

Nanotecnologia: A Última Fronteira Tecnológica



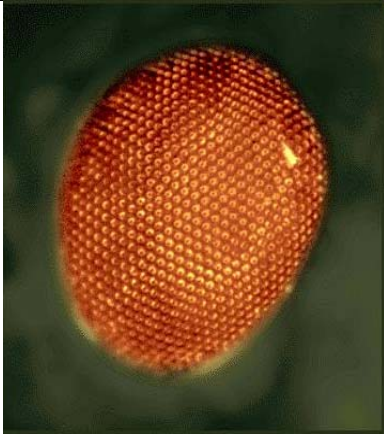
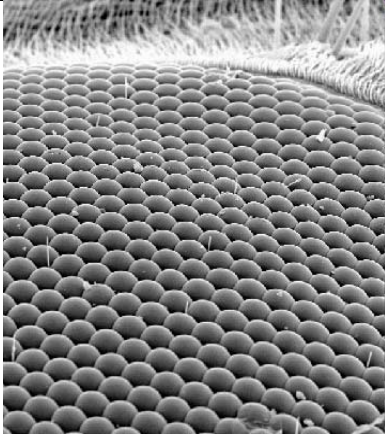
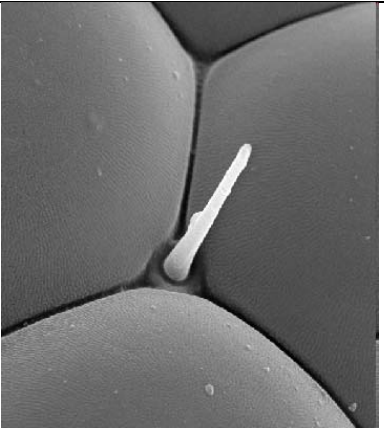
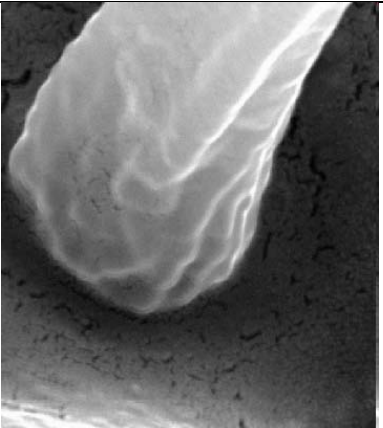
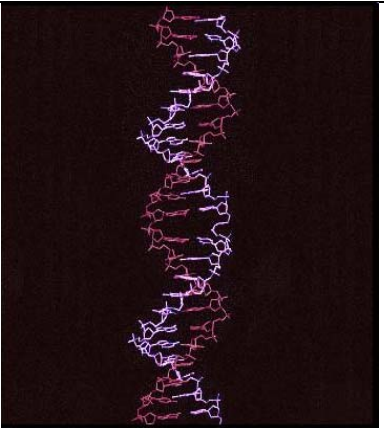
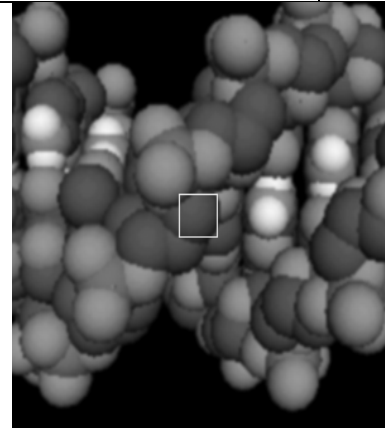
Mário Ricardo Góngora Rubio

Pesquisador do IPT/LSI

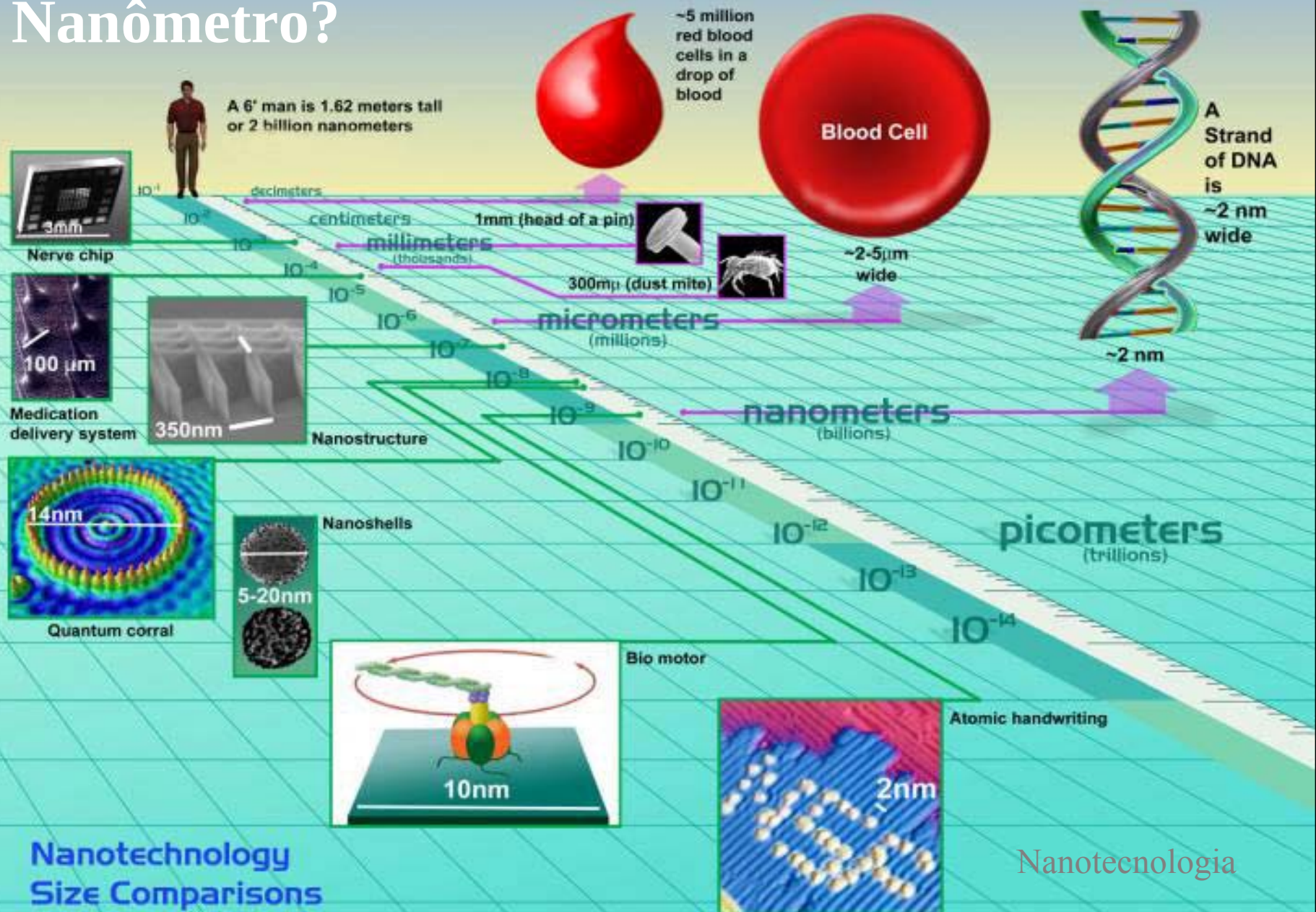
gongora@lsi.usp.br

IPT Instituto de
Pesquisas
Tecnológicas

Macro, Micro e Nano Escala

				
10 cm	1 cm	100 μ m	10 μ m	
				
1 μ m	100 nm	10 nm	1 nm	

Nanômetro?

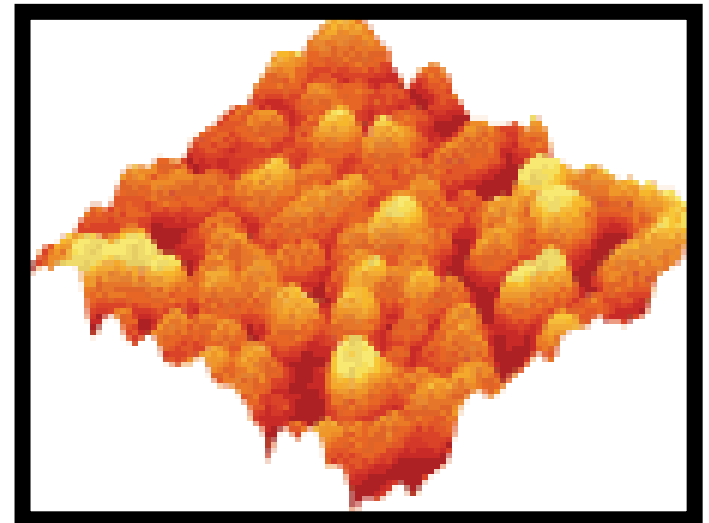


Nanotecnologia

- Nanotecnologia: capacidade de sintetizar, manipular e caracterizar matéria em escala nanométrica (inferior a 100 nm)
- O objetivo da nanotecnologia:
 - Criar novos materiais
 - Desenvolver novos produtos
 - Criar processos baseados na capacidade de ver e manipular átomos e moléculas

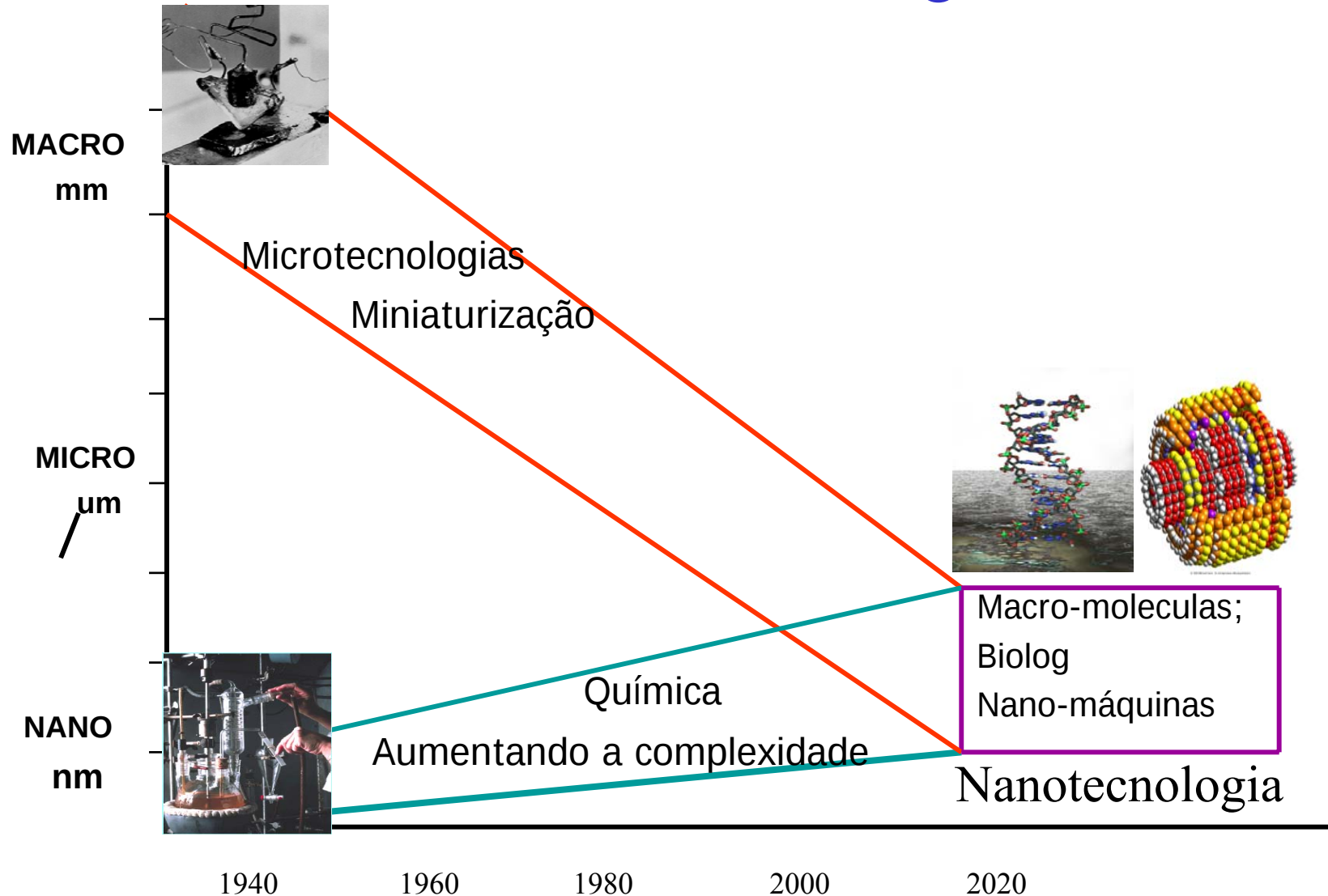


Química supramolecular



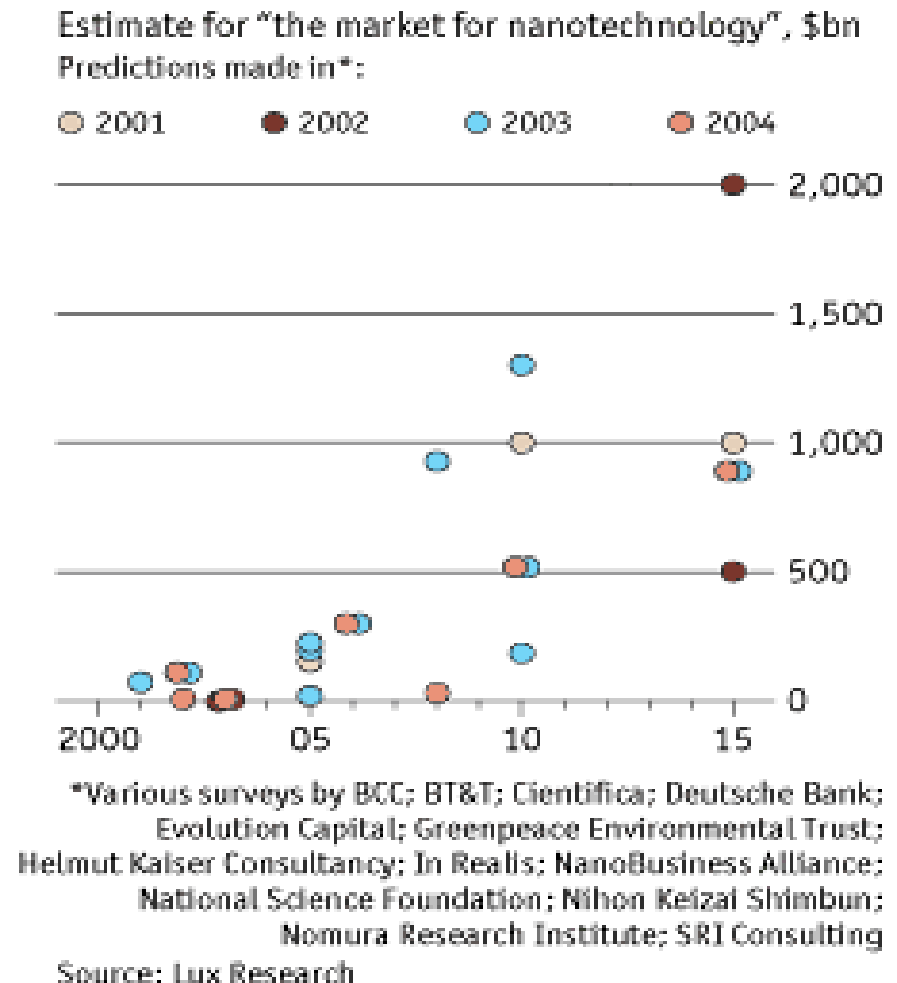
Superfície de um filme de ouro

A nanotecnologia fundindo as diversas disciplinas de ciência e tecnologia

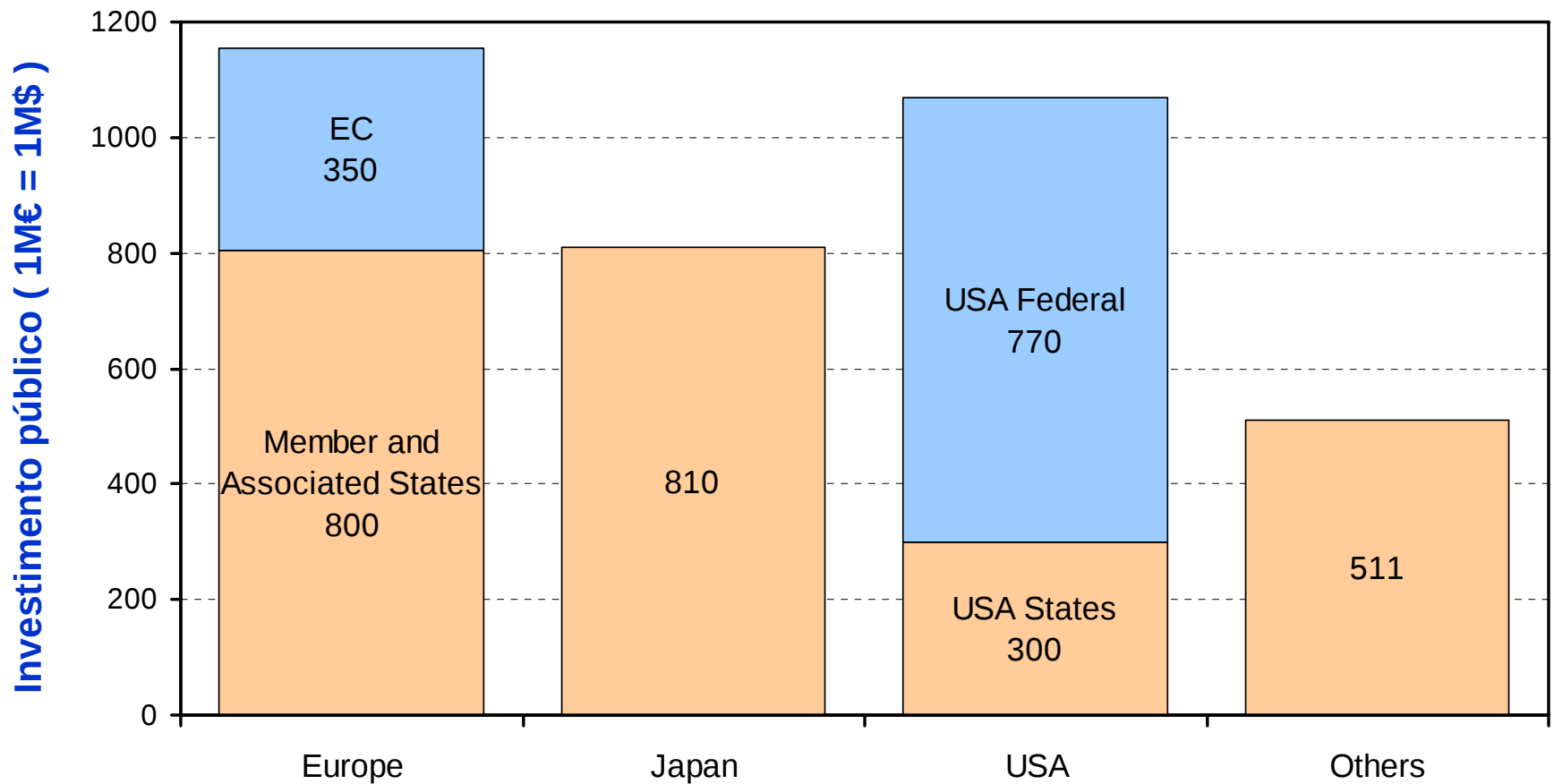


Importância econômica da Nanotecnologia

- Estima-se que o mercado para os produtos nano - tecnológicos chegue em 1 trilhão de dólares em 2015



Investimento público para P&D em Nanotecnologia (2003)



Fonte: European Commission (2003)

Investimento privado para P&D em Nanotecnologia



NOKIA
CONNECTING PEOPLE



PHILIPS
QinetiQ



NEC



SUMITOMO CHEMICAL

NANotex™
Fabric to the Next™

intel.

3M

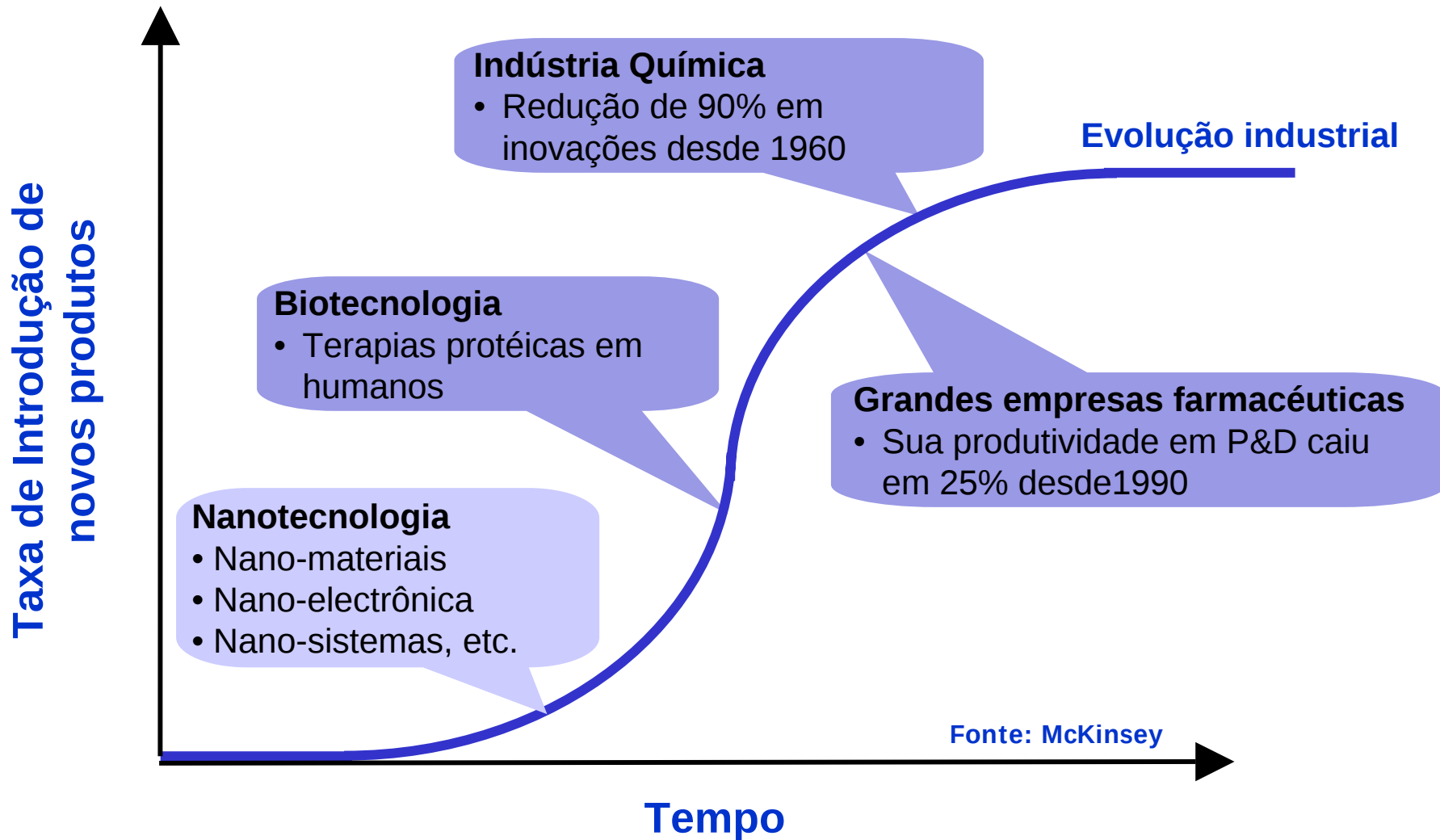


Lucent Technologies
Bell Labs Innovations

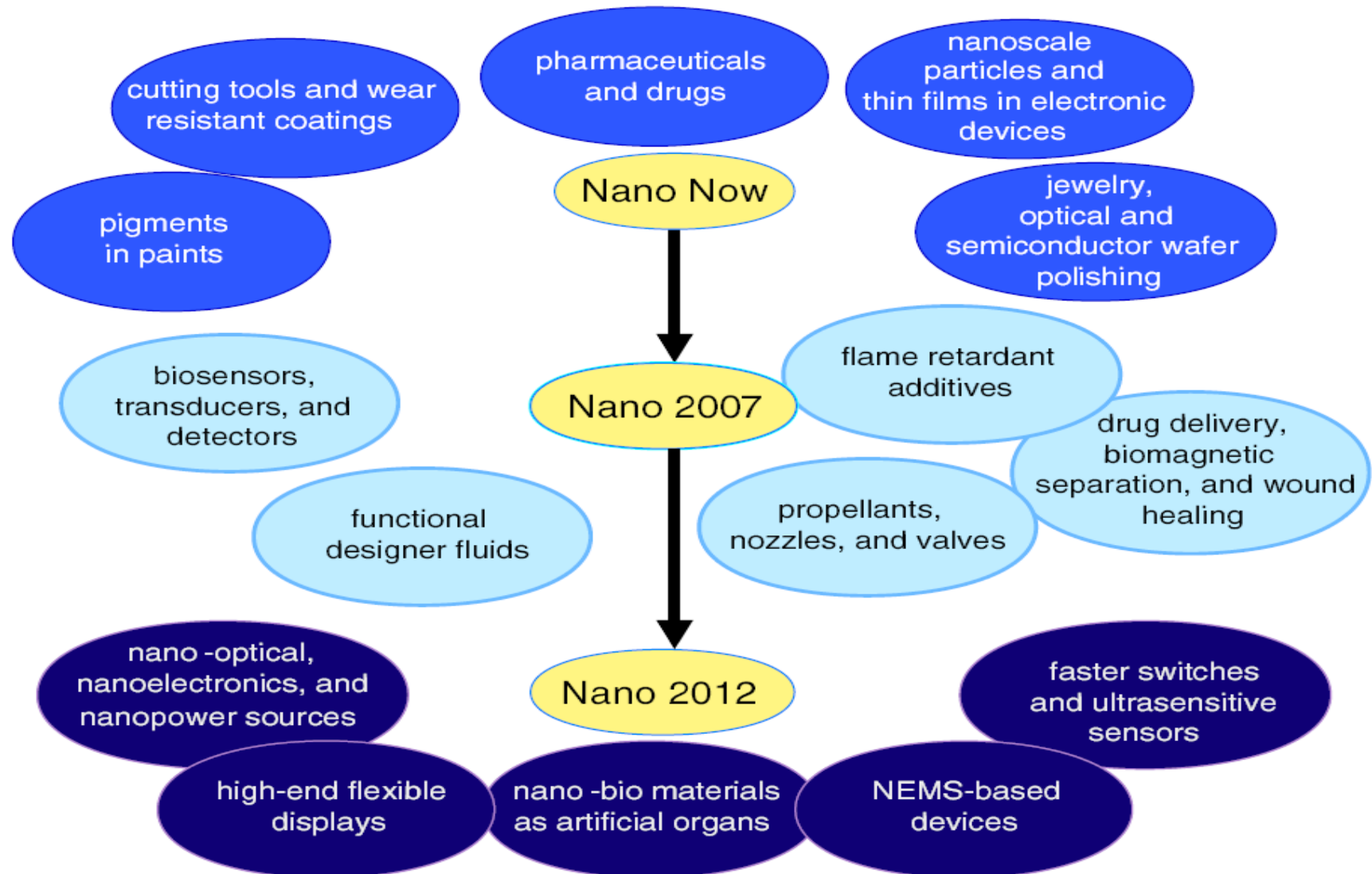
- Nos Estados Unidos perto de US\$1.7B, no Japão US\$1.4B e na Europa US\$0.7B
- Espera-se que nestes países o investimento privado ultrapasse o investimento público em 2006
- O total do investimento até o momento é de perto de US\$8 B

Fonte: Lux Research (2004)

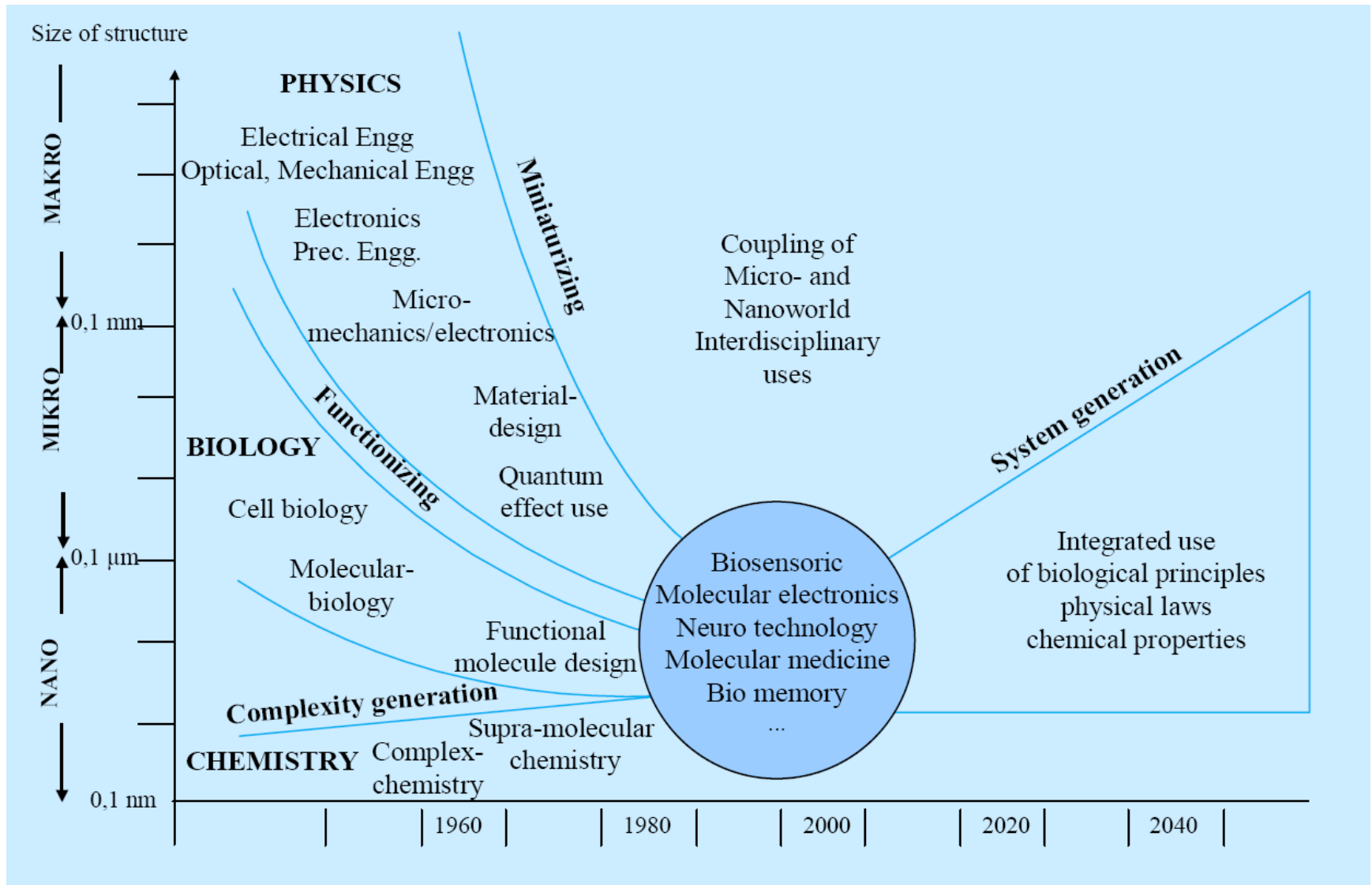
Onde se encontra a Nanotecnologia?



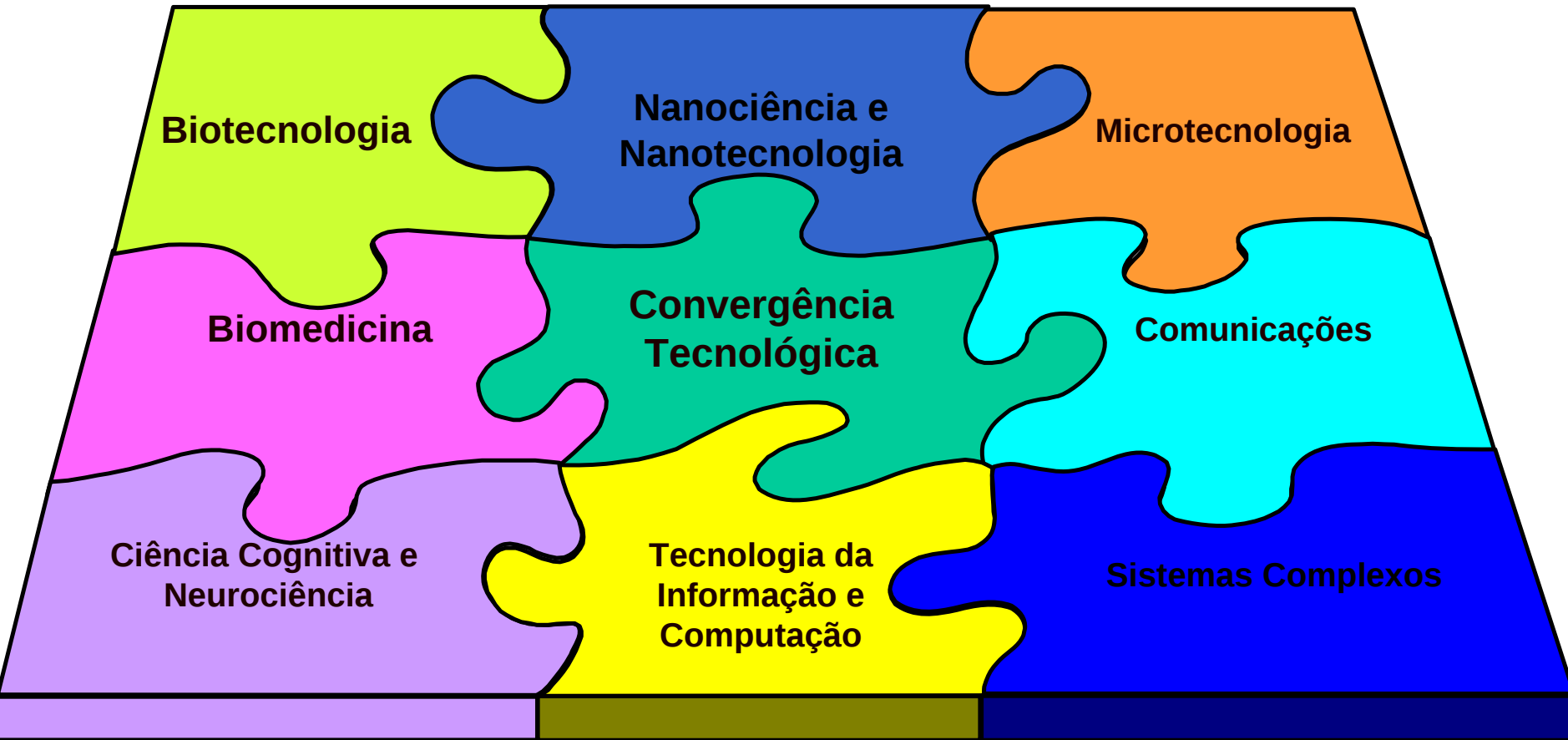
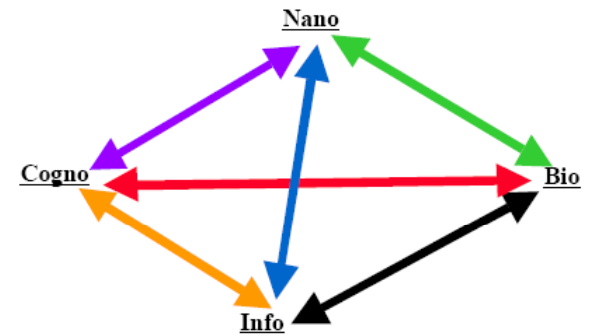
Produtos nanotecnológicos a curto prazo



Integração de abordagens em Nanotecnologia



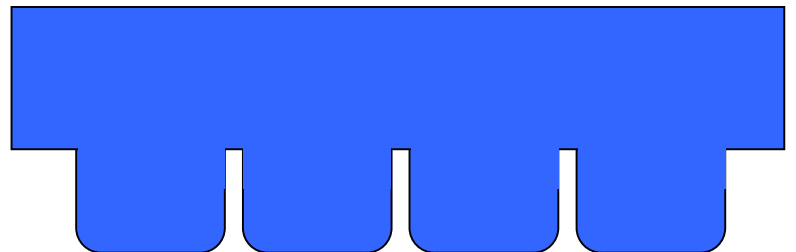
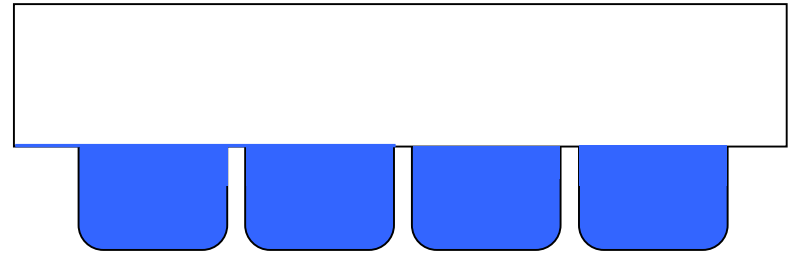
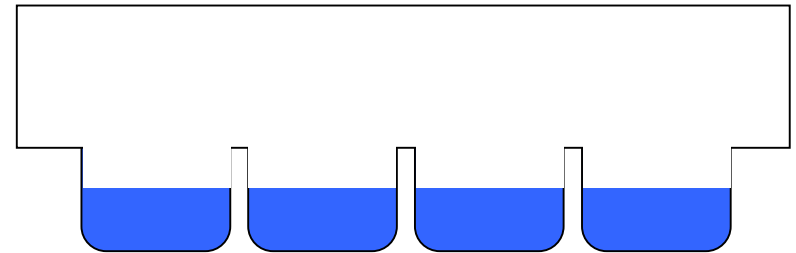
Uma nova revolução a vista : A convergência tecnológica



A BANDEJA DE GELO COMO MODELO PARA A DINÂMICA DA CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA



- **Reservatórios:** *Conhecimentos, métodos e descobertas feitos isoladamente em setores tecnológicos.*
- **Conexões:** *Uma cavidade se conecta com a outra. Conhecimento pode ser aplicado em áreas adjacentes.*
- **Convergência:** *maior sinergia e inovação na região conectada que nos reservatórios individuais.*



Impactos da Convergência Tecnológica

- Aumento da eficiência no trabalho e aprendizado
- Melhoria de capacidade sensoriais e cognitivas
- Mudanças na assistência médica
- Facilidades para a criatividade individual ou grupal
- Métodos de comunicação efetivos
- Métodos de ensino efetivos

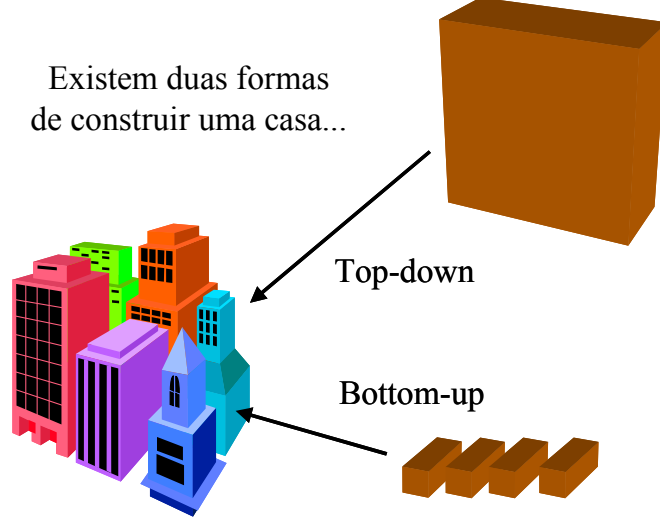
Convergência Tecnológica na sociedade

- **Potencial da convergência tecnológica**
 - Estratégia para uma maior competitividade tecnológica e qualidade econômica refletida na sociedade
 - Novos padrões na ciência e tecnologia, economia e sociedade
 - Melhoria das capacidades: físicas, de produtividade, de aprendizado individuais ou coletivas
 - Ambientes sustentáveis e inteligentes
 - Mudança das atividades humanas para a inovação e arte.
- **Melhoria da saúde humana e capacidades físicas**
 - Implantes e auto-regulação fisiológica
 - Interfaces cérebro-máquina
 - Melhoria das capacidades sensoriais e expansão de funções
 - Melhoria de qualidade de vida para os deficientes físicos
 - Extensão da vida e envelhecimento sadio
- **Expansão da cognição e comunicação humana**
 - Evolução cognitiva
 - Interações cérebro-cérebro e comunicação em grupo
 - Cognição espacial e linguagens visuais
 - Ferramentas para aprendizado e expressão criativa
- **Melhoria dos resultados sociais**
 - Sistemas de comunicação para interação de grupos e criatividade coletiva
 - Produtividade melhorada com menos tempo de trabalho
 - Sociedade interconectada e mais solidária
- **Unificação da ciência e educação**
 - Unificação da ciência a partir da nano-escala e a utilização de princípios integrativos
 - Mudanças cívicas, éticas e cognitivas da sociedade interconectada
 - Reformulação dos processos educativos em todos os níveis
 - Mudança cultural global
- **Segurança Nacional**
 - Melhoria da infraestrutura de defesa das nações

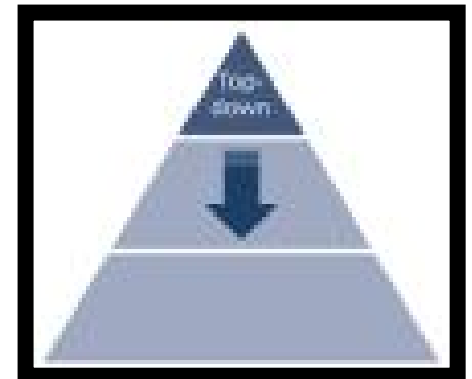
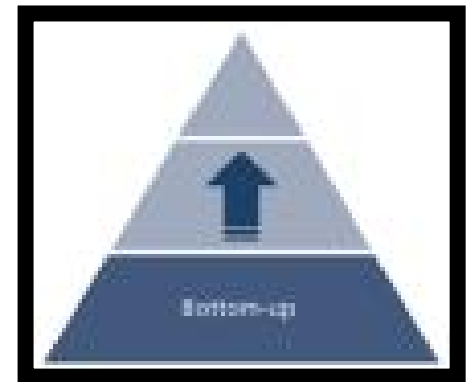
Questões a serem discutidas pela Sociedade

- Incertezas diante do desconhecido
- Considerações éticas e morais
- Considerações legais
- Preocupações com usos inadequados
- Reações da sociedade aos riscos
- O IPT coordena uma rede nacional (RENANOSOMA) que tem organizado vários seminários internacionais

Nanofabricação



- Bottom-Up
 - Manipular átomos e moléculas de forma a criar nanoestruturas como nanofios, nanotubos e nanodots
- Top-Down
 - parte do “grande” para o “pequeno”



Bottom-up vs. Top-down

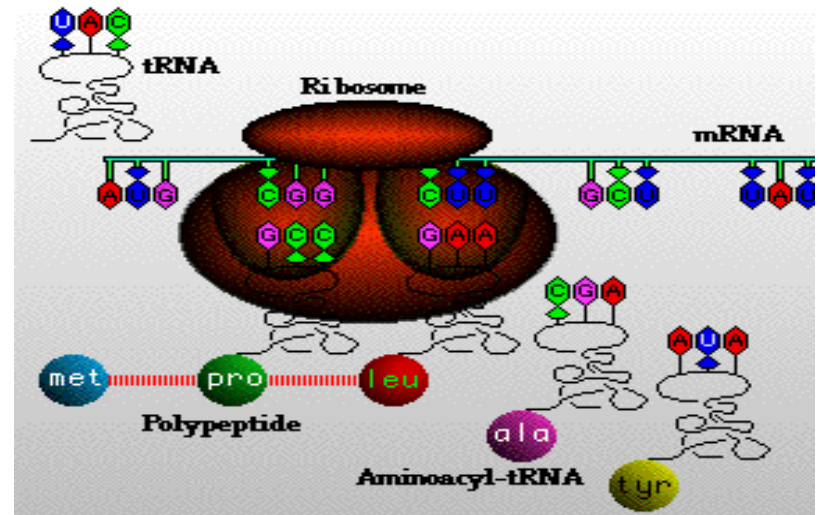
Fabricação Top-down

- Forma tradicional de fabricação
 - Retirar material até obter o produto. Ex. Esculpir
 - Adicionar materiais até obter o produto. Ex. Pintar

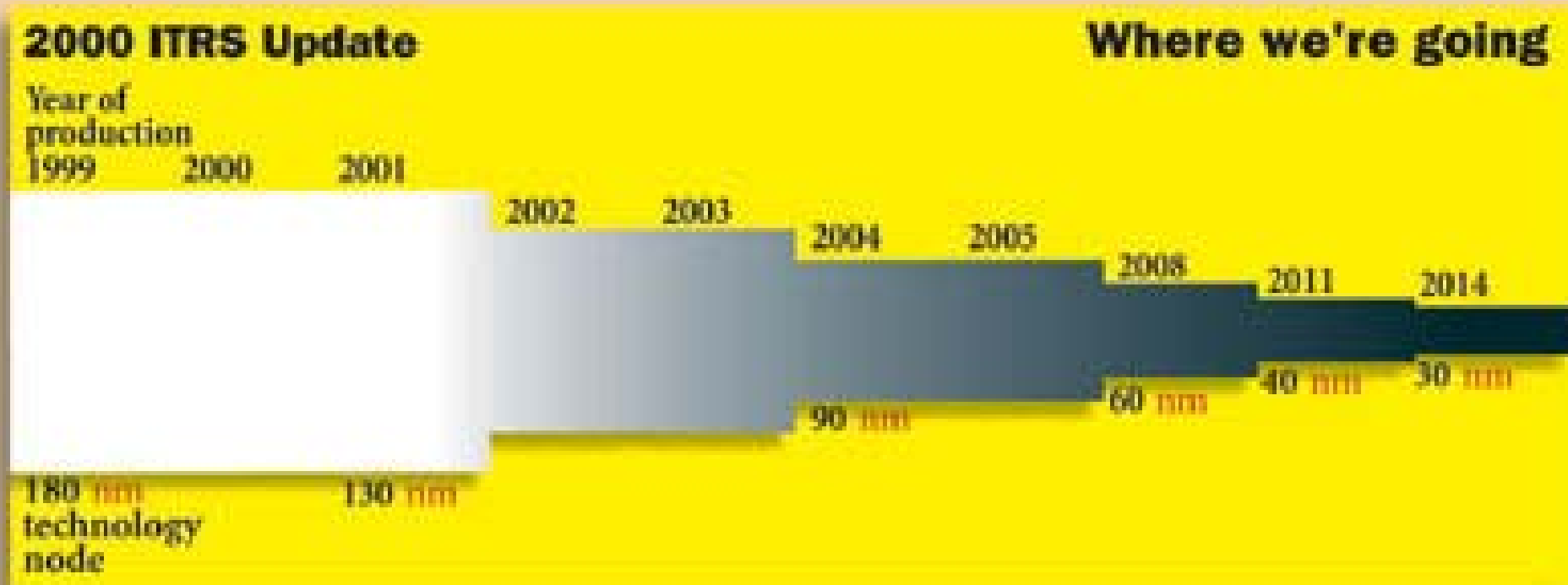


Fabricação Bottom-up

- Abordagem da Nanotecnologia
 - Adicionar materiais até obter o produto. Ex. Sistemas Biológicos



Abordagem Top-Down de Micro para Nano



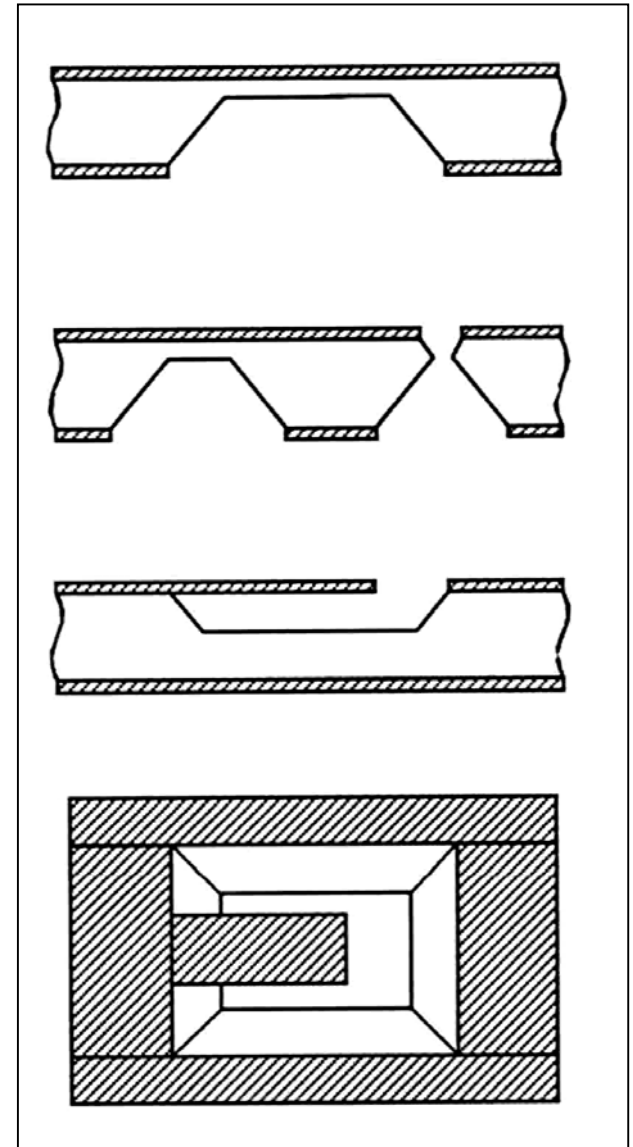
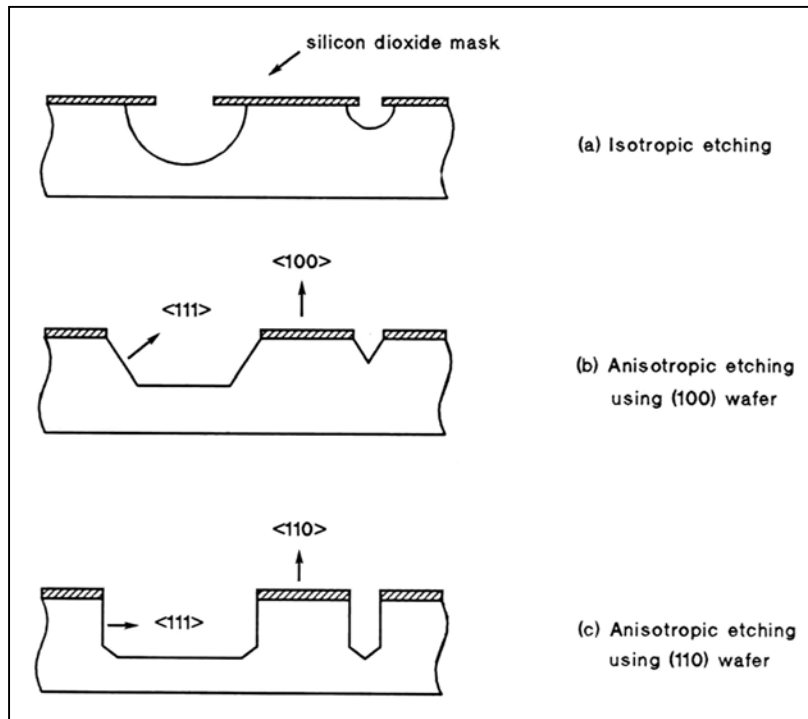
Processos de Microfabricação

- Processo padrão de Circuito Integrado
 - Identico ao usado na manufatura de Circuitos integrados
- Microusinagem de Surface
 - Processo aditivo
- Microusinagem de corpo
 - Processo Subtrativo
- Outro processos não convencionais
 - Liga, SU-8, LTCC

Processos de Microusinagem

Microusinagem de corpo

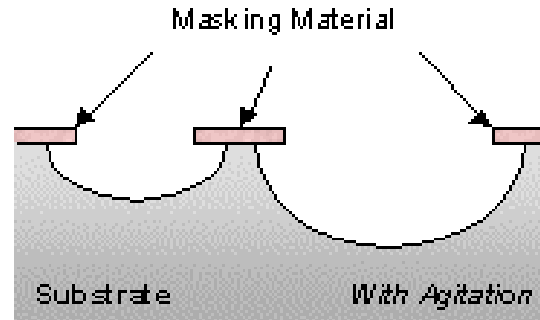
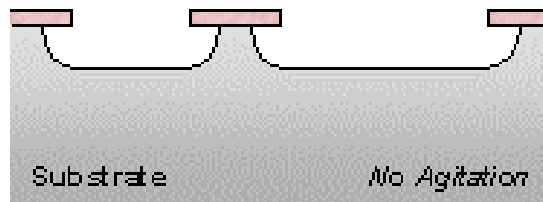
- Seca e úmida
- Isotrópica e anisotrópica
- Processo subtrativo



Microusinagem de corpo

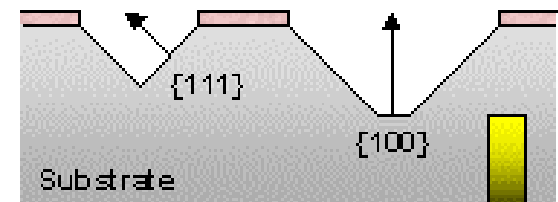
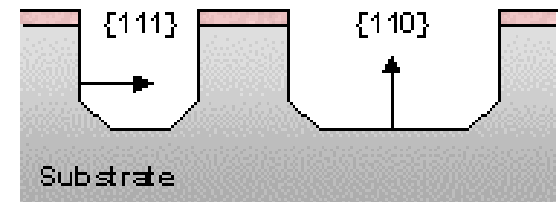
Isotropic Etching

(Two Agitation Conditions)

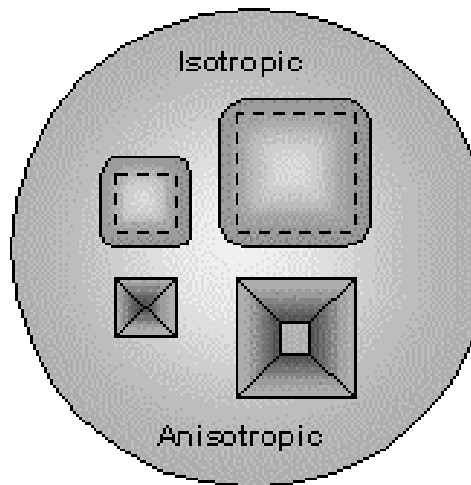


Anisotropic Etching

(Two Wafer Orientations)

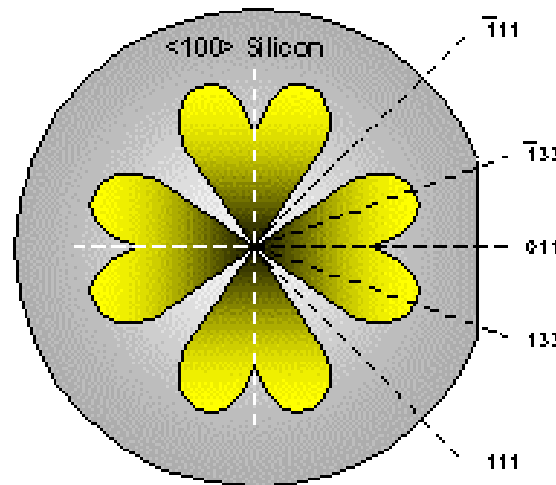


XeF₂, HCl, HF

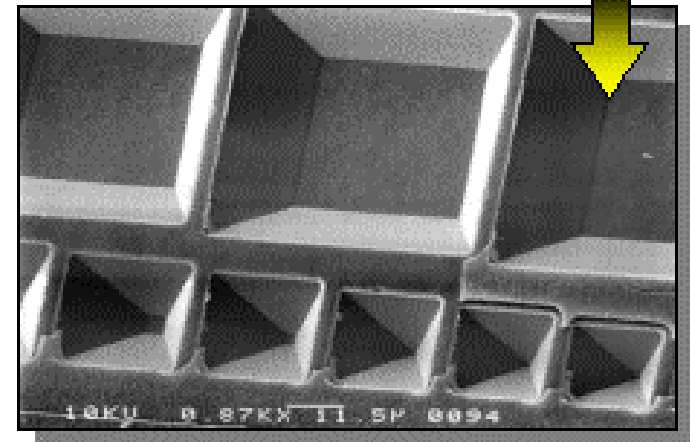


KOH, EDP, Hydrazine

EDP Etch Rate Dependence on Crystallographic Orientation



After L. Ristic, ed.,
Sensor Technology and Devices,
Artech House, 1994.

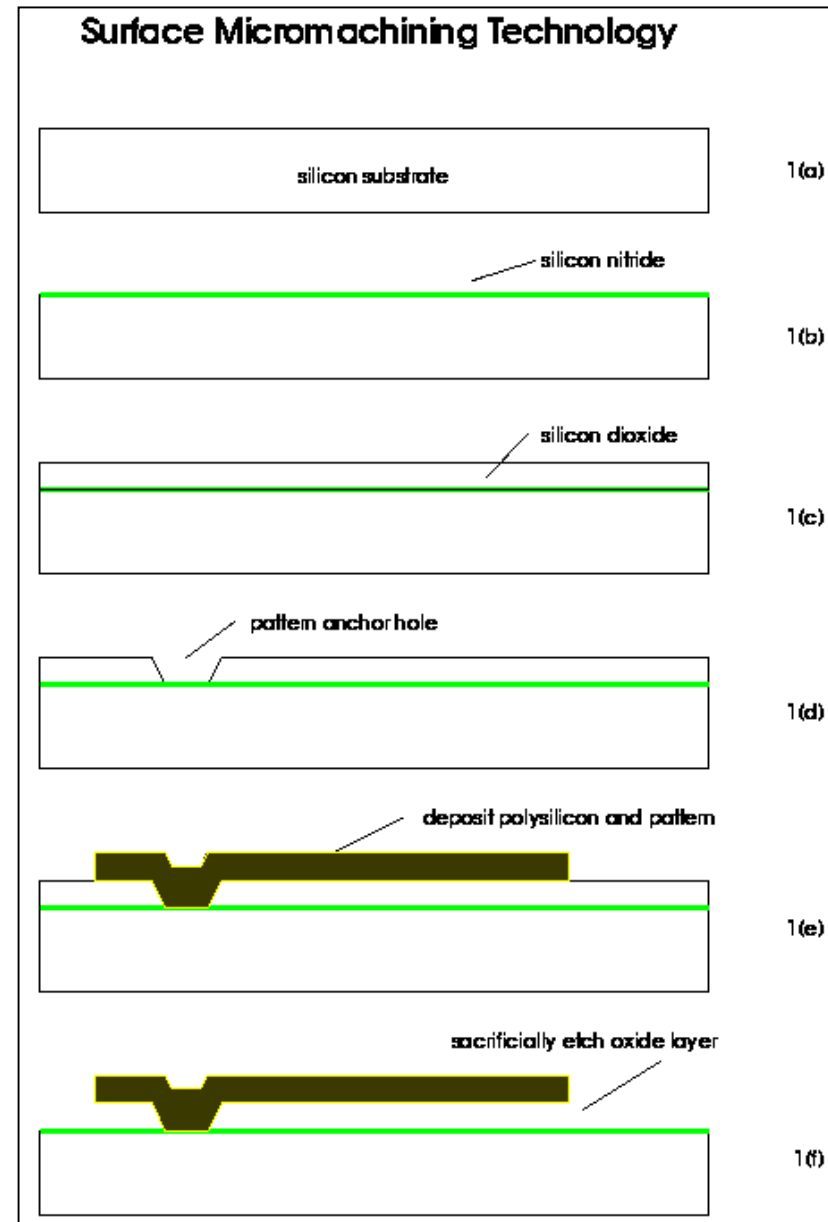
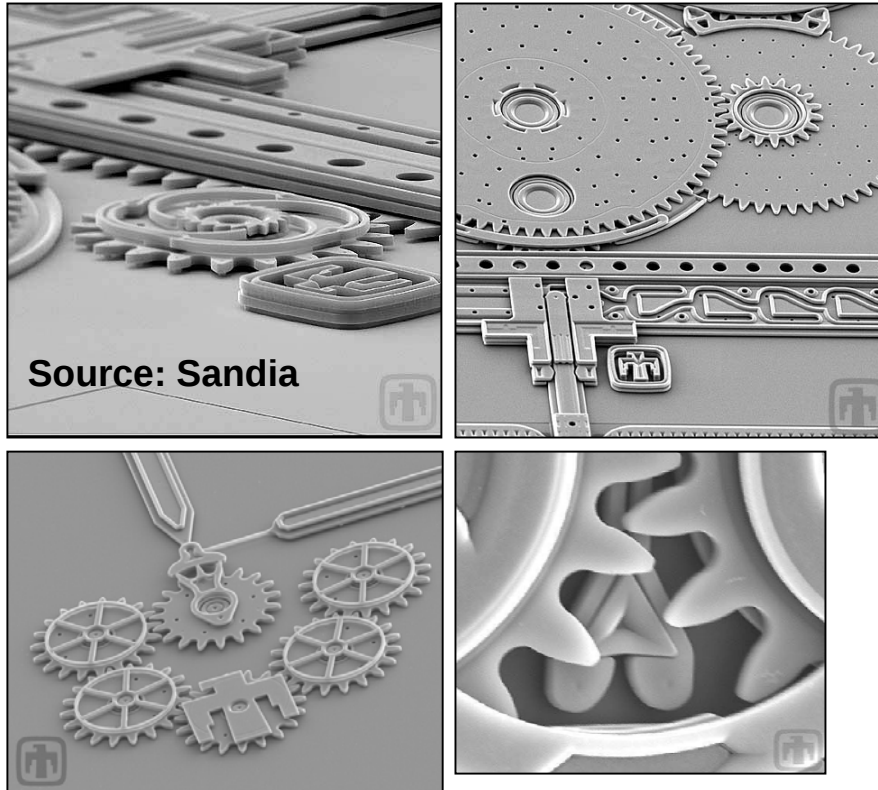


J. H. Comtois, Air Force Institute of Technology (AFIT), 1995.

Processos de Microusinagem

Microusinagem de superfície

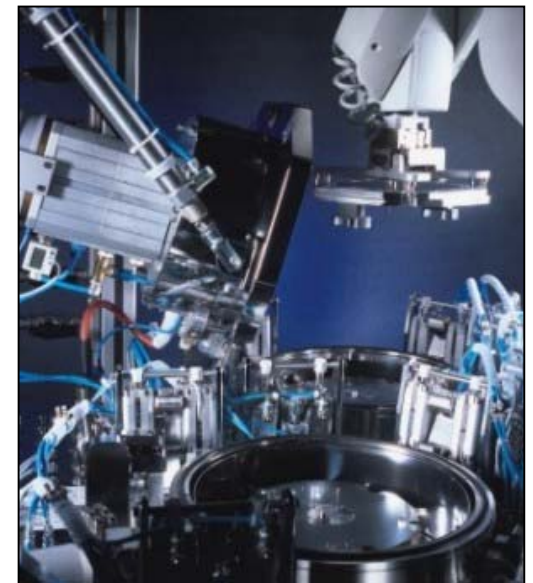
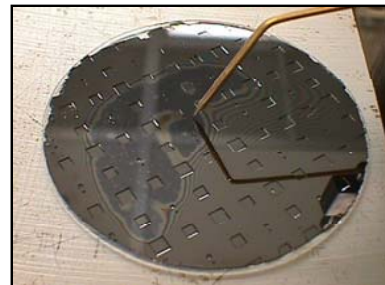
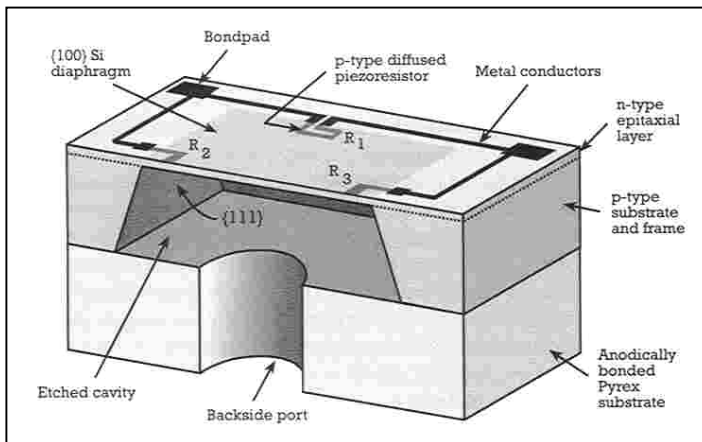
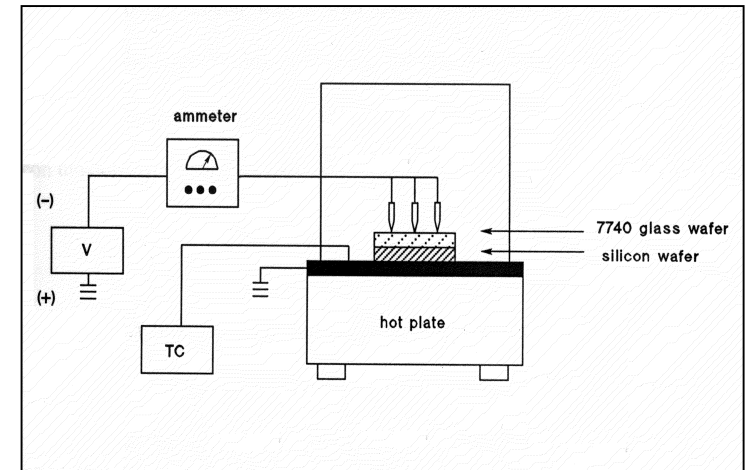
- Processo aditivo
- Camadas estruturais e de sacrifício



Processos de Microusinagem

Selagem e encapsulamento

- Selagem anódica
- Si-Si selagem por fusão
- Selagem eutética
- Selagem por vidro de baixa fusão



Técnicas de Selagem

microdispositivo fluídico



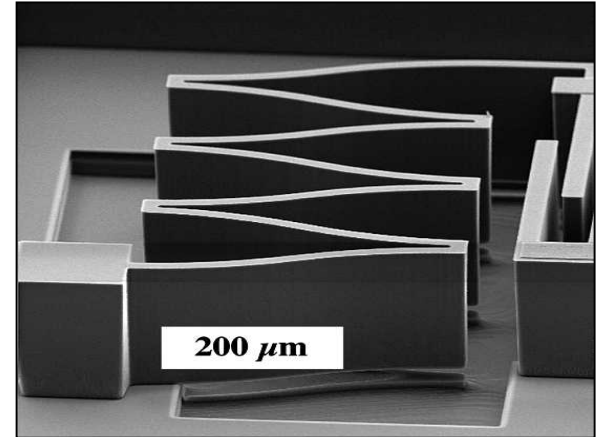
Pré-concentradores



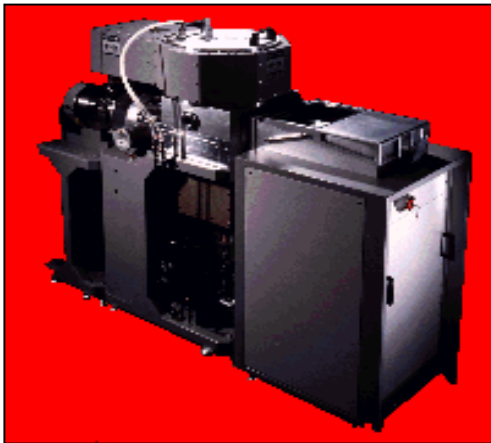
Processos de Microusinagem

Corrosão profunda por ions reativos (DRIE)

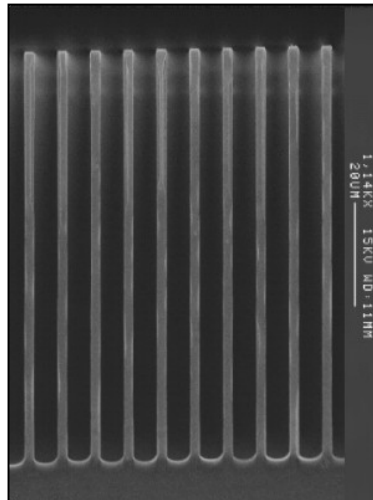
- Plasma de alta densidade
- Estruturas com alta razão de aspecto



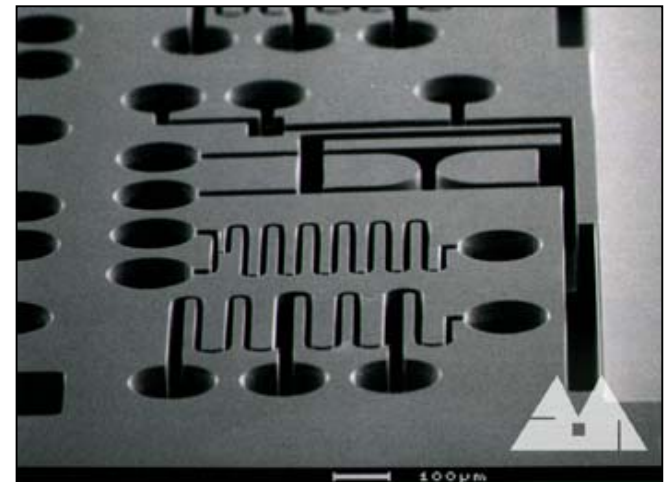
Source: LucasNova



Source: STS



Source: STS



Source: AMMI

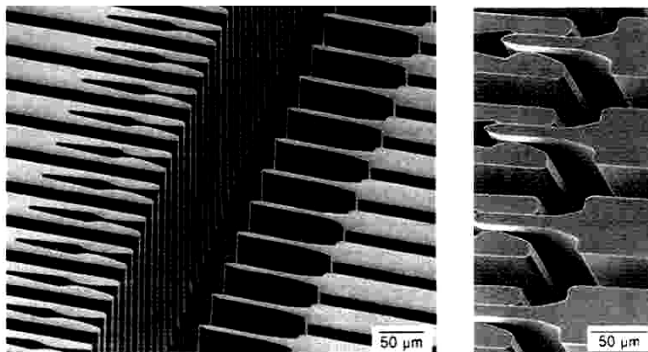
Processos de Microusinagem

LIGA (lithographie, galvanoformung, abformtechnik)

- uses x-ray lithography (PMMA), electrodeposition and molding to produce very high aspect ratio (>100) microstructures up to 1000 μm tall (1986)

Electrical multipin microconnectors

(From Ehrfeld, W., Proceedings, Micro System Technologies '90, Berlin, 521–528, 1990. With permission.)



Source: Madou

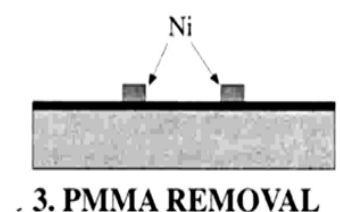
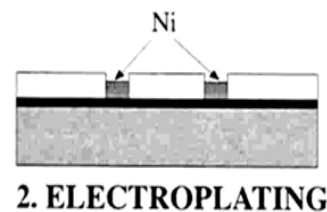
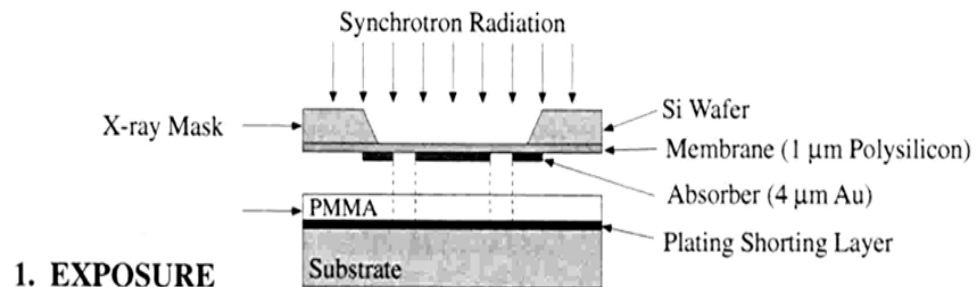


Illustration of the LIGA fabrication process. Adapted from Ehrfeld, et al. (1988) and Guckel, et al. (1990).

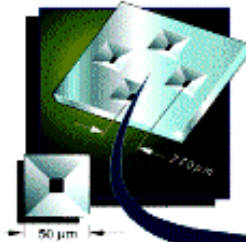
Source: Kovacs

Sensores Automotivos

Courtesy of D. Thomas,
Perkin-Elmer Applied
Biosystems

Inertial Navigation Sensors
• Acceleration
• Yaw Rate

**Silicon Nozzles
for Fuel Injection**



**Air Conditioning
Compressor
Sensor**

**Manifold
Air
Pressure
Sensor**

**Mass
Air Flow
Sensor**

**Accelerometer
for Suspension
Control**

Force Sensors
• Brakes
• Throttle Pedals

**Pressure and Inertial
Sensors for
Braking Control**



**Fuel
Pressure
Sensor**

Micromachined Transducer

Applications for Automotive
Operation & Safety

**Micromachined
Accelerometer
for Airbag**

**Microphones
for Noise
Cancellation**

**Airbag
Side Impact
Sensor**

Fuel Sensors
• Level
• Vapor Pressure

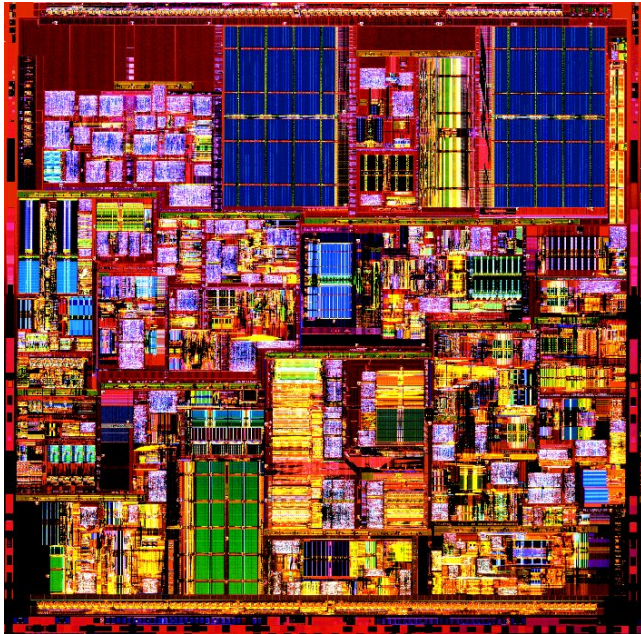
**Crash
Sensor**

**Exhaust
Gas
Sensor**

**Tire
Pressure
Sensors**



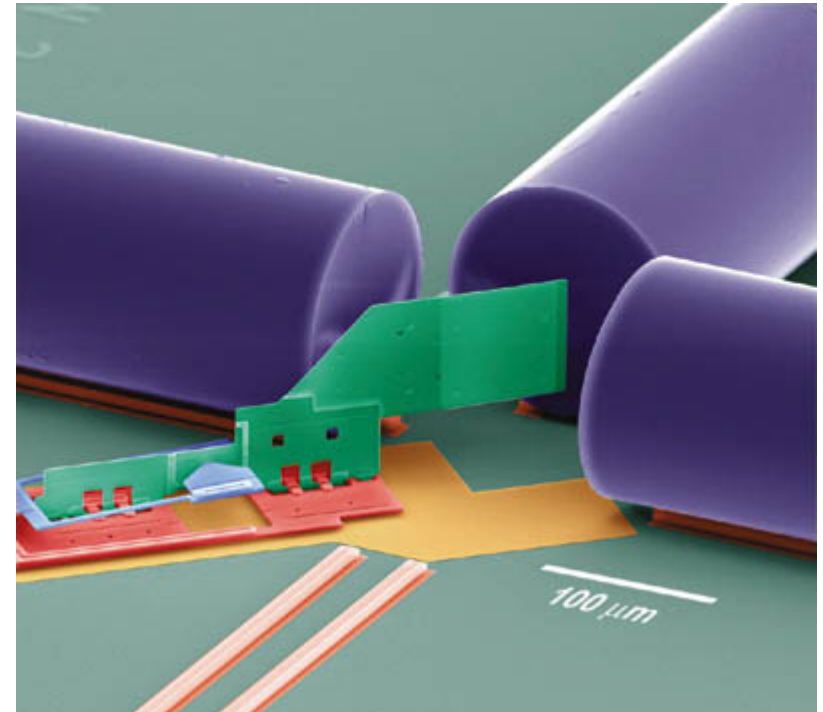
Micro - Eletrônica



- Pentium 4
 - 168 milhões de transistores em 200 mm^2

Micro Comunicações

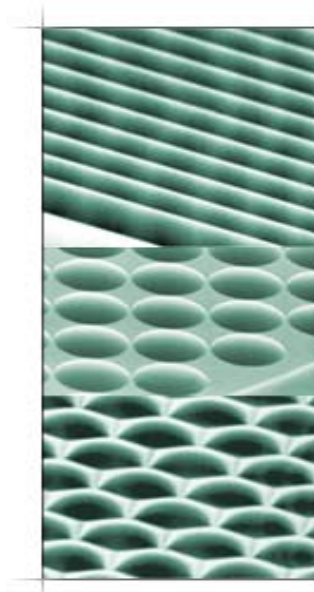
- Tecnologias de chaveamento de fibras óticas
- Backbones podem transmitir 5 GBps a grandes distâncias



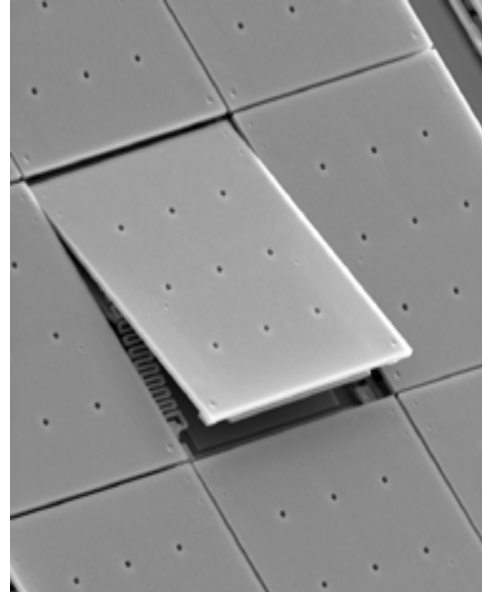
Chaveamento com Fibras óticas

Micro - ótica

- Ótica difrativa
- Arranjos de micro-lentes
- Arranjos de Micro-espelhos



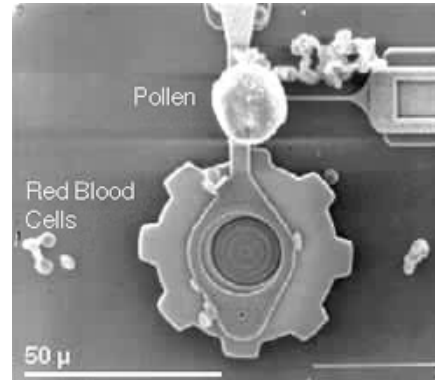
Arranjos de micro-lentes



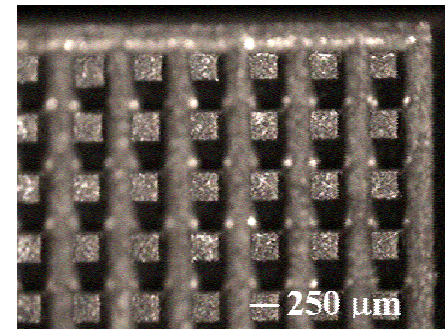
Micro-espelhos

Micro - Mecânica

- Micro-engrenagens
- Micro-peneiras
- Micro-atuadores
- Micro-válvulas



Micro engrenagem



Micro penera



Micro catraca



Micro-valvula

Micro-fluídica

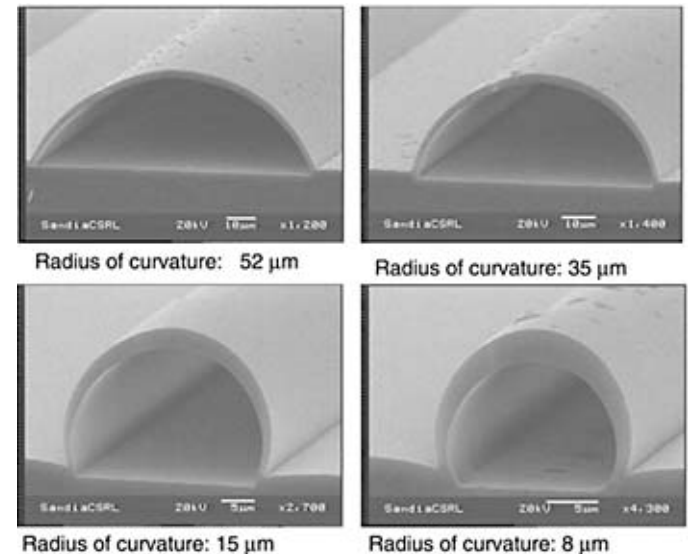
- Bocais para Ink- Jet
- Sensores de vazão
- Liberação controlada de remédios
- Separação em fluxo
- Fabricação em fluxo



Cartuchos de impressão



Lab-On-Chip para análise de DNA



Micro Canais

O que é Microfluídica

- É capacidade de mover, separar, misturar, bombear e controlar diminutas quantidades de líquidos ou gases em sistemas miniaturizados que possuem canais, cavidades bombas, válvulas e sensores.
- A motivação se origina da possibilidade de aumentar a eficiência de sistemas em microescala.
- O comportamento dos fluídos em microescala apresenta as seguintes características:
 - Controle de volume pequeno de fluído
 - Tempo de resposta rápido,
 - Condições para reações bem controladas,
 - Baixo consumo de energia,
 - Baixa perda de insumos

Aplicações da Micro-fluídica

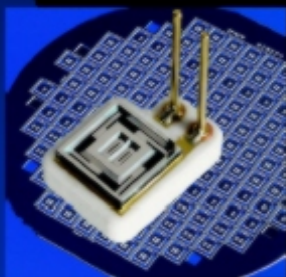
**Dispensadores /
Impressão**

Pneumática

**Biotecnologia e
Biomedicina**

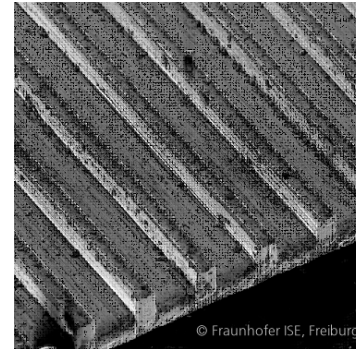
**Processos
Químicos**

Energia

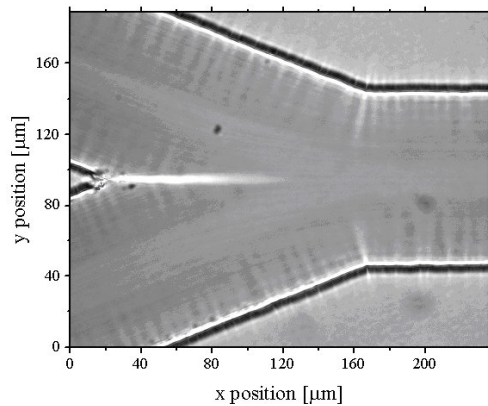


Micro - Química

- Células de combustível
- Micro misturadores
- Micro reatores químicos



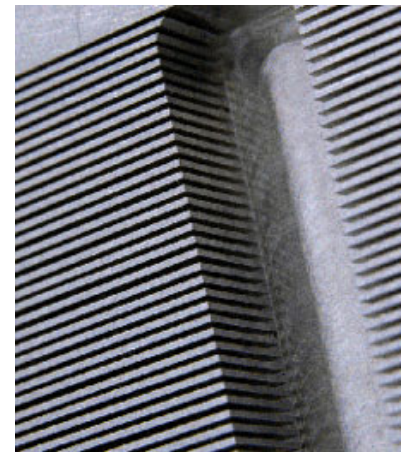
Célula de combustível



Micro misturadores



Reator químico





Aplicações em processos Químicos

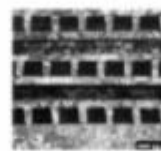
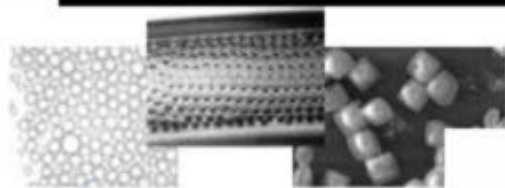
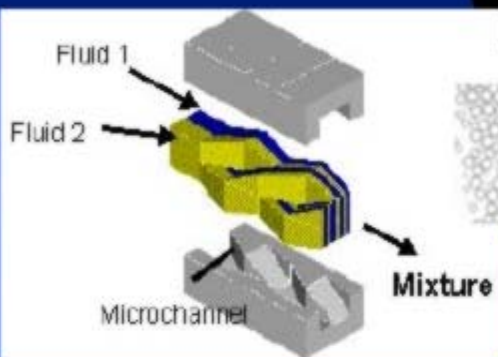
Processos Químicos

**Micro-
misturadores**

**Micro-
Dispensadores**

**Micro-
Trocadores
de calor**

**Micro-
Reatores
Químicos**



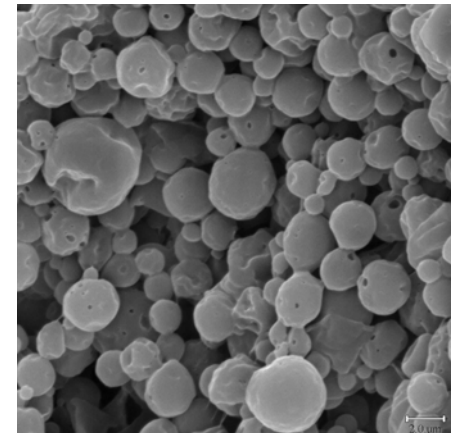
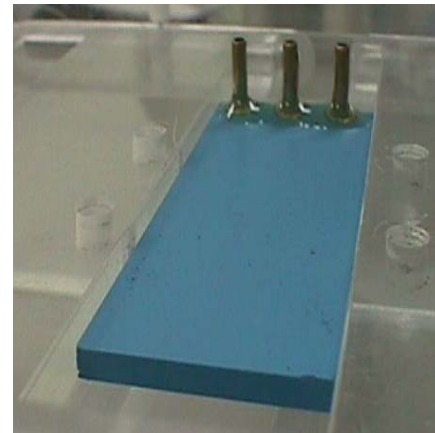
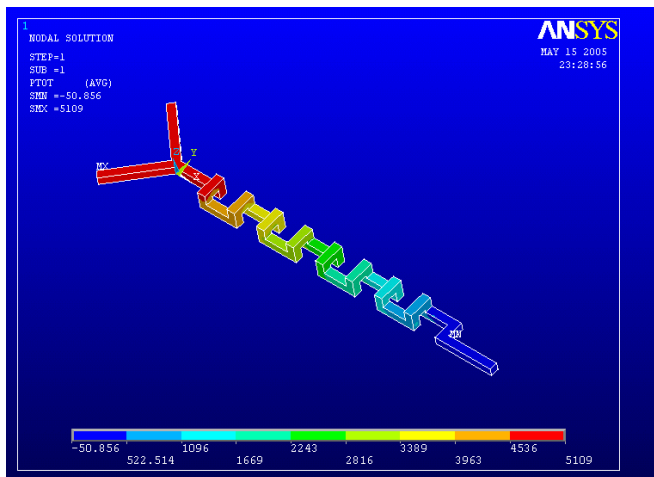
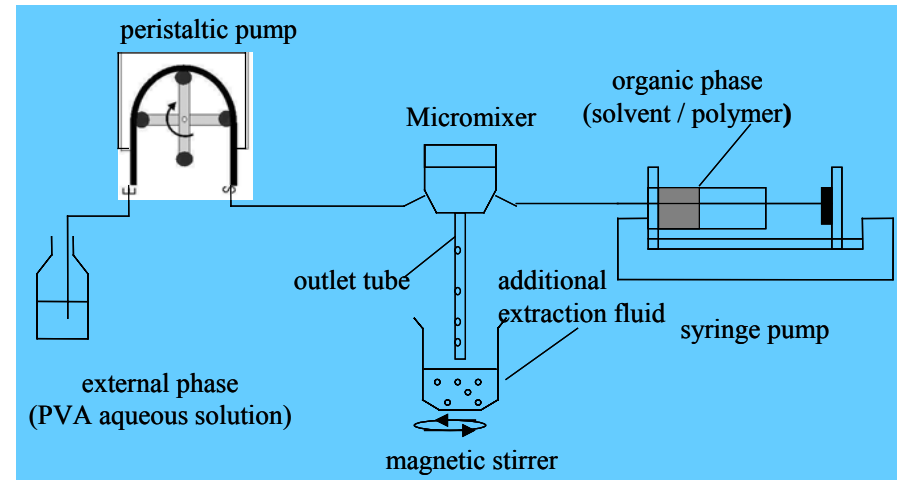
© 2000, FZ Karlsruhe



Fig. 11.26. "Crossed channel" heat exchanger developed at FZK

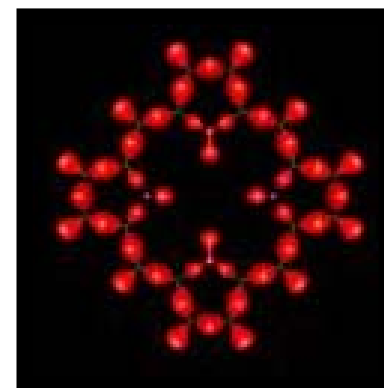
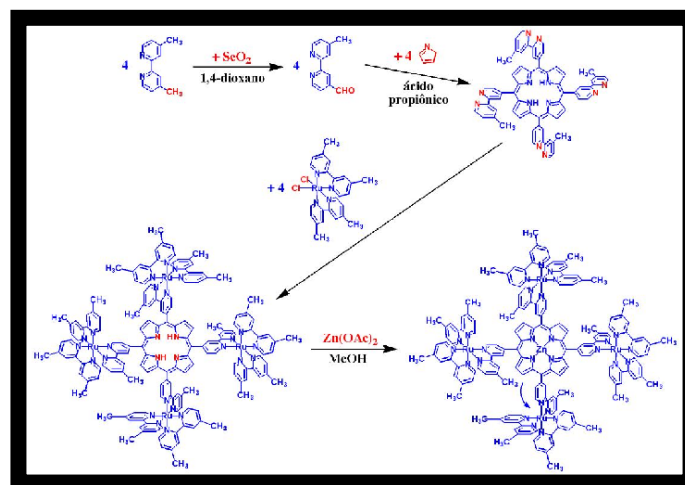
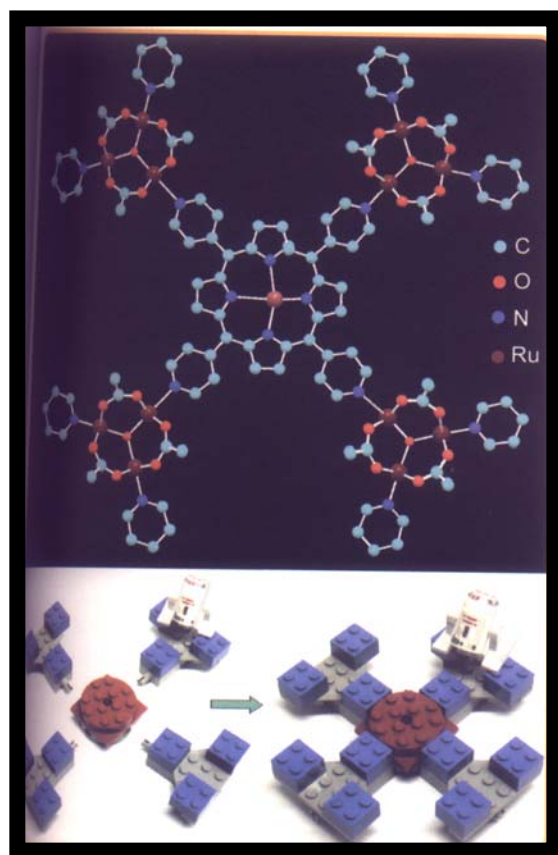
Micro-Processos $\Rightarrow$ Nano-Produtos

A produção de emulsões usando dispositivos microfluidicos é uma alternativa tecnológica para superar limitações hoje encontradas em processos convencionais de produção de sistemas micro e nanoestruturados

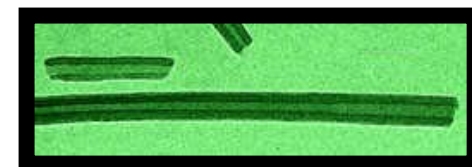


Nanofabricação – Bottom-Up

Química supramolecular



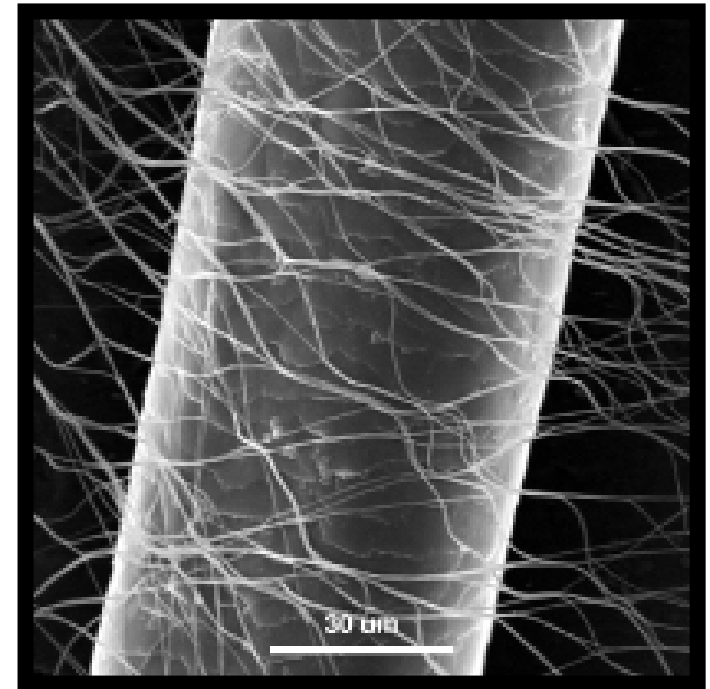
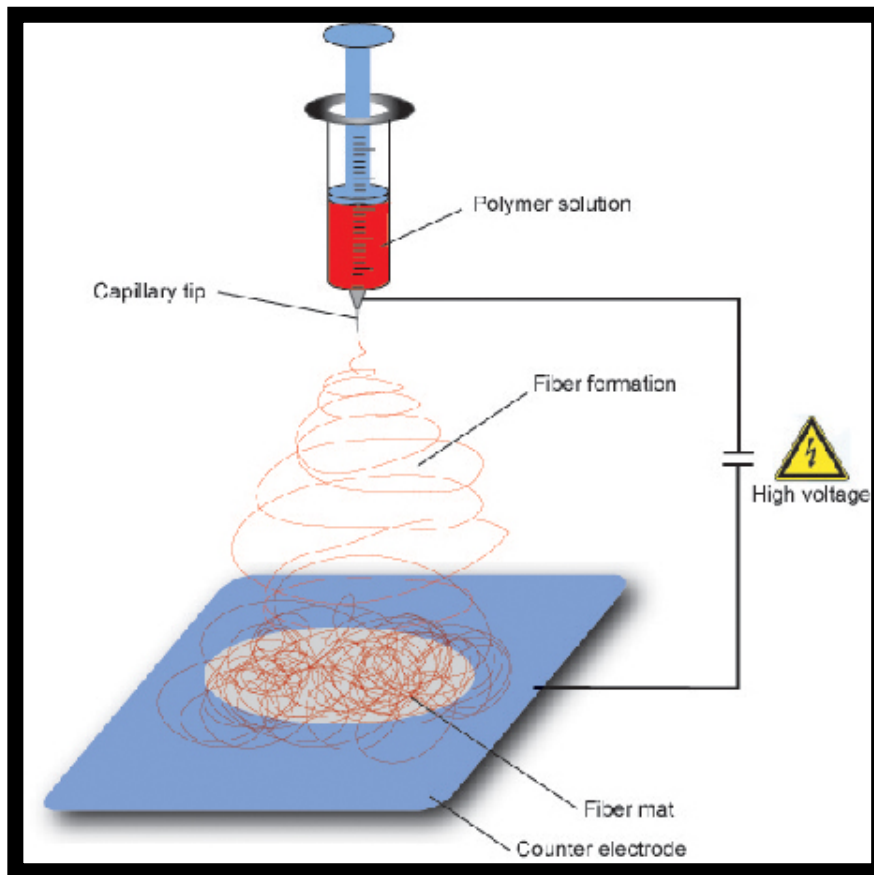
Porfirina



Nanotubos de porfirina
(diâmetro de 50nm)

complexos bis-4,4'-dimetil-2,2'-bipiridinarutênio(II) periféricos

Nanofabricação – Deposição Eletrostática

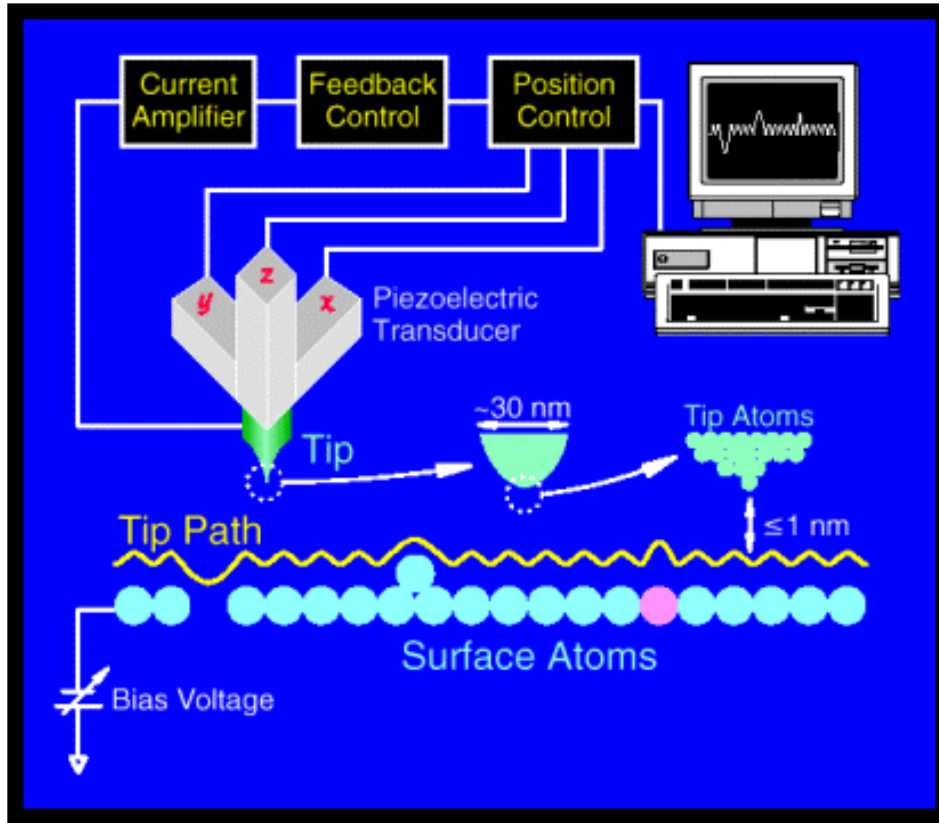


Cabelo humano envolto em nanofibras de poliacrilonitrila

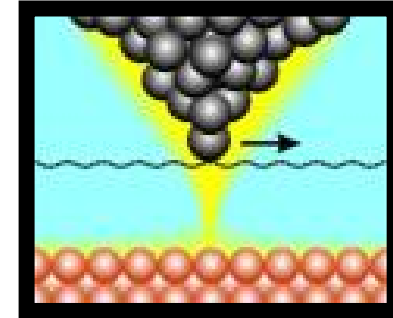


Nanofabricação

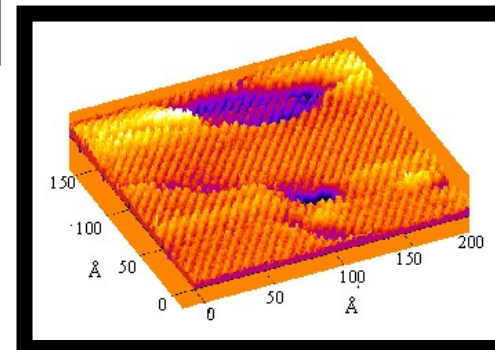
STM - Microscopia de varredura de tunelamento



Ponta do STM



Superfície de um
filme de ouro



alkanethiol



Nanopartículas



Incorporação de nanopartículas de dióxido de titânio altera a resistência de um plástico (epóxi)



Nanopartículas incorporadas às lentes eliminam o brilho



Vidro com dióxido de titânio

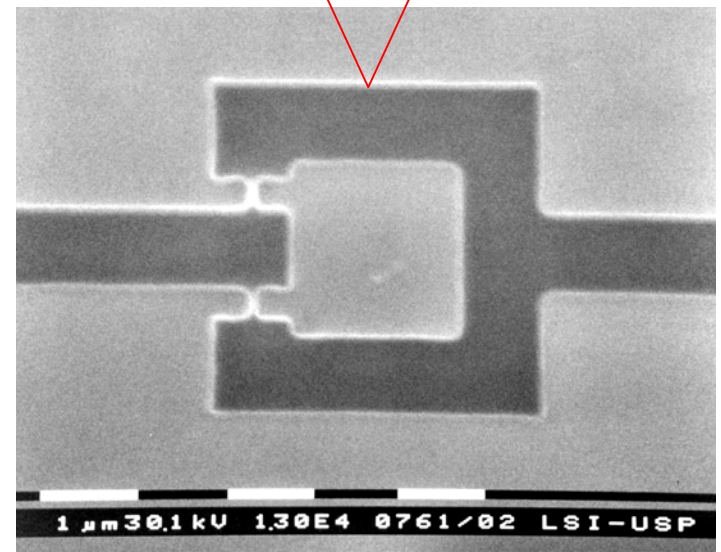
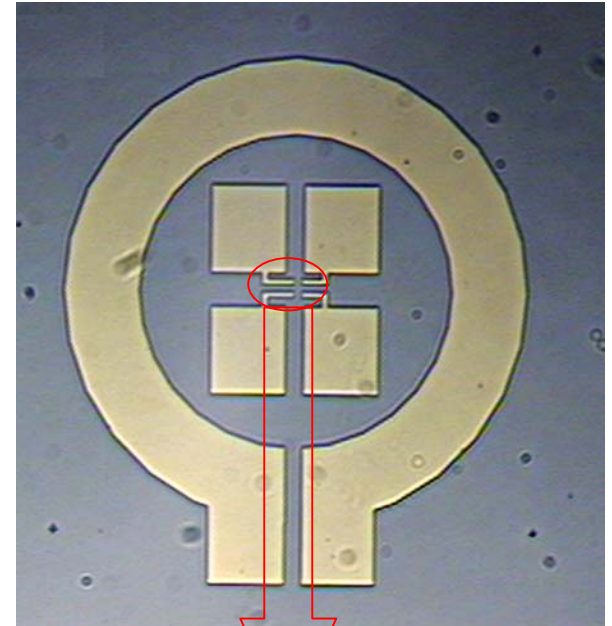
Nanosensores Magnéticos MicroSQUID

(Superconducting Quantum Interference Device – Dispositivo Supercondutor de Interferência Quântica) é na atualidade o dispositivo transdutor mais sensível para medidas de variação de fluxo magnético, para investigação das propriedades magnéticas de nanopartículas.

(a) MicroSQUID (centro) circundado por anel (bobina) de ouro.

(b) Os quadrados em ouro são terminais de contato.

(c) Anel do MicroSQUID ($4\mu\text{m} \times 4\mu\text{m}$) mostrando constrições de $100\text{nm} \times 300\text{nm}$.



Quantum Dots

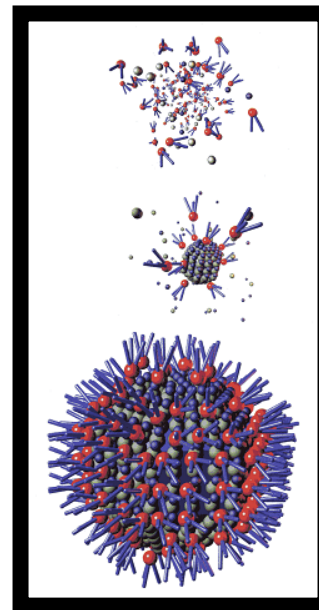
- Reação química entre íons e moléculas orgânicas
- As moléculas orgânicas têm como função controlar o crescimento destes cristais



Quantum dots vermelhos injetados em um rato vivo permitem fazer marcação do tumor.

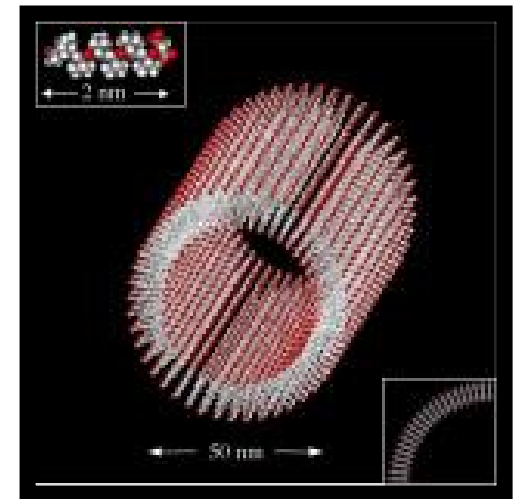
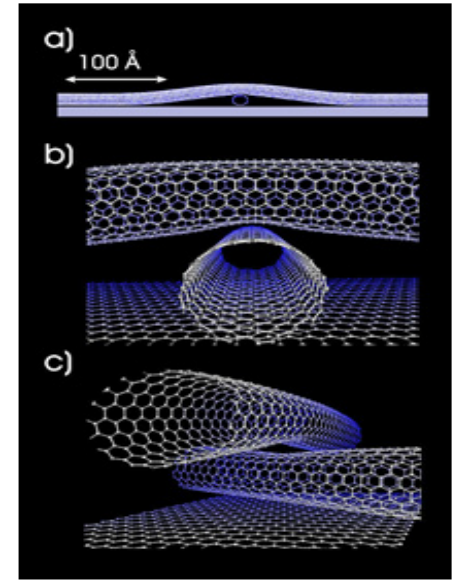
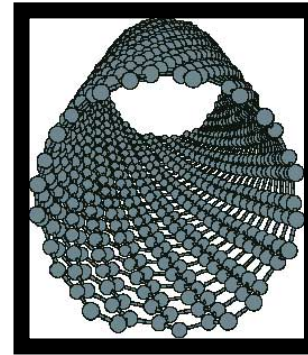


Quantum dots de CdSe submetidos a luz



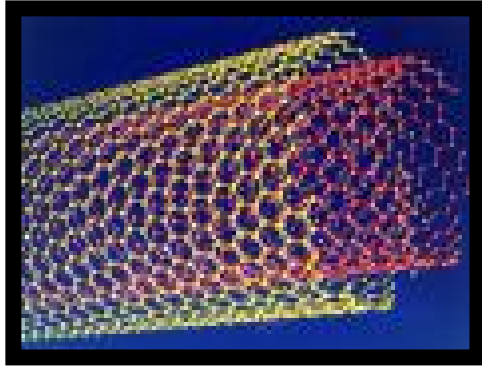
Nanotubos

- Nanotubos formados de átomos de carbono
- Arranjo hexagonal
- Diâmetro entre um e dois nanômetros
- A parede do tubo pode conter mais que uma camada de átomos
- Propriedades são determinadas pelo seu diâmetro e simetria espacial
- Criação de materiais 5 vezes mais leves, 20 vezes mais resistentes e capazes de operar sob temperaturas 3 vezes mais elevadas que o aço

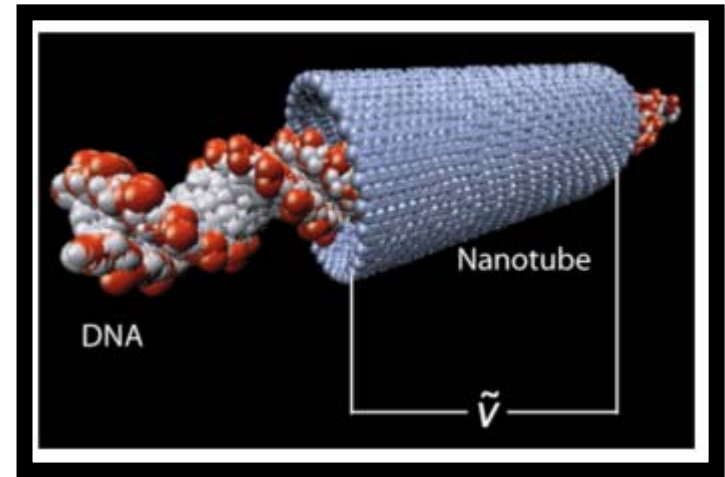


Simulação mecânica de um nanotubo

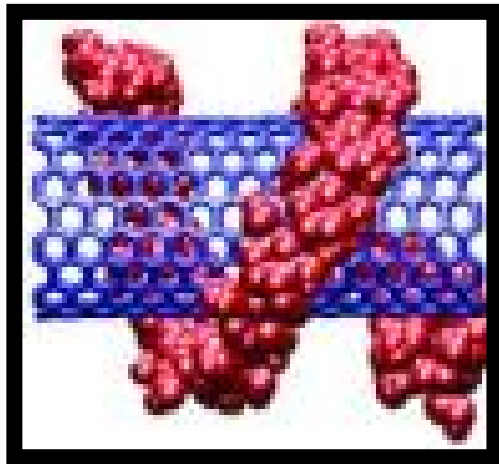
Nanotubos - aplicações na medicina



Reforço estrutural



Rearranjo do DNA



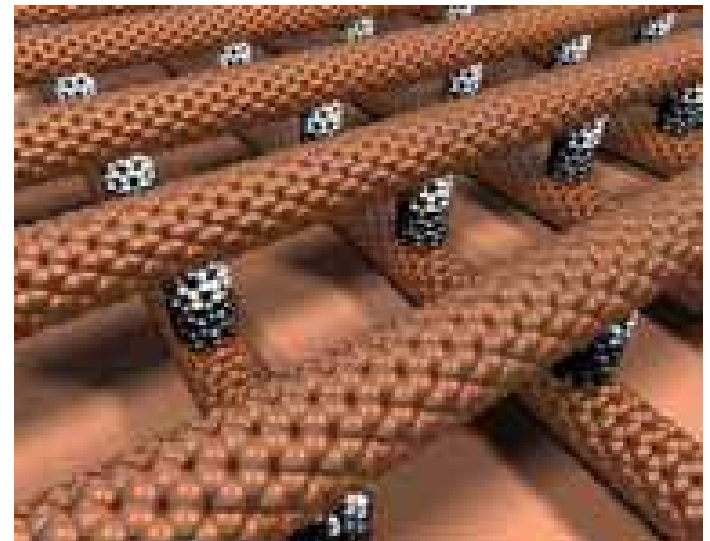
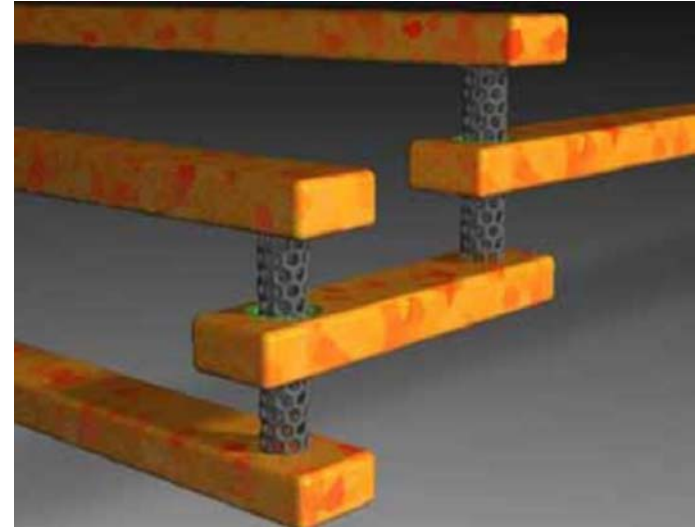
Armadilhamento de macromoléculas



remover vírus de poliomielite (25 nm) da água, assim como outros organismos maiores, como as bactérias E.coli e Staphylococcus aureus da água

Nanotubos de carbono e possíveis aplicações em circuitos eletrônicos

- Dentre as aplicações dos nanotubos de carbono em eletrônica podemos destacar:
- a obtenção de condutores balísticos, a implementação de vias de interconexão,
- de transistores, de displays planos, de sensores e atuadores.
- Utilizam-se também como fonte de elétrons e em sistemas de armazenamento de hidrogênio



Ações no Brasil

- Em 2005 o Ministério da ciência e tecnologia (MCT) elevou para R\$ 79 milhões o fundo destinado a gastos com P&D e inovação em nanotecnologias, o programa visa:
 - Estabelecer políticas claras, objetivas e que criem um ambiente favorável ao investimento;
 - Prover os recursos necessários de longo prazo para constituição das capacidades;
 - Estabelecer uma estrutura regulatória para garantir o bem estar social e a competitividade;
 - Encorajar outros agentes à participação conjunta público-privada no desenvolvimento de produtos e processos.

Na indústria

- Em Julho de 2005, foi realizado em São Paulo, o primeiro Congresso Internacional de Nanotecnologia - Nanotec 2005, juntamente com a exposição internacional de projetos, produtos e materiais nanotecnológicos.
- Durante o evento a FIESP e o IEDI organizaram o seminário “O Brasil diante da Nanotecnologia”, para analisar as implicações da (N & N) no setor industrial. Deste encontro, foi gerada a carta de São Paulo, onde se mostrou o engajamento das empresas nacionais nas nanotecnologias.
- Empresas nacionais como a SABESP começam a pensar nas possíveis aplicações da Nanotecnologia na sua área de interesse.
- Em novembro de 2006 está programado a Nanotec 2006.

Conclusões

- A inserção da (N & N) no projeto de desenvolvimento sustentável e competitivo no Brasil requer a construção de uma visão compartilhada para a inovação nesta área, com o estabelecimento de parcerias estratégicas, que articulem a cooperação efetiva entre governo, empresas, institutos de pesquisa e universidades.