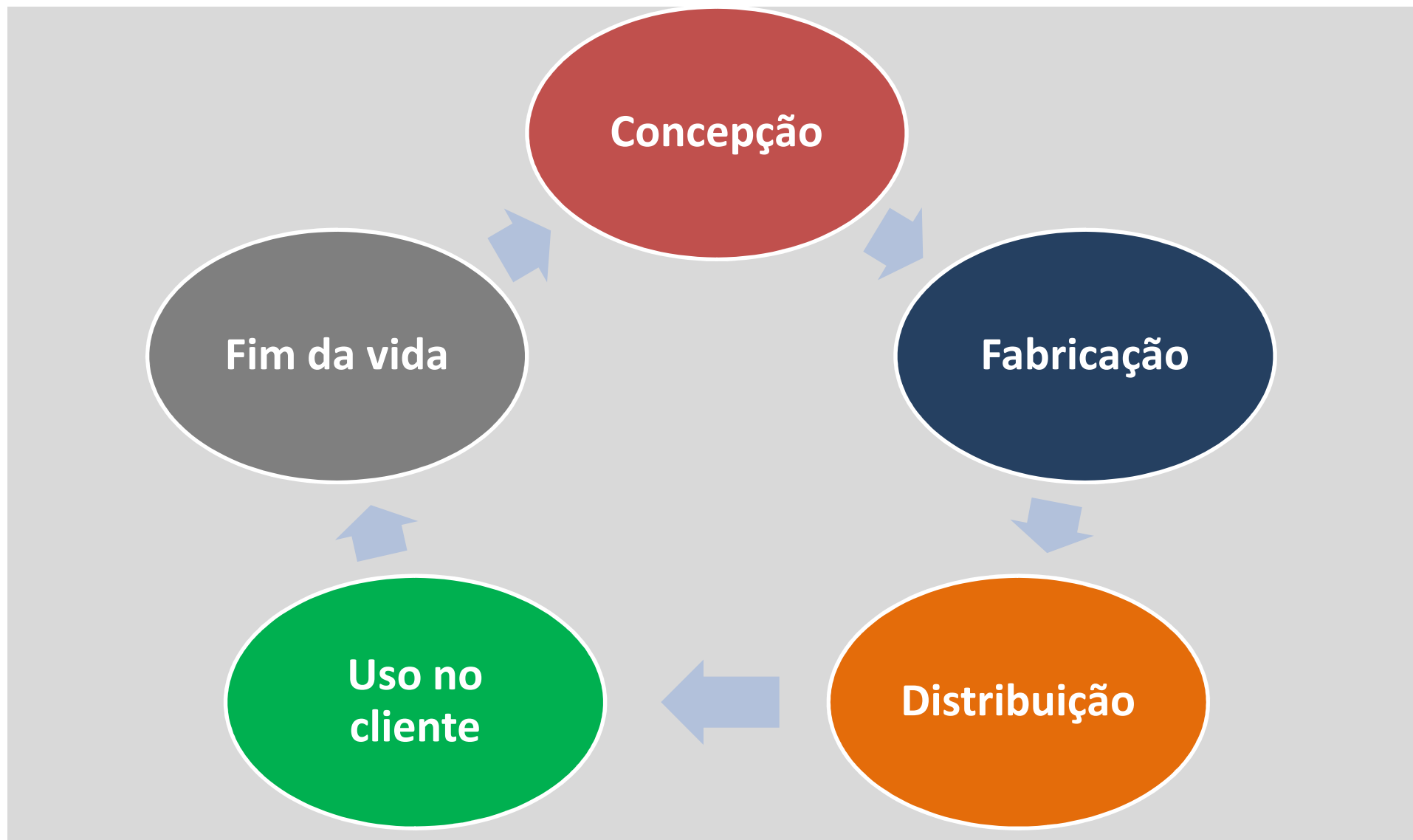
- 1) O papel ubíquo da tecnologia da informação (TI / TIC)**
- 2) O uso crescente da modelagem e da simulação computacional na manufatura**
- 3) A complexa gestão das cadeias globais de fornecimento**
- 4) A capacidade de mudança dos sistemas de produção**
- 5) A adoção da manufatura sustentável**

Cinco grandes tendências

1) O papel ubíquo da tecnologia da informação (TI / TIC)

- **Ganhos imediatos de qualidade e de produtividade**
- **Impactos significativos**
 - Configuração das cadeias de suprimento.
 - Redução de restrições geográficas.
 - Gestão do ciclo de vida dos produtos (PLM).

TIC: ciclo de vida do produto



Cinco grandes tendências

2) O uso crescente da modelagem e da simulação computacional na manufatura

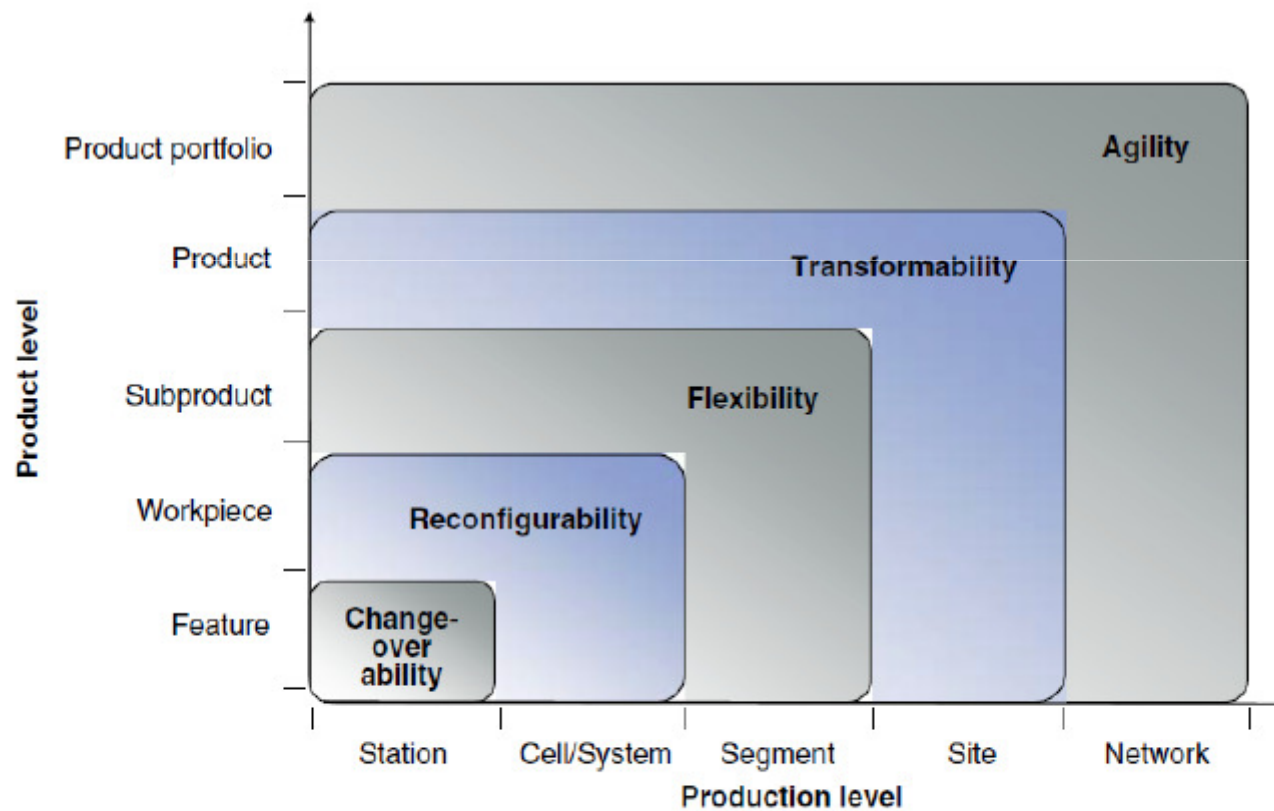
- Evitar experimentos materiais custosos.
- Abreviar o tempo de desenvolvimento de um produto.
- Permitir a incorporação de aspectos de produção ou suprimento desde as fases iniciais de um projeto de desenvolvimento.
- Diminuir o risco geral do empreendimento.
- Reduzir a probabilidade de retrabalho do projeto.

Cinco grandes tendências

- 3) A complexa gestão das cadeias globais de fornecimento**
 - Coordenação e automação na logística; uso de modelagem e simulação.
- 4) A capacidade de mudança dos sistemas de produção**
 - Sistemas flexíveis de manufatura, vários níveis de mudança na capacidade fabril.
- 5) A adoção da manufatura sustentável**
 - Custos crescentes de energia e de matérias-primas e, provavelmente no futuro, de água.
 - Razões de imagem empresarial e marketing.
 - Questões ligadas a eventuais quebras das cadeias de fornecimento e escassez de certas matérias-primas.

Cinco grandes tendências

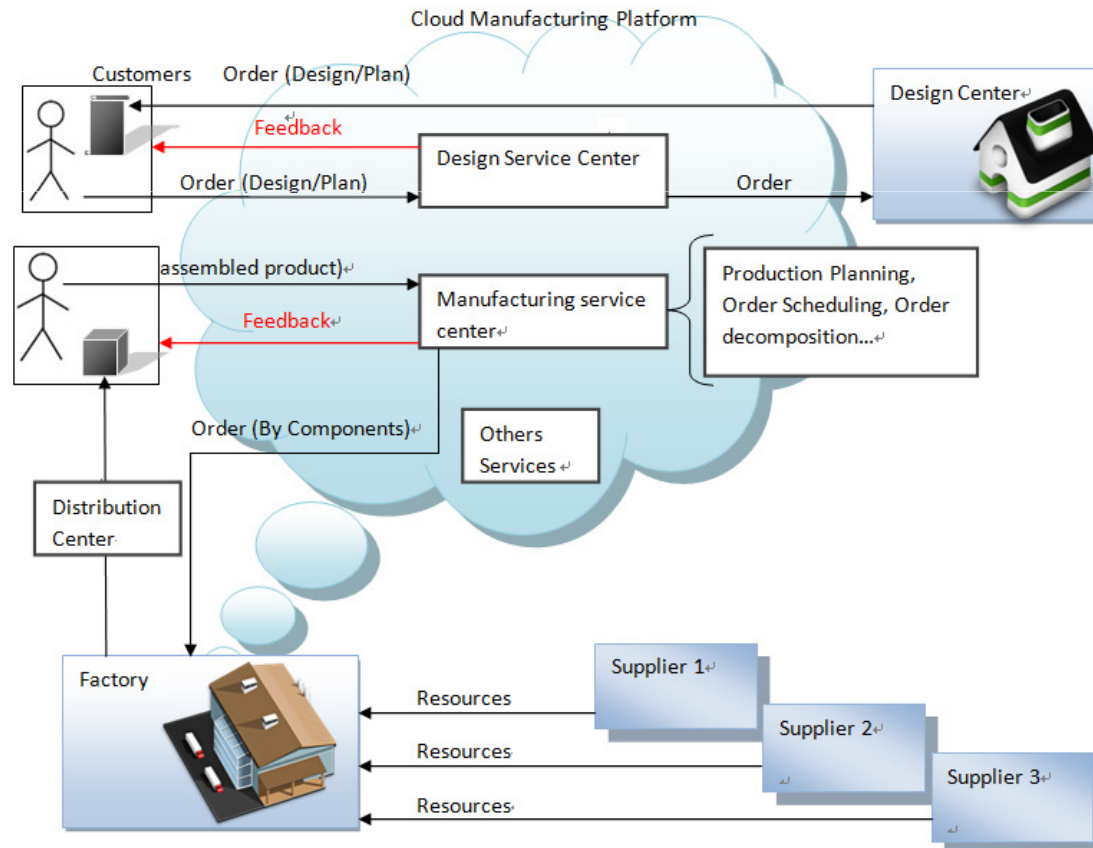
Capacidade de mudança dos sistemas de produção



Source: Wiendahl et al. (2007).

Cloud manufacturing?

- Acesso via rede sob demanda a um conjunto de recursos de manufatura configuráveis (ferramentas de software, equipamentos, etc) que podem ser rapidamente provisionados e fornecidos com mínimo esforço gerencial ou interação com o provedor de serviço.



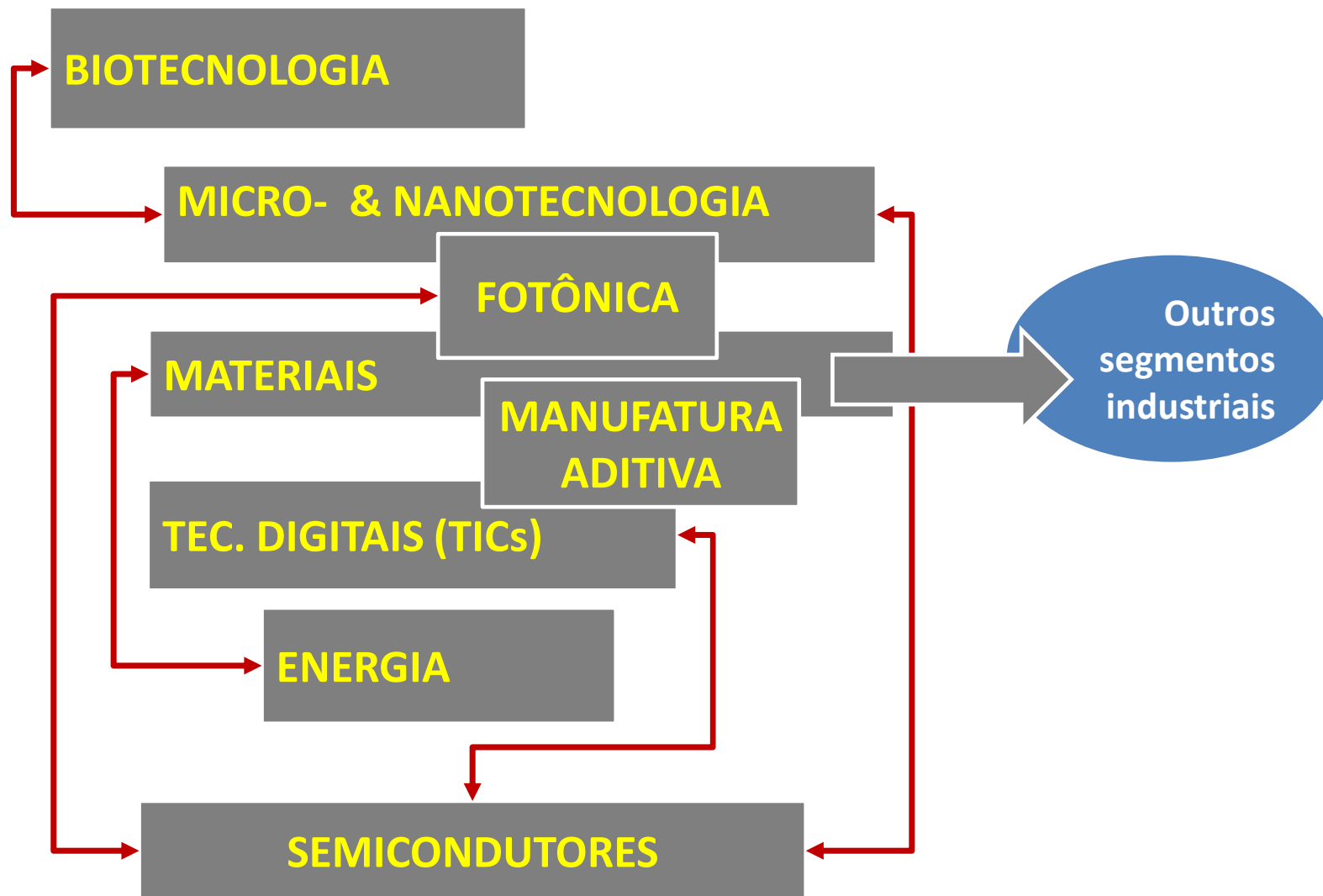
**Tecnologias habilitadoras,
tecnologias-chave**

Tecnologias habilitadoras: conceito

- **Tecnologias cujos *outputs* – produtos e processos – são capazes de viabilizar o surgimento de novos setores econômicos ou atualizar e revitalizar setores tradicionais.**
 - **Cf. “plataforma”**
 - Conjunto de subsistemas e interfaces que formam uma estrutura comum da qual uma corrente de produtos relacionados pode ser eficientemente desenvolvida e produzida.
 - **Cf. “tecnologias genéricas”**
 - Base de conhecimentos a partir da qual conjuntos particulares de aplicações e outras tecnologias podem ser desenvolvidas

Tabela 1 - Tecnologias-chave segundo estudos selecionados

EUA (IDA, 2012)	Comissão Europeia (HLEG-KETS, 2011)	Reino Unido (GO-SCIENCE, 2010)	Austrália (DIISRTE, 2012)	UNIDO (UNIDO, 2013)
Materiais avançados	Materiais avançados Nanotecnologia	Materiais e nanotecnologia Energia e tecnologias de baixo carbono	Nanotecnologia	Materiais avançados Nanotecnologia Tecnologias ambientais e energia Manufatura aditiva
Fabricação aditiva				
Semicondutores	Micro e nanoeletrônica	Biotecnologia e farmácia	Biologia sintética	Microtecnologia
Biofabricação	Biomanufatura	Tecnologias digitais e redes	Biomanufatura	Biomanufatura
	Fotônica Sistemas de manufatura avançada			Fotônica TICs em sistemas de manufatura,



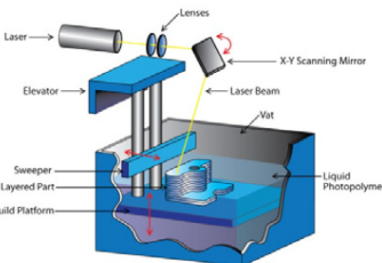
Fabricação aditiva

Fabricação aditiva

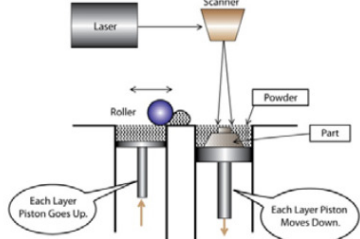
- Mercado
 - US\$ 1,7 bi em 2011
 - US\$ 3,5 bi em 2017 (?)

- Aplicação limitada a curto/médio prazo
 - Pequenos lotes
 - Tamanho da peça
 - Valor do produto
 - Complexidade geométrica

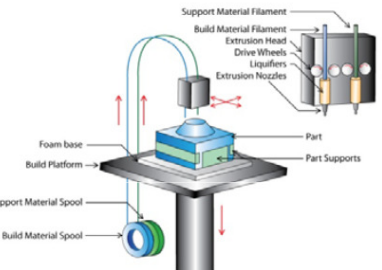
Selected Additive Manufacturing Processes



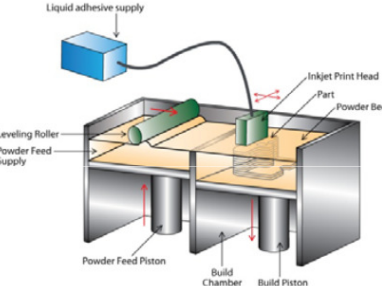
Stereolithography—This process makes use of photo-curable plastic resins that are treated by UV laser to become solid or gel-like and is most often used for prototyping (Hopkinson 2010).



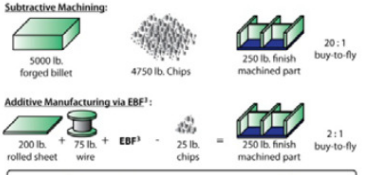
Powder bed (laser) sintering—Laser sintering fuses together powder from a bed. Originally, laser sintering could produce polymer as well as metallic and ceramic parts (using each type of powder), with binders needed in the case of metal or ceramic powders. Recently, more powerful lasers have been used to directly sinter metal and ceramic without the use of binders (Hopkinson 2010).



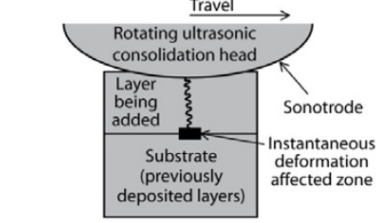
Fused deposition modeling (FDM)—This process uses hot nozzles to extrude polymeric material into position, using one nozzle to extrude support material and a second to extrude the part.



Inkjet Deposition (3D Printing)—This process uses an inkjet similar to those found in 2D printers. It works by depositing a binder on a powder bed that joins the powder in each layer without the use of lasers.



EBF³ saves significant resources over current methods: raw materials, energy, fewer chemicals (cutting fluids), lead time = cost



Ultrasonic consolidation (UC)—One of the newest additive manufacturing technologies, patented by an American company called Solidica and in development by Solidica and the Edison Welding Institute (Slattery 2011). This process uses metal foils held together under pressure, combined with ultrasonic vibrations that create a weld between layers of foil, which are then machined to the desired shape (Domack and Baughman 2005).

Electron beam melting or e-beam melting (EBM)—This is a process that uses an electron beam in place of a laser to directly melt metal powder into parts. (Arcam, a Swedish manufacturer, has pioneered the use of electron beam melting (Taminger 2008).)

Fabricação aditiva

- **Setores mais impactados**

- **Aerospacial**
- **Militar**
- **Automotivo**
- **Eletrônico**
- **Biomédico, odontológico**
- **Joalheria**
- **Decoração e acessórios**
- **Brinquedos**
- **Alimentos**
- **Ensino**

- **“Revolução”?**

- **Possibilidade de “converter [diretamente] dados em coisas e coisas em dados.”**

– *N. Gershenfeld*

- **Recuo dos ganhos de escala e eficiência da linha de montagem.**

– *R. Gordon*

Fabricação aditiva

- **Brasil**
 - Inexistência de estudo amplo.
 - P&D: 23 grupos de pesquisa em universidades e centros de pesquisa.
 - Participação de destaque do CTI Renato Archer.

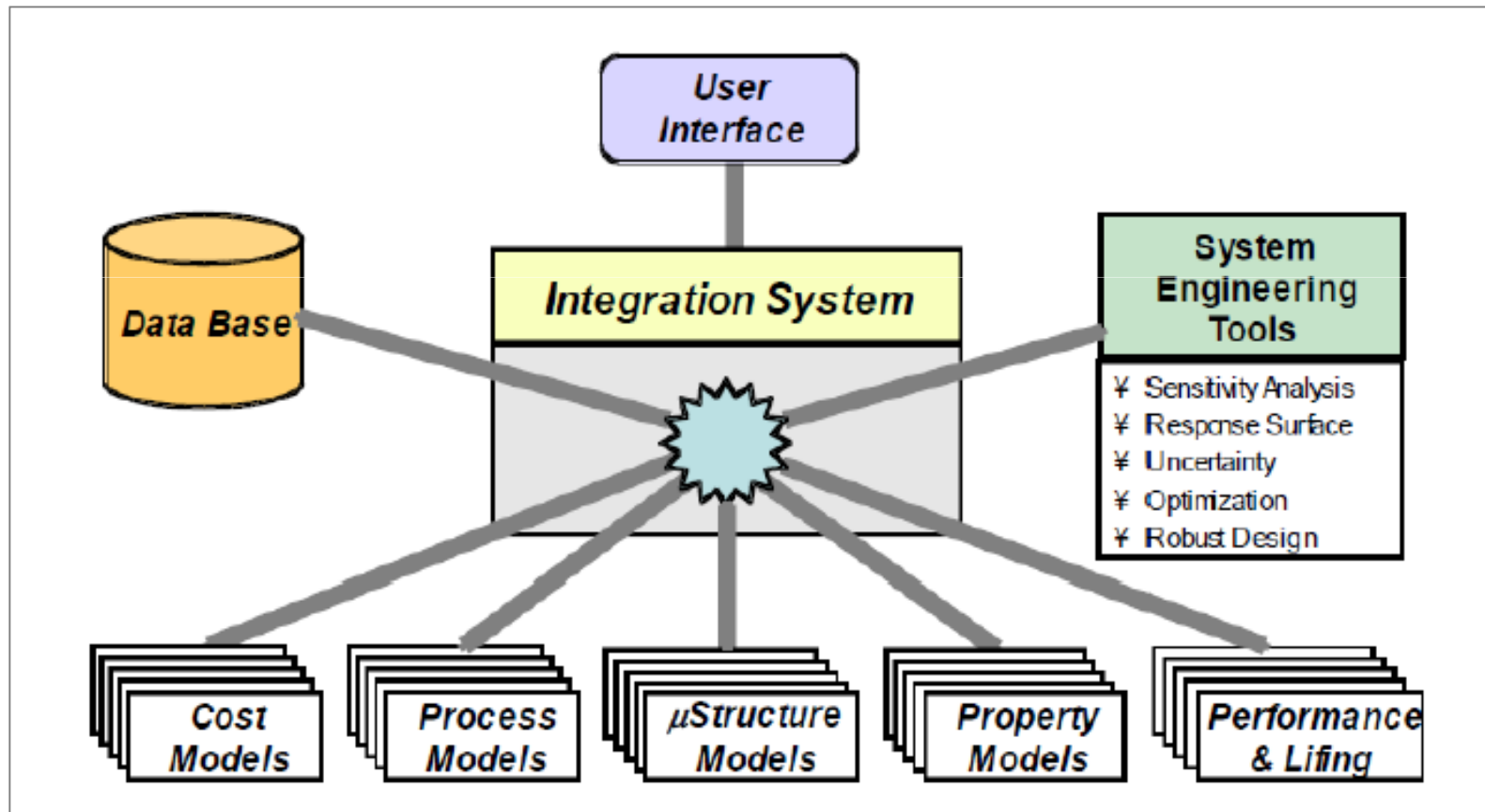
Materiais avançados

Materiais avançados

- **Tendências gerais**
 - Pesquisa em materiais com propriedades novas ou aperfeiçoadas.
 - Desenvolvimento de abordagens racionais na concepção de materiais avançados ou na sua integração em estruturas e sistemas.
 - Inspiração pela Natureza: promoção do *eco-design*, da bioinspiração e do uso de materiais naturais.
 - Antecipação e controle do desempenho de materiais durante o seu ciclo de vida, incluindo estruturas inteligentes (*smart structures*) que permitam o auto sensoriamento e a autocorreção.
- **Panorama brasileiro**
 - Estudo do CGEE de 2010.

Materials avançados

Integrated Computational Materials Engineering

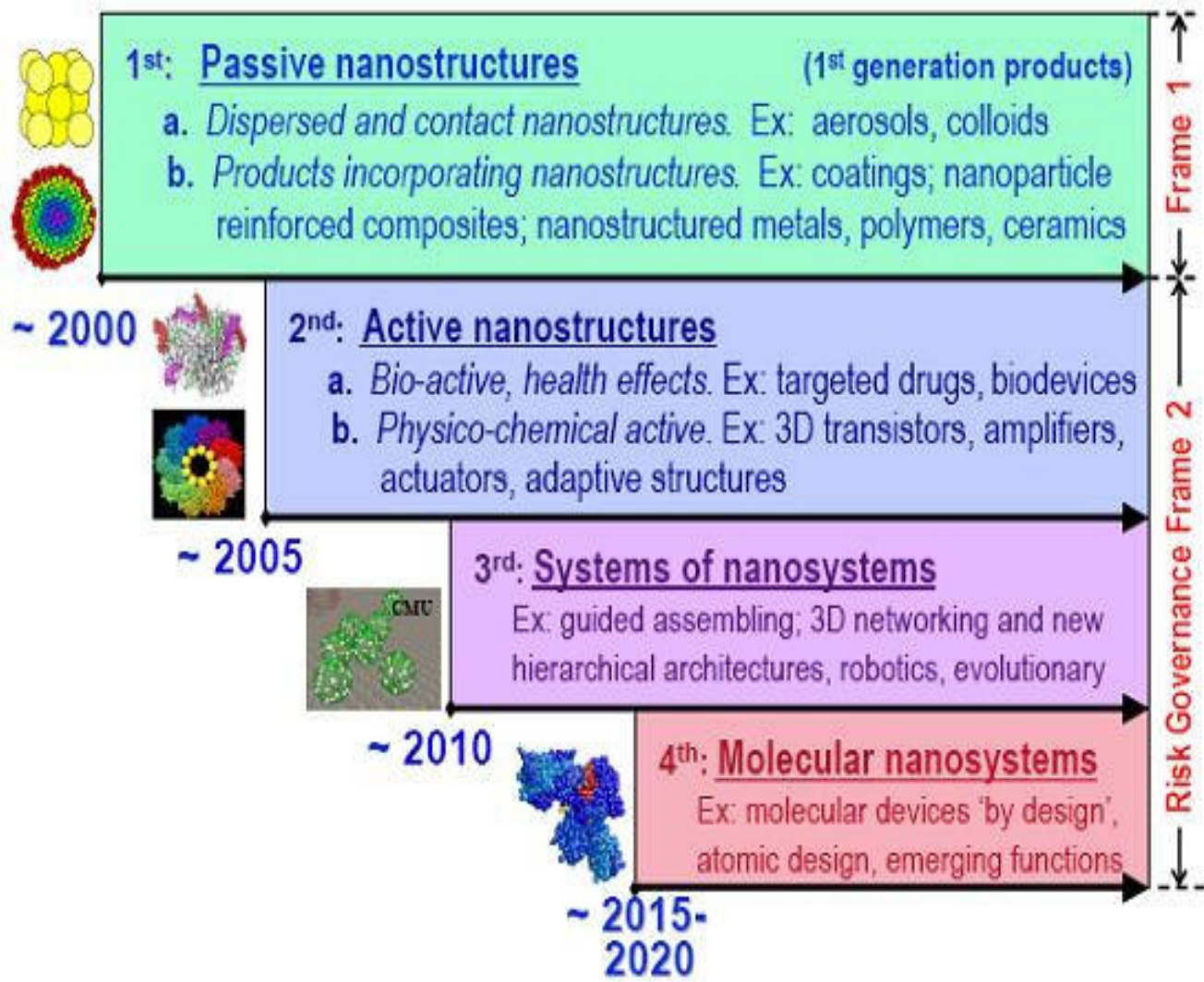


Materiais avançados

- **Áreas de aplicação (maior impacto)**
 - Recursos de energia e materiais para armazenagem de energia
 - Transportes
 - Construção civil
 - Embalagens
 - Biomateriais e saúde

Nanotecnologia

Nanotecnologia



*Visão de
2006*

Tabela 1 – Mercados impactados pela nanotecnologia (TSB, 2009)

Setor	Receita da nanotecnologia em 2007 (US\$ milhões)	Projeção da receita da nanotecnologia em 2015 (US\$ milhões)
TICs	585	41.402
Automotivo	404	7.134
Construção naval	357	4.295
Defesa e aeroespacial	323	3.768
Alimentos e bebidas	265	3.210
Bens de consumo	188	6.225
Ciências da vida e saúde	145	5.670
Têxteis	122	2.170
Energia	90	3.615
Ambiente e água	86	3.885
Construção civil	66	1.672
Segurança de produtos e marcas	30	2.650
TOTAIS	2.661	85.996

Nanotecnologia

- **Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (MCTI)**
 - Aeronáutico, aeroespacial e defesa.
 - Agronegócio e alimentos.
 - Energia.
 - Higiene pessoal, perfumaria e cosméticos.
 - Meio ambiente e Amazônia.
 - Óleo e gás.
 - Plásticos.
 - Saúde.
- **Mercado**
 - Mercado de produtos empregando nanotecnologia desenvolvidos originalmente no Brasil foi da ordem de R\$ 115 milhões em 2010.
 - Mercado mundial estimado em US\$ 383 bilhões.
 - (FIRJAN, 2011)
 - PINTEC 2011 mapeia universo maior de empresas

Discussão e conclusões

Questões

1) Tendências gerais da indústria pela perspectiva tecnológica e o papel das TICs

- Em que grau as grandes tendências gerais apresentadas ocorrem na indústria brasileira? É possível estabelecer uma comparação internacional?
- A indústria brasileira tem incorporado ferramentas de TICs, especialmente de modelagem e simulação computacional na manufatura?
- As TICs poderão, de fato, levar a manufatura a mudanças mais radicais de paradigma, como por exemplo, surgimento de um significativo papel da indústria orientada a serviço?
- A noção de “manufatura sustentável” tem se manifestado no Brasil? De que forma?
- Há necessidade de instrumentos de política pública para promover a modernização tecnológica industrial genérica (“horizontal”) da manufatura brasileira?

Questões

2) Tecnologias habilitadoras: geral

- O Brasil deve direcionar esforços de capacitação em todas as tecnologias habilitadoras descritas na seção 3.3 (vide Tabela 1) ou, ao contrário, deve buscar certo nível de especialização?
- Considerando que cada tecnologia-chave apresenta diferentes níveis de “prontidão tecnológica” (Apêndice 1 – *Technology Readiness Level*), qual a estratégia ou estratégias recomendáveis para evitar que o Brasil caia na situação de busca contínua pelo *catch up*?

Questões

3) Tecnologias habilitadoras: fabricação aditiva

- . Ainda que se reconheçam os problemas de estudos prospectivos, é possível fazer, no momento, uma avaliação isenta do seu potencial real? Quais os limites de sua aplicação?
- Nesse exercício, é possível estimar o impacto da fabricação aditiva especificamente na reconfiguração de algumas cadeias de fornecimento industrial?
- Dentre os setores industriais brasileiros (verticais), quais poderiam ser os mais impactados pela fabricação aditiva?
- Qual é a penetração dessa tecnologia no Brasil hoje? Como tem se dado essa penetração: em que setores? Em empresas de que porte? Quais as forças que têm impulsionado essa adoção?

Questões

4) Tecnologias habilitadoras: materiais

- Setores tradicionais na indústria brasileira, como o metal-mecânico, têm incorporado tecnologias como a “engenharia de materiais computacional integrada” ?
 - Em caso afirmativo, ocorreram ganhos em termos de inovação e produtividade? Em caso negativo, quais as explicações para a não-incorporação dessas tecnologias?
- Setores em que o poder de compra estatal é mais significativo, como energia, transportes e saúde, têm sido fomentados a incorporar novas tecnologias de materiais?

Questões

5) Tecnologias habilitadoras: nanotecnologia

- Setores em que o poder de compra estatal é mais significativo, como energia, transportes e saúde, têm sido fomentados a incorporar nanotecnologia?
- Como relacionar os níveis de prontidão tecnológica com as categorias empregadas pelo IBGE na PINTEC 2011 para classificar as empresas que usam nanotecnologia?

6) Diagnósticos e políticas

- É possível criar um recorte horizontal que permita estudar essas tecnologias dentro de sua própria dinâmica e, a partir daí, avaliar o impacto sobre os setores dos recortes tradicionais (recortes verticais)?
- Os instrumentos de política industrial e de fomento à inovação que vêm sendo utilizados pelo Brasil são os mais adequados para lidar com as questões levantadas pelas novas tecnologias? Ou, de outra forma, qual a melhor maneira de utilizar esses instrumentos para que a indústria brasileira ganhe ou mantenha competitividade?