

Seminário "Revolução 4.0 e impactos no mundo do trabalho :um debate inicial "

Nanotecnologia - Conceitos gerais

Fundacentro - CRMG - Belo Horizonte

25 de setembro de 2018

Arline Sydneia Abel Arcuri



E o que é nanotecnologia?

Há várias definições de nanotecnologia.



O que é nanotecnologia?

Alguns autores distinguem:

A **Nanociência** corresponderia a fase da pesquisa que visa entender o comportamento da matéria na escala nanométrica e seus efeitos e suas influências nas propriedades dos materiais.

A **Nanotecnologia** exploraria estes efeitos para criar estruturas, equipamentos e sistemas com novas propriedades e funcionalidades e com isto produzir coisas passíveis de comercialização



Para o Grupo Técnico da ISO 229

O conceito de nanotecnologia inclui um ou ambos do que se segue:

- ✓ Compreensão e controle da matéria e processos em nanoescala, normalmente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes do tamanho geralmente permite novas aplicações,
- ✓ Utilização das propriedades dos materiais em escala nano que diferem das propriedades de átomos individuais, moléculas e da matéria em escala maior, para criar os melhores materiais, dispositivos e sistemas que exploram essas novas propriedades.

Nanotecnologia

Foi anunciada como uma nova revolução tecnológica, mas tão profunda que deve atingir todos os aspectos da sociedade humana.

Ela envolve o estudo e a manipulação da matéria em uma escala muito pequena, geralmente na faixa de **1 a 100**
nanômetros



Atualmente é considerada como integrante da 4ª revolução industrial

1ª

Máquina a vapor

Permitiu:
mecanização;
energia hidráulica;
novas ferramentas



2ª

Eletricidade

Permitiu:
Criação de linha
de montagem



3ª

Eletrônica e
informática

• Permitiu:
• Desenvolvimento da
computação e
automação



4ª

• Era da inteligência artificial, dos robôs, da impressão 3D, da internet das coisas, e, sobretudo, da nanotecnologia
• Permite:
• Internet das coisas
• Computação em nuvem
• **Industria 4.0**

Os materiais produzidos pela nanotecnologia são muito pequenos. Tem tamanho de nanômetros



Nanômetro?

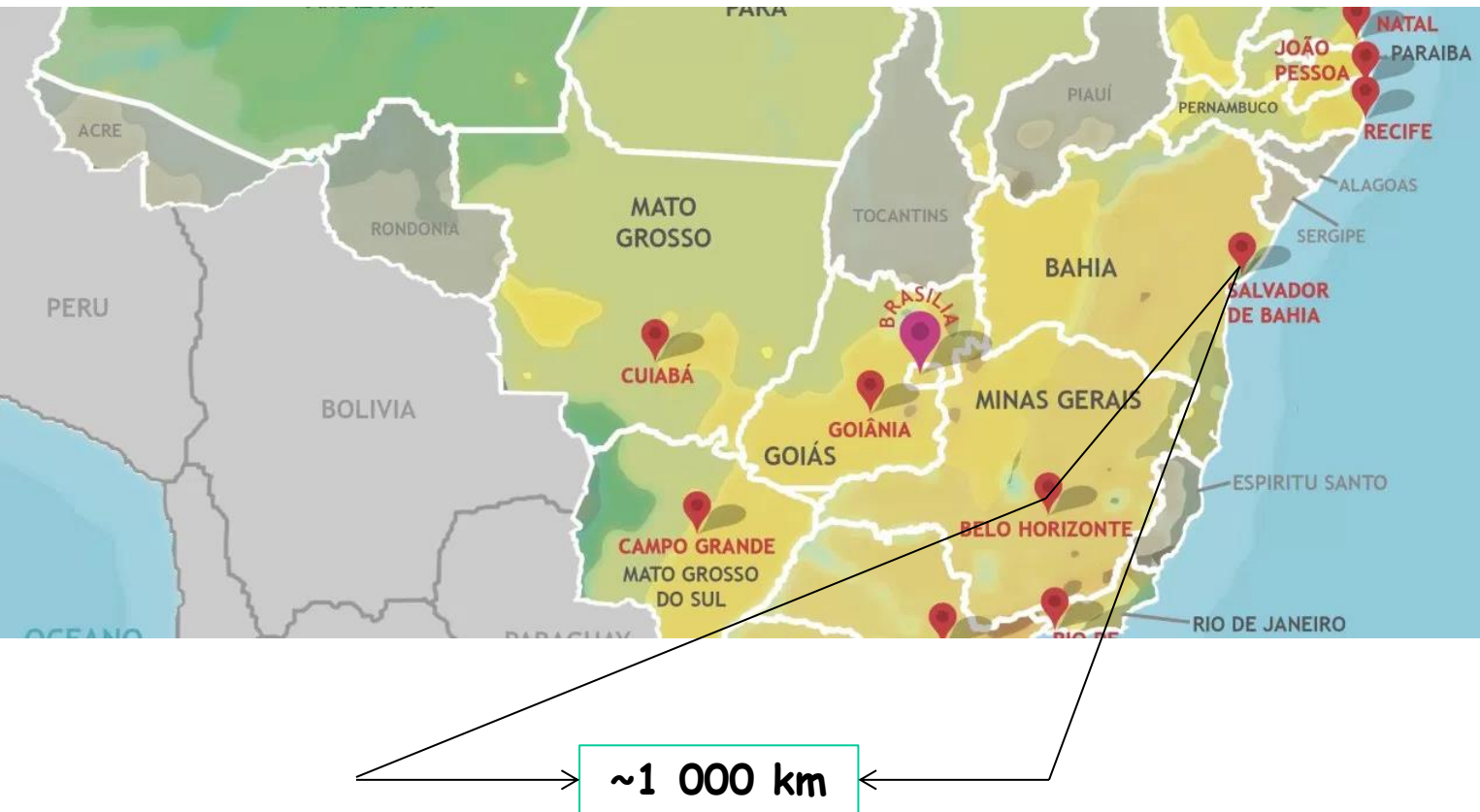
1 metro = 1 bilhão de nanômetros

O que representa isto?



Múltiplo	Nome	Símbolo		Submúltiplo	Nome	Símbolo
10^0	metro	m		10^0	<u>metro</u>	m
10^1	decâmetro	dam		10^{-1}	<u>decímetro</u>	dm
10^2	hectômetro	hm		10^{-2}	<u>centímetro</u>	cm
10^3	quilômetro	km		10^{-3}	<u>milímetro</u>	mm
10^6	megametro	Mm		10^{-6}	<u>micrômetro</u>	μm
10^9	gigametro	Gm		10^{-9}	<u>nanômetro</u>	nm
10^{12}	terametro	Tm		10^{-10}	Ångstrom	Å
10^{15}	petametro	Pm		10^{-12}	picômetro	pm
10^{18}	exametro	Em		10^{-15}	femtômetro	fm
10^{21}	zettametro	Zm		10^{-18}	attometro	am
10^{24}	iotametro	Ym		10^{-21}	zeptômetro	zm

Comparando os Tamanhos



$1000 \text{ km} = 1 \text{ milhão de metros} = 1 \text{ bilhão de milímetros}$

Uma viagem de carro, em linha reta, à 80 km por hora demoraria 12,5 horas para percorrer esta distância



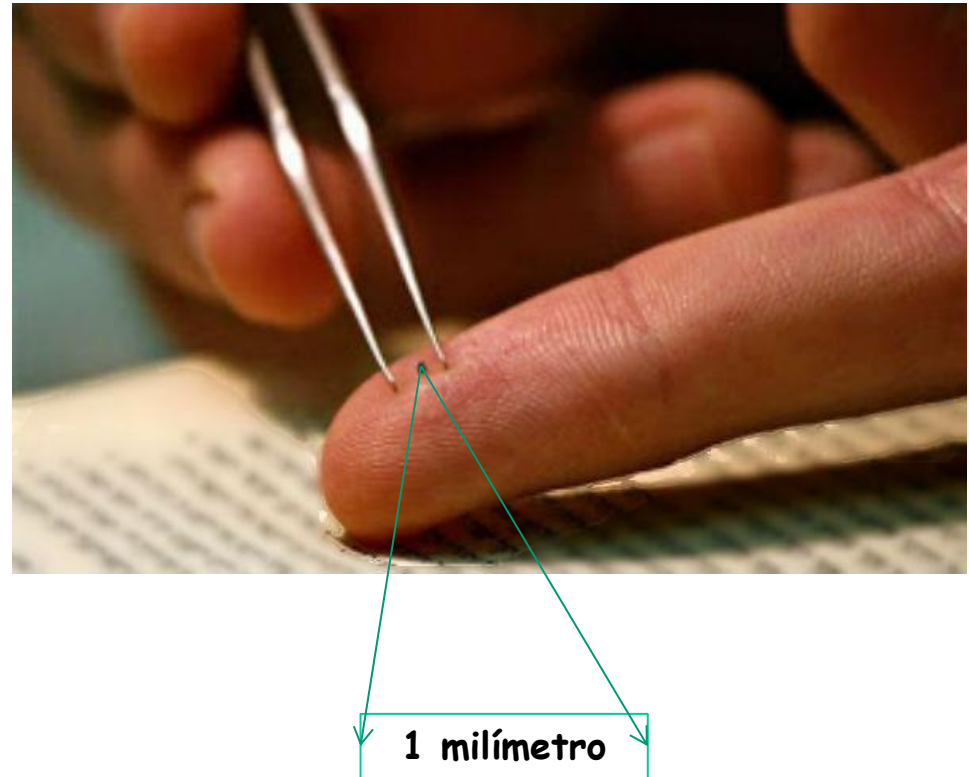
Comparando os Tamanhos

✓ Um grão de areia tem cerca de 1 milímetro

✓ O que é um grão de areia comparada a toda a distância entre BH e Salvador?

✓ Esta é a mesma comparação do tamanho de 1 nanômetro com o metro!

Um nanômetro é uma medida muito pequena!



Qual a importância do
tamanho?



Importância do Tamanho

- ✓ Reduzir o tamanho dos materiais até a nanoescala pode ocasionar mudanças significativas em suas propriedades.
- ✓ Devido ser tão pequenas, as nanopartículas têm uma **grande relação superfície/volume** que é um dos fatores responsáveis por novas propriedades físicas e químicas.
- ✓ A diminuição do tamanho faz com que **aumente a área superficial** das partículas.



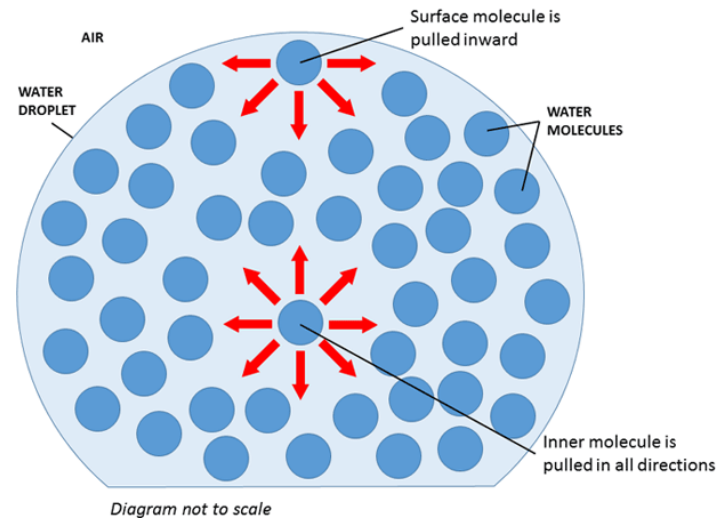
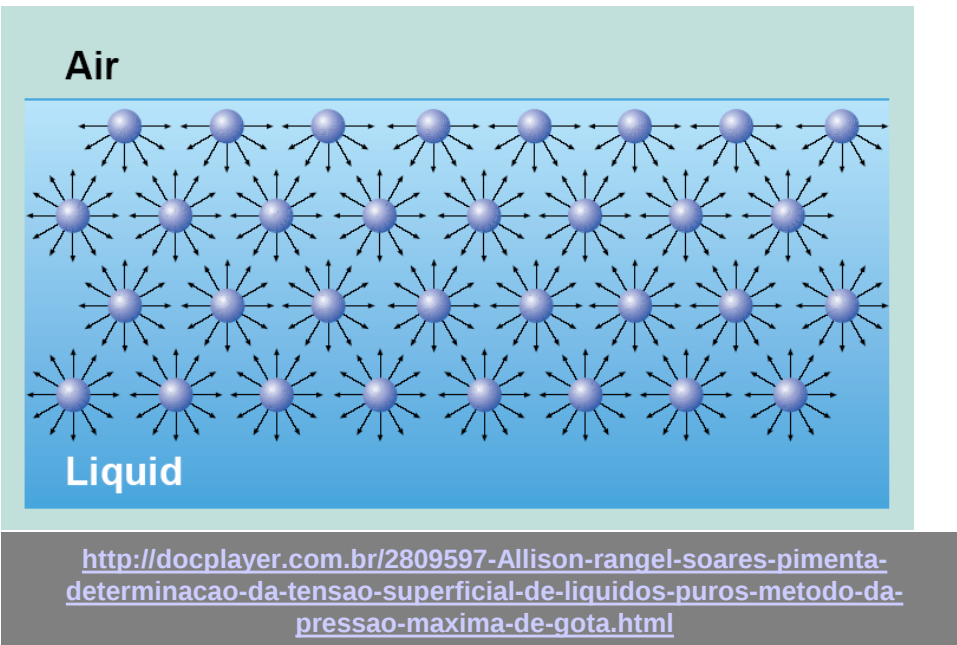
Importância do Tamanho

- ✓ A área superficial é importante porque muitas reações químicas envolvendo sólidos acontecem na superfície das coisas, onde as ligações químicas são incompletas.
- ✓ Isto provoca um grande aumento da energia superficial e, em consequência, da reatividade das partículas, o que por exemplo, provoca um aumento na atividade catalítica de alguns materiais.



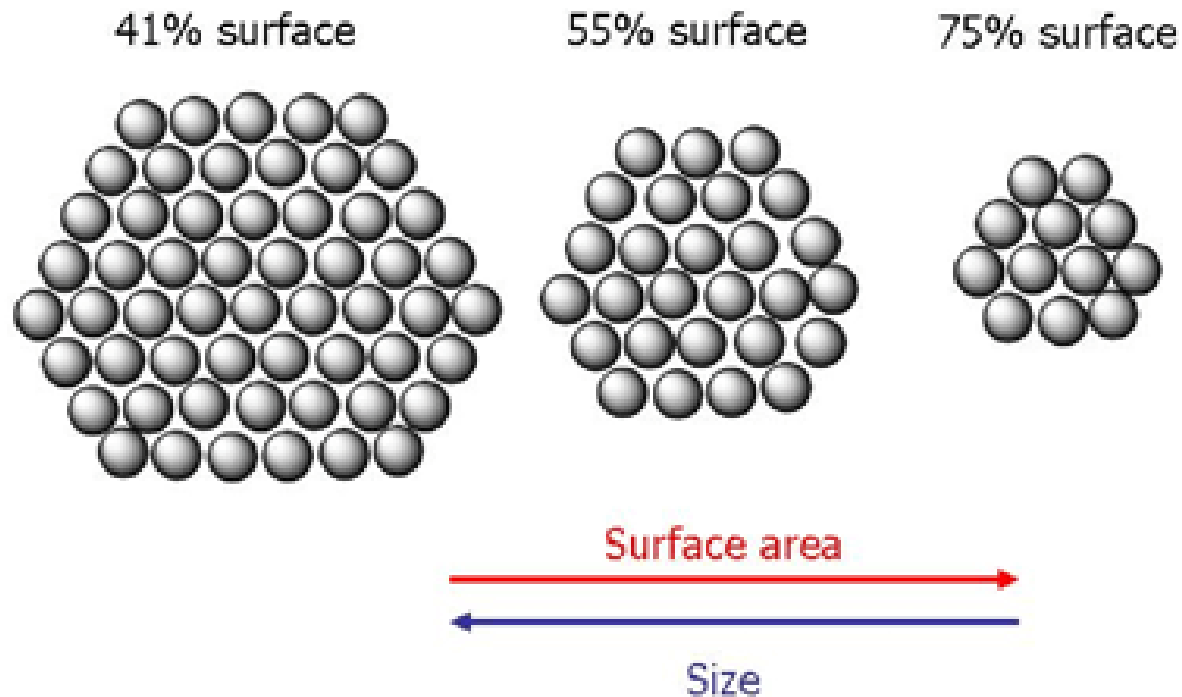
Aumento da energia superficial?

Exemplo aproximado!



<https://anotherbloodybullshitblog.wordpress.com/2016/05/07/surface-tension-and-penguins/>

Diminuição de tamanho → maior % de átomos na superfície → maior energia superficial para mesma quantidade de material



<http://highschoolnanoscience.cn>
si.ucla.edu/biotoxicity



Importância do Tamanho



Café em Grão



**Diminuição de
Tamanho**



**Aumento da Área
superficial**

**Aumento da
"reatividade".
Contato com o pó
e facilidade de
extração, de
retirada do pó dos
componentes que
vão dar o café que
a gente toma.**

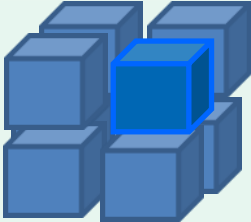
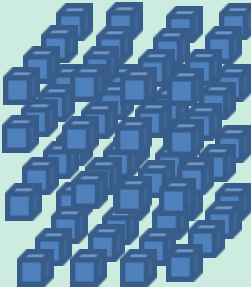


Importância do Tamanho

Uma corrente de ferro grossa e várias correntes para puxar o mesmo peso, qual enferruja antes?

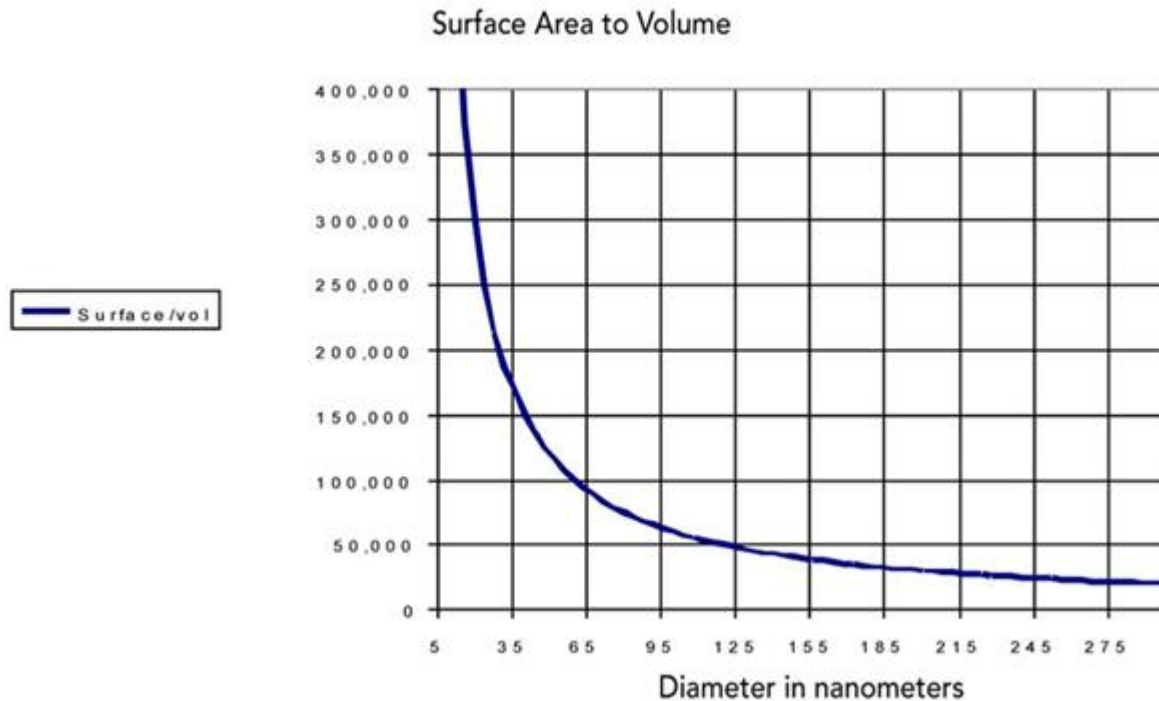


Importância do Tamanho

Condição	Área superficial cm ²	Volume cm ³	Relação área superficial /volume	
1 Cubo de 4 cm de largura	96	64	1,5:1	
8 cubos de 2 cm de largura	192	64	3:1	
64 cubos de 1 cm de largura	384	64	6:1	



Relação entre o Tamanho da Partícula e o Área Superficial



Este gráfico já mostra que a área começa a aumentar significativamente abaixo de cerca de 300 nanômetros



Importância do Tamanho

- ✓ Outra razão para as substâncias mudarem de comportamento é o fato de que na medida em que a matéria é reduzida à escala nanométrica as suas propriedades começam a ser dominadas por **efeitos quânticos**.



Importância do Tamanho

- ✓ Estas características da matéria na escala nanométrica são responsáveis pela constatação de que nesta escala as propriedades dos materiais e elementos químicos se **alteram drasticamente.**



Importância do Tamanho

- ✓ Apenas com a **redução de tamanho** e sem alteração de substância, verifica-se que os materiais apresentam **novas propriedades e características**.



Características Básicas dos Nanomateriais

Alteração de propriedades pode incluir mudança de:

- ✓ Cor, solubilidade,
- ✓ Resistência do material,
- ✓ Condutividade elétrica,
- ✓ Comportamento magnético,
- ✓ Mobilidade (no corpo humano e no ambiente),
- ✓ Propriedades físico químicas como ponto de fusão, reatividade química e
- ✓ Atividade biológica, entre outras alterações.

Tudo isto vai depender das características das nanopartículas.



Influência de cada característica

- Área de superfície maior por unidade de volume/massa
 - - Maior reatividade química
- Efeitos quânticos
 - - Novas propriedades óticas, elétricas e magnéticas

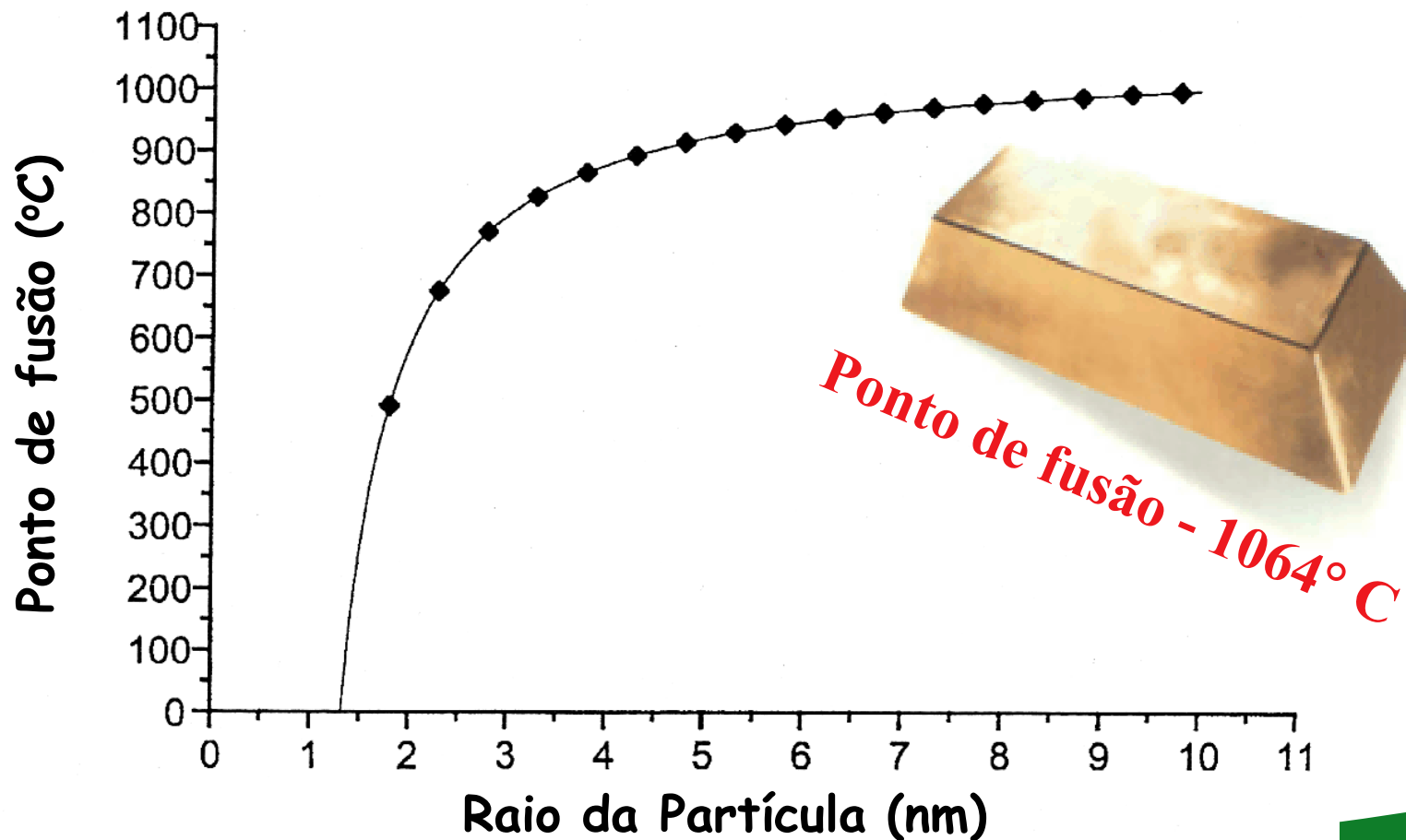


Importância do Tamanho

- ✓ O **alumínio** em escala nano entra em combustão espontaneamente quando em contato com o oxigênio. Usado como combustível de foguetes.
- ✓ Absorção de radiação solar em células fotovoltaicas é muito maior em nanopartículas do que em filmes finos formados por lâminas de material em escala maior. Como as nanopartículas são menores elas absorvem quantidade maior de radiação solar.
- ✓ O **ouro** muda de cor em vários níveis nano. Muda até seu ponto de fusão. Em escala macro ele funde a **1064°C**, dividido em partículas de **5 nm** ele pode fundir a cerca de **830°C**, enquanto partículas de cerca de **2 nm** pode ficar líquidas a **350°C**.

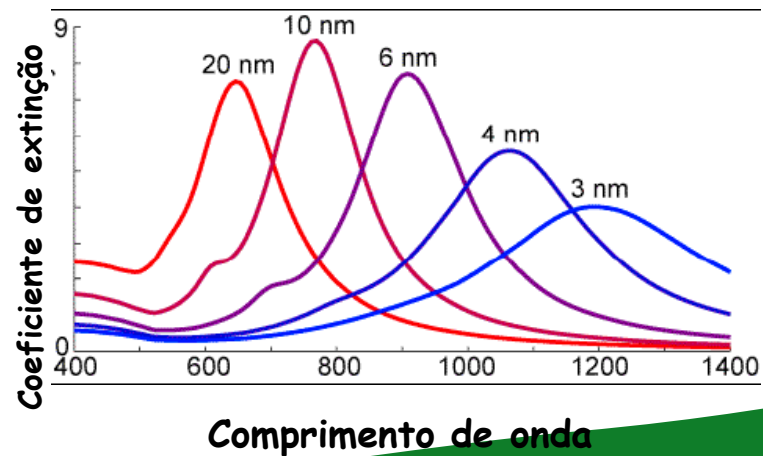


Ponto de Fusão do Ouro (Au)



Importância do Tamanho

✓ Exemplo de variação de cor obtida em suspensões com nanopartículas de ouro de diferentes dimensões.



Importância do Tamanho

✓ Desta forma:

Conhecer as características das substâncias em tamanho maior **não** fornece informações compreensíveis sobre suas propriedades no nível nano.



Importância do Tamanho

Por tudo isto:

- ✓ a maior reatividade devido a **grande área superficial** e
- ✓ os **efeitos quânticos** que **alteram** as características físicas e químicas das nanopartículas,

os materiais na escala nanométrica podem também, provocar *consequências não pretendidas (e até desconhecidas)* quando elas entram *em contato com o organismo humano* ou mesmo outros organismos vivos: plantas, animais.



Além do Tamanho

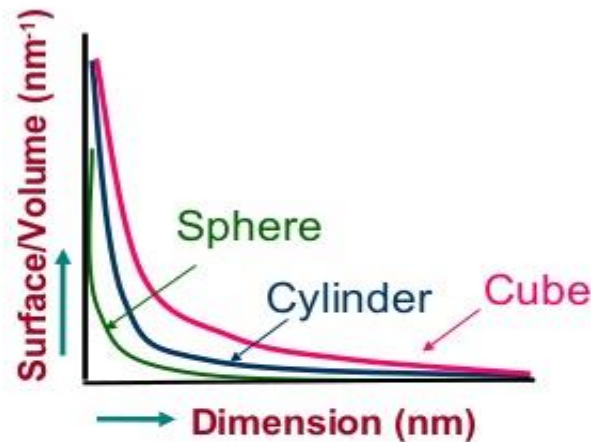
Além do tamanho há vários outros aspectos que são importantes para a determinação das propriedades dos materiais em escala nano, especialmente com relação às nanopartículas:

- ✓ Tamanho e distribuição de tamanho; Forma;
- ✓ Estado de aglomeração; Biopersistência, durabilidade e solubilidade (em água e em gordura);
- ✓ Área superficial,
- ✓ Porosidade (pós porosos possuem área superficial muito maior do que os não porosos);
- ✓ Química da superfície, incluindo sua: composição, energia superficial, molhabilidade, carga, reatividade, espécies adsorvidas, contaminação. Possível modificação na cobertura da partícula também é citada por alguns autores
- ✓ Contaminantes ou traços de impurezas;
- ✓ Composição química, incluindo dispersão da composição;
- ✓ Propriedades físicas: tais como densidade, condutividade. Alguns artigos incluem: dureza, deformabilidade;
- ✓ Estrutura cristalina.



Influência da forma

NANOMATERIALS : SHAPE DEPENDENT



⇒ Nanoscale materials have extremely high surface to volume ratios as compared to larger scale materials

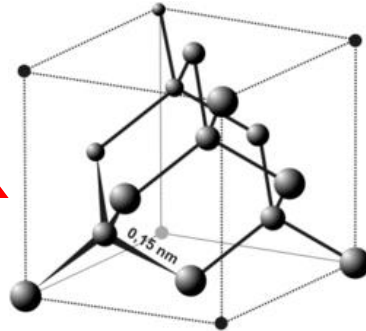
$$\begin{array}{lll} \text{Sphere: } S:V & = & 3 : r \\ \text{Cube : } S:V & = & 6 : l \\ \text{Cylinder: } S:V & = & 2 : r \end{array} \quad \begin{array}{l} r = \text{radius} \\ l = \text{length} \end{array}$$



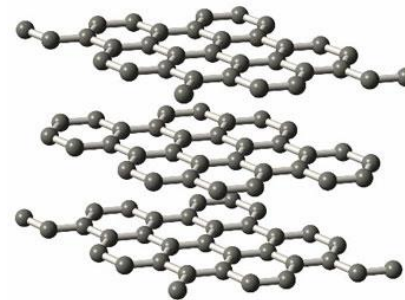
Exemplos do Carbono

✓ Formas Conhecidas

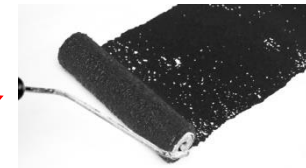
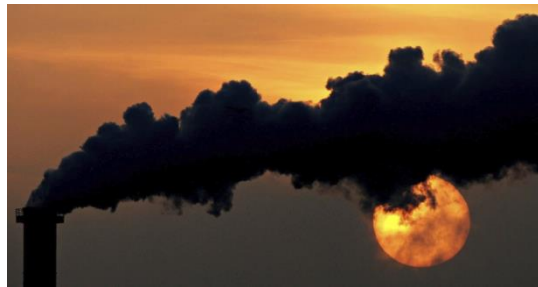
Diamante



Grafite



Negro de fumo



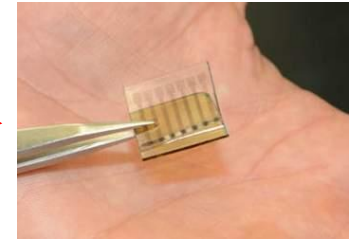
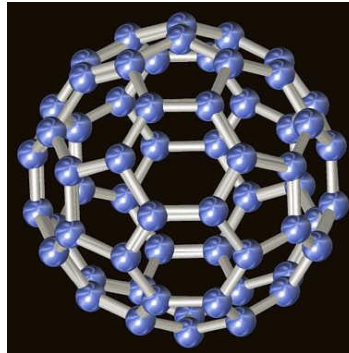
Composição química variada, mas contém nanopartículas



Exemplos do Carbono

✓ Nanomateriais engenheirados/manufaturados

Fulerenos



Nanotubos de Carbono

PROPRIEDADES IMPORTANTES

Mecânicas

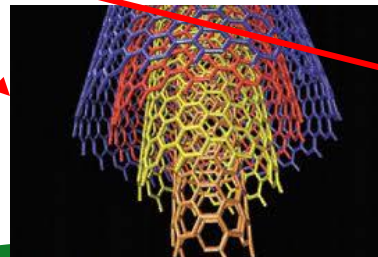
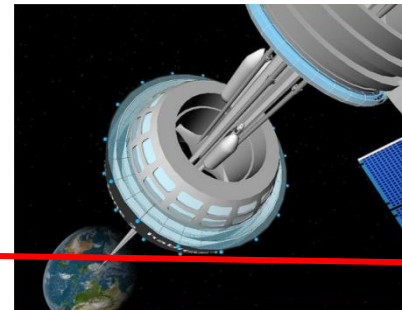
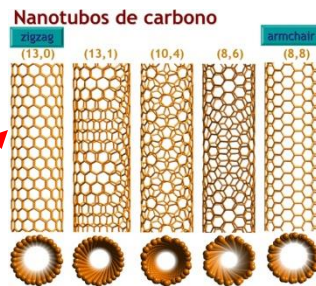
Um dos materiais mais duros conhecidos (semelhante ao diamante), apresenta resistência mecânica altíssima capaz de suportar pesos, alta flexibilidade.

Elétricas

Suportam bem a corrente elétrica, podem atuar com característica metálica, semicondutora e até supercondutora.

Térmicas

Apresenta altíssima condutividade térmica na direção do eixo do tubo. São cerca de 100 vezes mais resistentes e seis vezes mais leves do que o aço.



Paredes múltiplas



Pesquisa testa cabo de alumínio com nanotubos de carbono que aumenta condutividade elétrica, reduzindo perdas de energia em até 65%.

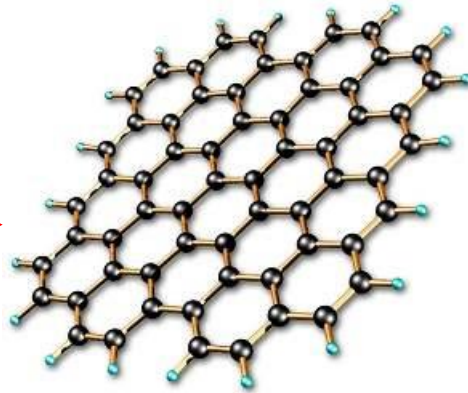


Exemplos do Carbono

✓ Nanomateriais engenheirados/manufaturados

Grafeno

Se comparada ao aço, ele é seis vezes mais leve, cinco a seis vezes menos denso, duas vezes mais duro, possui 10 vezes mais resistência à tensão e 13 vezes maior rigidez à flexão

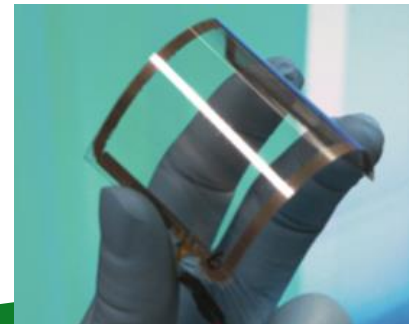


Espuma de carbono

Ilhas de átomos de carbono tipicamente entre 6 a 9 nm são interconectadas aleatoriamente formando estruturas tridimensional muito leves, sólidas e esponjosas, que podem agir como semicondutoras.



Espuma de carbono apoiada sobre flor conhecida como "Dente de Leão". Foto: Reuters



Importância do Tamanho

- ✓ Um material "seguro" para ser manuseado em tamanho maior, pode facilmente penetrar na pele na forma de nanopartícula ou se tornar um aerossol e entrar no organismo via respiratória.

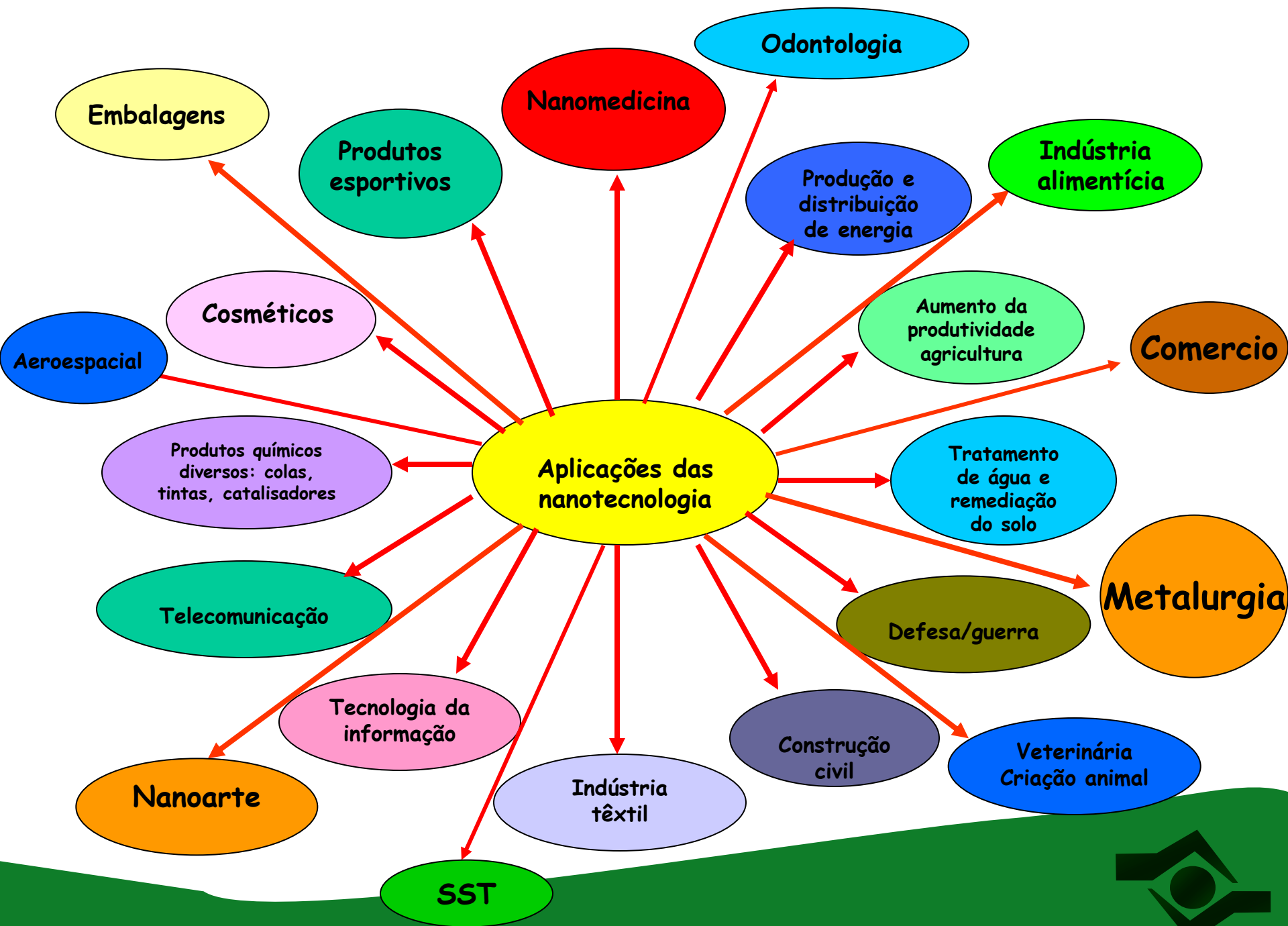


Nanotecnologia ou Nanotecnologias?

Existem várias “Nanotecnologias”:

- ✓ As tecnologias que manipulam materiais em tamanho nano são diferentes dependendo do campo de aplicação: medicina, condutores, informática, etc.
- ✓ O que todas tem em comum é que envolvem o estudo e a manipulação da matéria, das coisas, em uma escala muito pequena, geralmente da ordem de 1 a 100 nanômetros.





Exemplos de aplicações



No ramo metalúrgico



Película nos vidros que não vão mais embaçar ou pegar sujeira - não precisam limpadores de parabrisas



Purificador de ar com nano fotocatalisador de carvão ativo com gerador de anions de ozônio



Pneus sem ar ➡ roda



Em catalisadores, aplicação da nanotecnologia reduz entre 70% e 90% a necessidade do uso de metais preciosos, como a platina e paládio



Carros elétricos com baterias produzidas com nanotecnologia

► Carros mais leves pela substituição do aço por polímeros resistentes

► Vidros - Moléculas sensíveis à passagem de corrente elétrica, fazem a cor do vidro se adaptar às condições de luminosidade. Partículas hidrofóbicas repelem a água que caem sobre os vidros. Substâncias expulsam a poeira acumulada, à medida em que o vento retira o pó que cai o pára-brisas.

► Sensores que permitem os carros estacionarem sozinhos

► Carros que desamassam sozinhos

► Catalisadores mais eficientes para diminuir produção de poluentes

► Pinturas muito mais resistentes a riscos e aderência de sujeira

► Bancos mais resistentes, até com nanopartículas de prata que não permitem aderência de sujeira

► Produtos com nanopartículas de prata para evitar mofo e apodrecimento. Aplicado uma vez por mês

► Proteção para as partes cromadas

► Lubrificantes - Partículas aderem às partes metálicas do motor e mantêm a lubrificação, mesmo com o motor desligado

Nanofios com baixa resistência elétrica
Novas ligas com novas propriedades

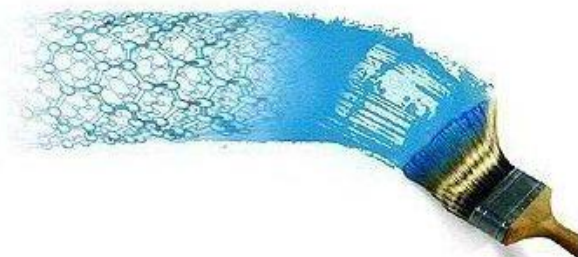
Baterias que usam nanopartículas para melhorar a absorção do ion-lítio durante a recarga – indo de zero a 80 % de carga em 1 minuto



Sensores aliados a sinais de rádio rastrearão e orientarão seu trajeto até o destino desejado



Após ter usado a mesma cor externa em seu veículo por alguns dias, a pessoa poderá mudá-la livremente, o que poderá ocorrer via descargas elétricas.



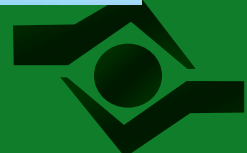
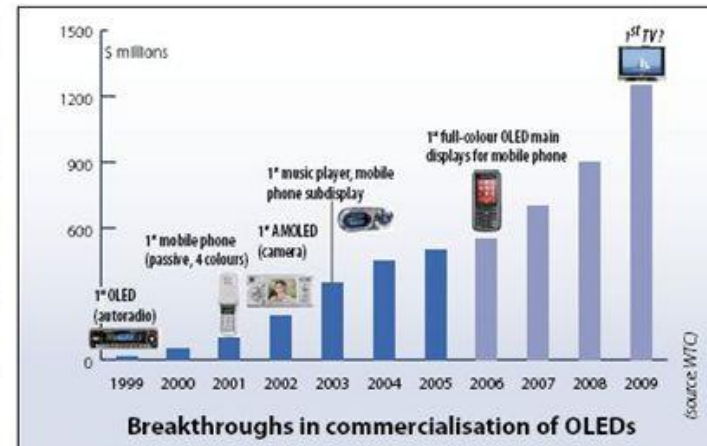
Superfície com nanopartículas

Resistência à abrasão

Maior cobertura

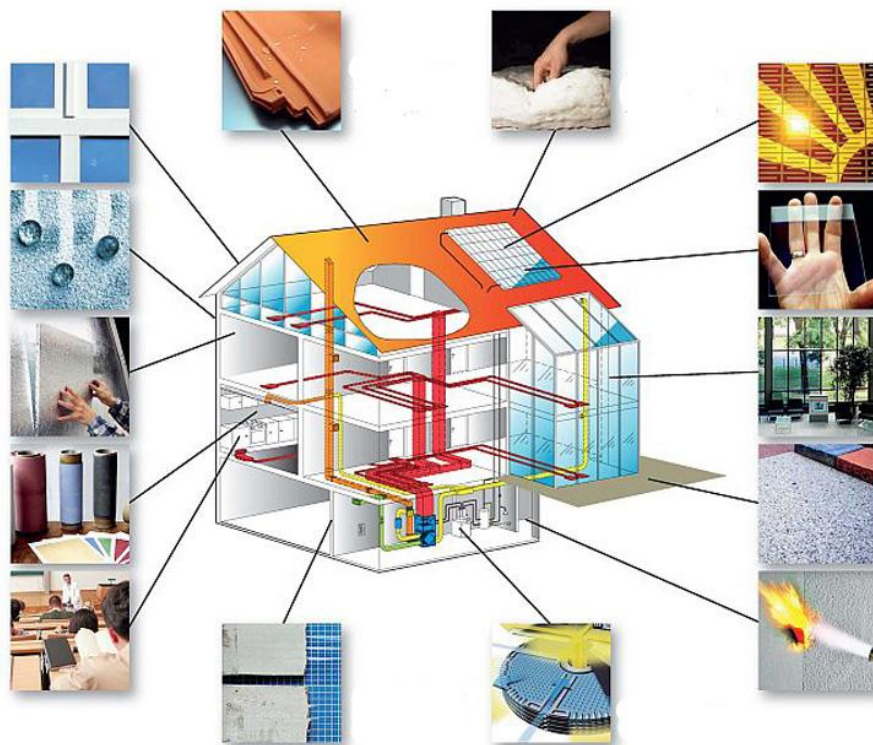


- OLEDs (organic light emitting diodes) são sistemas mais leves, finos, flexíveis, com menor consumo de energia, construídos com filmes de polímeros nanoestruturados



Exemplos na construção civil

- ✓ Concreto mais resistente
- ✓ Revestimentos duráveis
- ✓ Tintas que não aceitam pichação
- ✓ Células solares mais eficientes
- ✓ Iluminação LED
- ✓ Janelas com vidros de baixa condutividade térmica e transmitância regulável



Nanotecnologia na construção civil sustentável

<http://marisadiniznetworking.blogspot.com.br/2015/06/nanotecnologia-na-construcao-civil.html>



No Ramo Químico - Metalúrgico

Substituição de processos tradicionais de fosfatização, à base de fosfato de ferro com nanocerâmica e que utiliza compostos químicos à base de fluorziconia para o tratamento de metais.

Produto: Bonderite NT1 fabricado pela Henkel



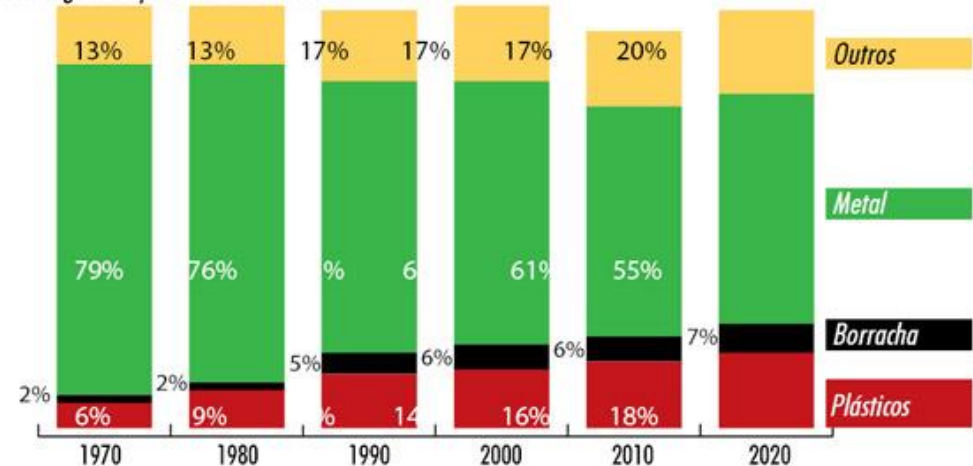
No ramo metalúrgico substituição



- estrutura feita de nanotubos de carbono
- pesa somente 1 Kilograma
- 20 vezes mais forte do que as estruturas de aço

PARTICIPAÇÃO DOS PLÁSTICOS NOS VEÍCULOS DEVE ATINGIR 20% DO SEU PESO EM 2020

Porcentagem do peso total do veículo



Fonte: AT Kearney

<http://www.plastico.com.br/plastico/plastico/montadoras-de-veiculos-de-producoes-menores-como-caminhoes-e-utilitarios-comecam-a-empregar-mais-o-plastico-em-suas-pecas-e-componentes/>

Drones



Moinhos de vento com pás feitas através de nanotecnologia que são muito mais leves, fortes e duráveis



Ligas com memória de forma

<http://www.youtube.com/watch?v=QYp9rIJRM8s>

http://www.youtube.com/watch?v=GF6bUEVPMW0&feature=player_embedded

<http://www.youtube.com/watch?v=r-Bqse9cqo8>



Impressão 3D de peças metálicas

Impressora 3D imprimindo metal

https://www.youtube.com/watch?v=e5N70_fHaxY

A bicicleta hightech feita numa impressora 3D

<https://www.youtube.com/watch?v=jQS4y2nTWt4>



Nanomedicina



Andar de novo

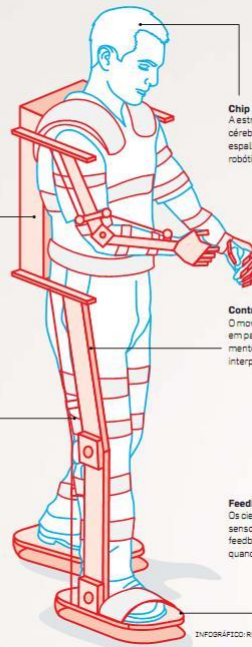
O projeto Walk Again é um consórcio multinacional de pesquisadores de neurociência e robótica que se uniram para criar um exoesqueleto para deficientes físicos

Exoesqueleto

A ideia é que o exoesqueleto, feito de um material super leve que ainda será patenteado, possa ser usado em quadriplégicos

Recuperar movimentos

O exoesqueleto, que será hidráulico, ajuda a recuperar os movimentos de braços e pernas



Chip

A estrutura é ligada diretamente ao cérebro por meio de um chip que espalha os sinais para a veste robótica, que passa pelo corpo inteiro

Controle dos movimentos

O movimento terá duplo controle, em parte por ligação direta com a mente, em parte por reflexos interpretados pelo robô

Feedback

Os cientistas esperam incorporar sensores na prótese para dar feedback ao cérebro, como quando o pé toca o chão

INFORMAÇÃO: RODRIGO PORTES/UE



A tecnologia avançada vai permitir que pacientes não precisem mais tomar medicamentos em forma de comprimidos ou injeções. Já está no mercado o remédio transdérmico, que é administrado por meio de aplicação direta ou por adesivo, que libera o remédio de modo constante. A principal vantagem é a de eliminar ou reduzir os efeitos colaterais.

O remédio é liberado constantemente por uma longa duração

Selecione as nanopartículas e entenda um pouco mais



Injeções e agulhas

A tecnologia avançada vai permitir que os pacientes não precisem mais tomar medicamentos em forma de comprimidos ou injeções.



Na cadeia do alimento

<i>Etapa do ciclo de vida em que o produto se enquadra</i>	
1 - Produção agrícola	1 A - Sensores e dispositivos de diagnóstico (para monitorar as condições do ambiente e a saúde dos vegetais e animais)
	1 B - Controle de doença e de pragas (incluindo a utilização de novos sistemas de liberação de pesticidas, e limitação do impacto ambiental de agrotóxicos)
	1 C - Controle de água e de nutrientes (incluindo a utilização de novos sistemas de liberação e sistemas de filtração e de remediação para garantir o acesso à água potável)
	1 D - A engenharia genética de plantas e animais para melhorar a produtividade
	1 E - Agricultura como um meio para a produção de nanomateriais (ou colhendo os nanomateriais naturais em geral de resíduos, ou utilizando plantas e microorganismos para a fabricação nanomateriais)
	1 F - Outra
2 - Processamento e funcionalização dos alimentos	2 A - Controle de qualidade
	2 B - Tecnologia de processamento
	2 C - Alimentos funcionais
	2 D - Outra
3 - Embalagem e distribuição	3 A - Embalagem de alimentos frescos
	3 B - Embalagem de alimentos processados
	3 C - Procedimentos e sistemas para controlar a cadeia de suprimentos
	3 D - Itens de autenticação
	3 F - Outra

Na cadeia do alimento



nanoagrotoxícos



Língua e nariz eletrônicos



nano fertilizantes biológicos
para alfafa



Embalagens inteligentes

PELÍCULA ESPECIAL:

*diferença entre frutas no período
de 30 dias após nanotratamento*



COM PELÍCULA:
sobrevive sem
refrigeração, pera
permanece intacta
para consumo



SEM PELÍCULA:
enquanto isso,
produto sem
tratamento apodrece
muito mais rápido



Os alimentos nanobiotecnológicos têm sido produzidos e comercializados em grande escala nos últimos anos, principalmente quando se fala em suplementação alimentar

<http://revistabioicb.blogspot.com.br/2011/11/nano-o-que-voce-conhece-sobre-esse.html#/2011/11/nano-o-que-voce-conhece-sobre-esse.html>

Na cadeia do alimento - Impressoras 3D

“A NASA investe em uma impressora 3D de alimentos” - os astronautas escolhem o que querem comer!

Mas já existe impressoras que fazem alimentos...



No comércio



Todas as mercadorias identificadas com RFID - etiquetas com emissão de rádio frequência

<http://www.curso-rfid.com.br/artigos/aplicacoes-do-rfid-parte-i>



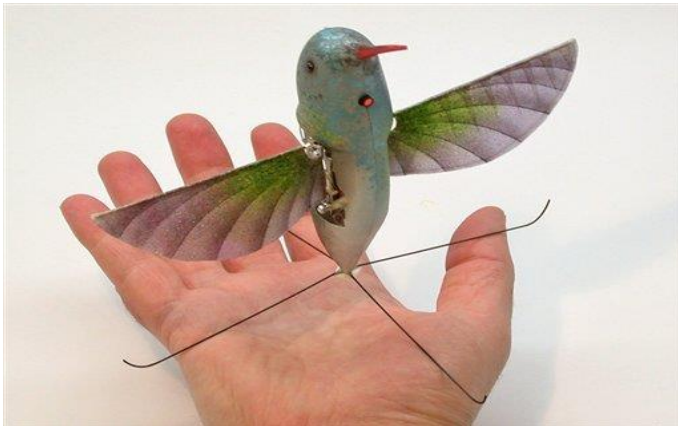
Embalagem biodegradável muda de cor quando o produto começa a se deteriorar, indicando aos consumidores que está impróprio para o consumo.

<http://www.engenhariaemsolucoes.com.br/index.php/embalagem-indica-se-alimento-esta-improprio-para-consumo/>

Na Indústria da guerra

✓ Em 2002 foi criado o Instituto de Nanotecnologias para os soldados (ISN), formado pelas forças armadas americanas, a indústria e o MIT, para melhor aproveitamento dos soldados na guerra.

✓ No Brasil, entre 26 e 27 de outubro de 2009 foi realizado o Seminário Internacional Nanotecnologia e Defesa : atualidade e perspectivas, no Parlamundi - LBV - Brasília - D.F.



Empresa dos EUA desenvolve 1º 'beija-flor-robô' para espionagem - drone

<http://averdadeaquí.wordpress.com/2011/02/27/empresa-dos-eua-desenvolve-1º-beija-flor-robô-para-espionagem/>



Drone - avião não tripulado

<http://www.wired.com/dangerroom/2008/12/drone-war-conti/>



Na Indústria da guerra



Pneu de veículo de guerra dos EU que permite que ele corra mais rápido e para distâncias maiores. Não gera calor como os de borracha comum e é durável e seguro.

<http://www.automotto.org/entry/non-pneumatic-tire-to-make-debut-with-the-armed-forces/>



Fotodetectores formados por cristais com estruturas na escala nano.

<http://www.impactlab.net/2012/02/14/new-nano-material-combinations-produce-leap-in-infrared-technology/>



Nanotecnologia

Novos riscos ambientais?
Novos Riscos Ocupacionais?



Preocupação

Conhecer as características das substâncias em tamanho maior **não** fornece informações compreensíveis sobre suas propriedades no nível nano.



Preocupação

Um material que pode ser considerado "**seguro**" para ser manuseado em tamanho maior, pode com mais facilidade:

- penetrar na pele na forma de nanopartícula ou
- se tornar um aerossol e entrar no organismo via respiratória.

A maior reatividade devido a grande área superficial e aos **efeitos quânticos** pode provocar **consequências não pretendidas, e até desconhecidas**, quando elas entram em contato com o organismo humano ou mesmo outros sistemas biológicos

Impactos á Saúde, especialmente dos Trabalhadores e Meio Ambiente

Apesar de já existir vários trabalhos ainda há uma séria **falta de conhecimento** sobre os aspectos de segurança desta tecnologia.

É bem conhecido, por exemplo, que os efeitos toxicológicos das partículas ultrafinas são muito mais severos conforme diminui o seu tamanho mas pouco é conhecido sobre o **mecanismo** pela qual as partículas extremamente pequenas **migram para dentro do corpo e se acumula em tecidos e órgãos.**



Impactos á Saúde, especialmente dos Trabalhadores e Meio Ambiente

Estudos epidemiológicos mostram uma correlação significativa entre a mortalidade devido a doenças cardiorrespiratórias e a concentração de partículas de dimensões nanométricas presentes em situações de poluição do ar.



Em dias de greve do metrô há um aumento dos atendimentos nos hospitais por problemas respiratórios



Poluição do ar ➡ desde 2013 considerada reconhecidamente cancerígena para humanos



Poluição do ar ➡ desde 2013 considerada reconhecidamente cancerígena para humanos

A poluição do ar externo a que esta agência da OMS se refere, diz respeito inclusive às partículas ultra finas (escala nano) em suspensão no ar, que são uns dos componentes importantes desta poluição.



Efeitos Cardiovasculares de Nanopartículas

Na últimas décadas **estudos epidemiológicos e toxicológicos** forneceram **evidencia** que níveis elevados de **material particulado no ar ambiente** poluído estão associados com **aumento da morbidade e mortalidade por problemas cardiovasculares**.

Vários fatores de risco de doenças cardiovasculares, por exemplo: elevação da frequência cardíaca, diminuição da variabilidade da frequência cardíaca, vasoconstrição arterial, pressão arterial sistólica aumentada, e aumento da viscosidade plasmática foram associadas com a exposição à partículas no ambiente.

Cardiovascular effects of fine and ultrafine particles.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15741770>



Como as nanopartículas são da mesma escala de tamanho dos componentes celulares típicos e das proteínas, tais partículas são **suspeitas de escapar das defesas naturais do organismo humano** e pode levar a danos celulares permanentes.

“Safety aspects of engineered nanomaterials” edited by
Wolfgang Luteher e Axel Zweck, 2013



Vias de penetração

Respiração

- Depositam-se em todo o sistema respiratório
- Podem escapar de mecanismos de defesa específicos
- Translocação (deslocamento) do pulmão para o sistema circulatório
- Translocação pelo nervo olfativo e trigêmeo

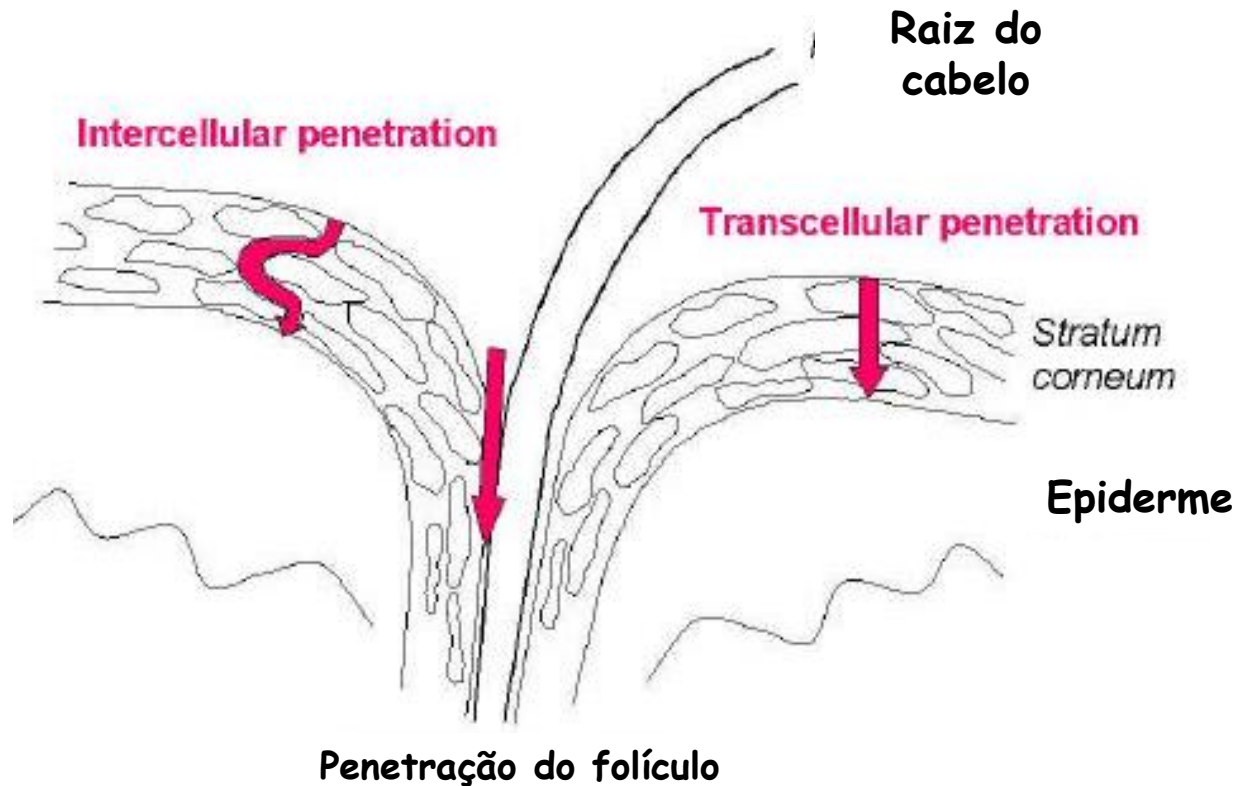
Pele

- Através das células do extrato córneo
- Por entre as células do extrato córneo - movimentação dos pulsos
- Folículo do cabelo
- Glândulas de suor
- Através da pele inflamada ou ferida

Ingestão



Vias de penetração de substâncias aplicadas topicamente através da pele



Borm et al. *Particle and Fibre Toxicology* 2006

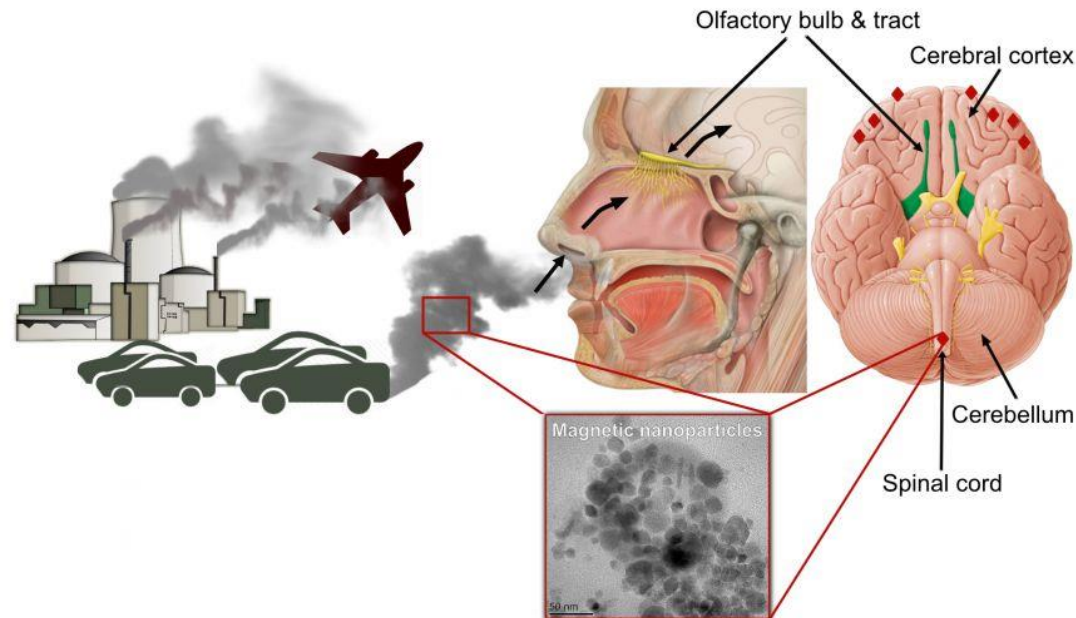
3:11 doi:10.1186/1743-8977-3-11

<http://www.particleandfibretoxicology.com/content/3/1/11>



Translocação do Nariz para o Cérebro

Nanopartículas tóxicas de poluição do ar descobertas no cérebro humano (2016)



Toxic air pollution nanoparticles discovered in the human brain
<http://www.ox.ac.uk/news/2016-09-07-toxic-air-pollution-nanoparticles-discovered-human-brain>



Estudo de caso

Mulher de 25 anos, não fumante, com problemas vasculares nas mãos e alteração da condução elétrica nos nervos periféricos

Encontrada partículas submicrômicas (nano) de carbeto de tungstênio fora dos vasos sanguíneos

Não foi identificada nenhuma fonte de exposição

O companheiro trabalhou em uma fábrica de ladrilhos, perto de setor que usava o carbeto de tungstênio em ferramentas de corte.

A contaminação se deu pelo espermatozoide do companheiro

Relação de nanopartículas não intencionais ocupacionais com velhas e novas doenças (algumas de etiologia desconhecida)

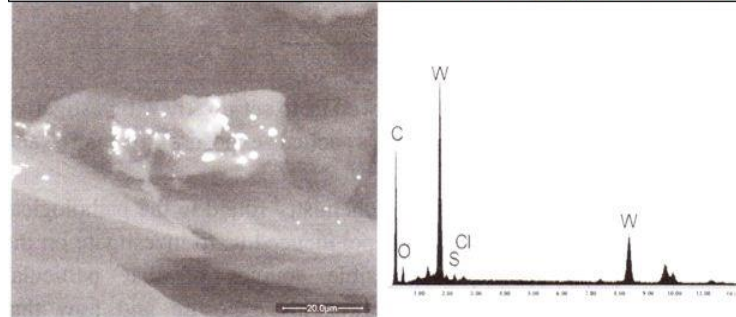


Fig. 4.1 Image of Carbon-Tungsten nanoparticles inside the muscle biopsy (marker 20 µm).

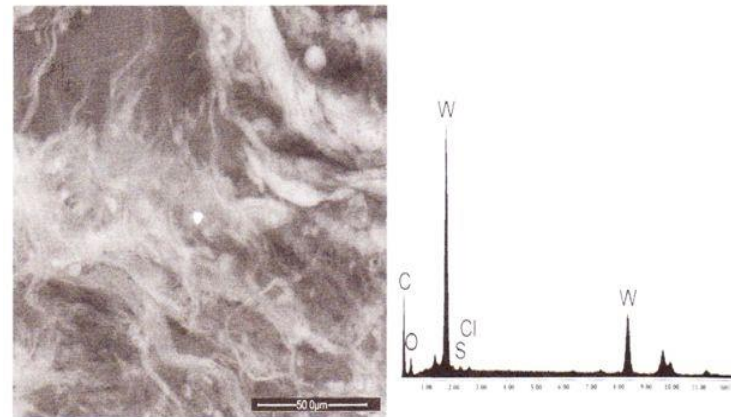


Fig. 4.3 Image of a Tungsten particle found inside the spermatic vessel (marker 50 µm).

Miopatia isquêmica numa jovem mulher – translocação sexual de nanopartícula de carboneto tungstênio

Marido trabalha em fábrica de telhas – máquina de corte feita de carboneto de tungstênio

Gatti & Montanari, 2008

Toxicidade de alguns tipos de Nanotubo de Carbono

- ✓ Alguns tipos de nanotubos de carbono introduzidos na cavidade abdominal e pulmão de camundongos mostram patogenicidade **semelhante ao amianto** em um estudo piloto.

Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study

<http://www.nature.com/nnano/journal/v3/n7/abs/nnano.2008.111.html?foxtrotcalback=true>



Nanopartículas de Prata

✓ A prata destrói mais de 650 organismos patogênicos e na forma de nanopartículas suas propriedades são **enormemente aumentadas.**

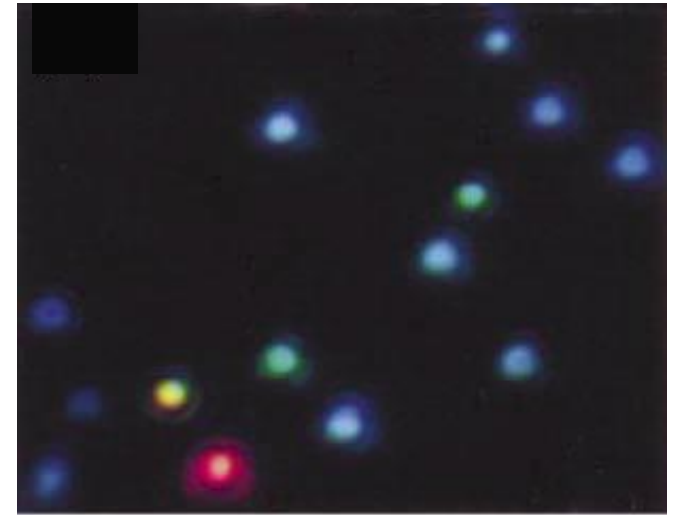


Imagem das NP's de Prata feitas com uma câmera eletrônica em campo escuro.



Nanopartículas de Prata

Alguns dados sobre a Prata:

- ✓ É tóxica para o meio ambiente, mata microrganismos indiscriminadamente, não só os patogênicos;
- ✓ afeta a capacidade reprodutiva de alguns organismos aquáticos invertebrados, podendo atingir inclusive os peixes;
- ✓ Ingestão em altas doses pode provocar *argyria* (envenenamento por Prata).



Outros Aspectos a Serem Considerados

- ✓ Como as nanopartículas são da mesma escala de tamanho dos componentes celulares típicos e das proteínas, tais partículas são suspeitas de escapar das defesas naturais do organismo humano e pode levar a danos celulares permanentes.

"Safety aspects of engineered nanomaterials" edited by Wolfgang Luteher e Axel Zweck, 2013 - Pag. 158.



Desafios

- ✓ Para cada tipo de nanopartícula deve ser feito um estudo toxicológico específico:
 - Assim, nas empresas, cada tipo de partícula ou situação de exposição deve ser estudado.

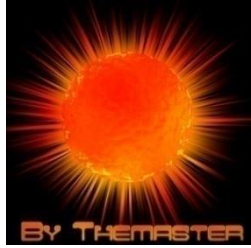


Novas abordagens para além da nanotoxicologia

- Novas doenças, inclusive de ordem psicológica
- Novas formas de relação de trabalho
- Ocupações extintas
- Surgimento de novas ocupações com necessidade de maior formação
- Novas formas de produção: impressoras 3D, robotização, etc.
- Novos materiais



Fogo e explosão



Um dos fatores que contribuem para a facilidade de ignição e violência explosiva de uma nuvem de pó é o tamanho da partícula ou área superficial específica. Por tanto, a tendência geral é:

↓ Tamanho ↑ área específica ↑ facilidade de ignição e violência explosiva



Fogo e explosão

Além disso:

A habilidade dos nanomateriais se tornar eletrostaticamente carregado durante o transporte, manuseio e processamento é também um fator de um risco a ser considerado. Esta tendência de se carregar aumenta drasticamente com o aumento da área superficial do nanomaterial.

Alguns nanomateriais podem iniciar reações catalíticas dependendo de suas composições e estruturas, o que não pode ser antecipado apenas com base em sua composição química

Nanopartículas também podem provocar curto circuito em equipamentos elétricos devido sua facilidade em penetrar em pequenas frestas destes equipamentos

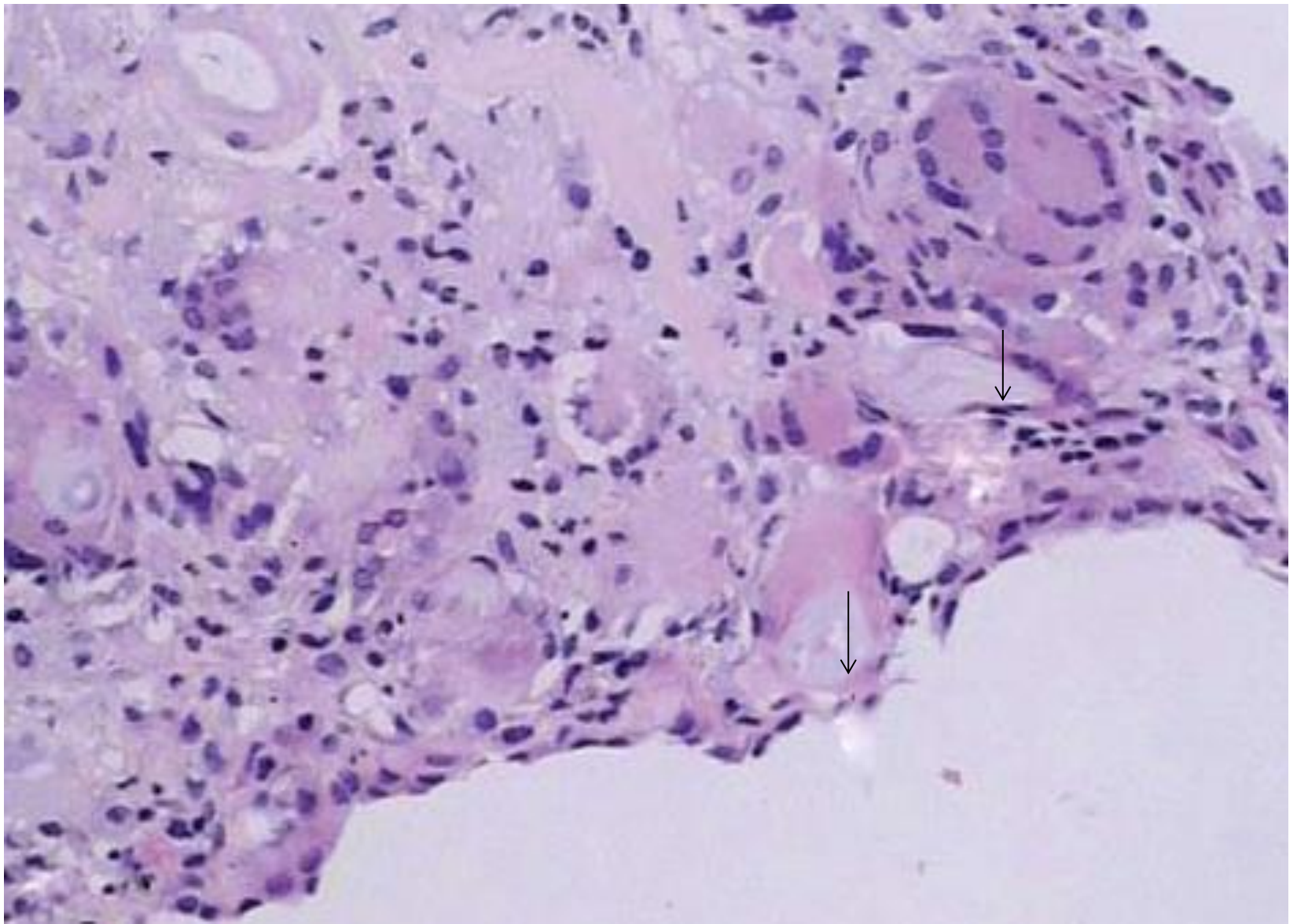


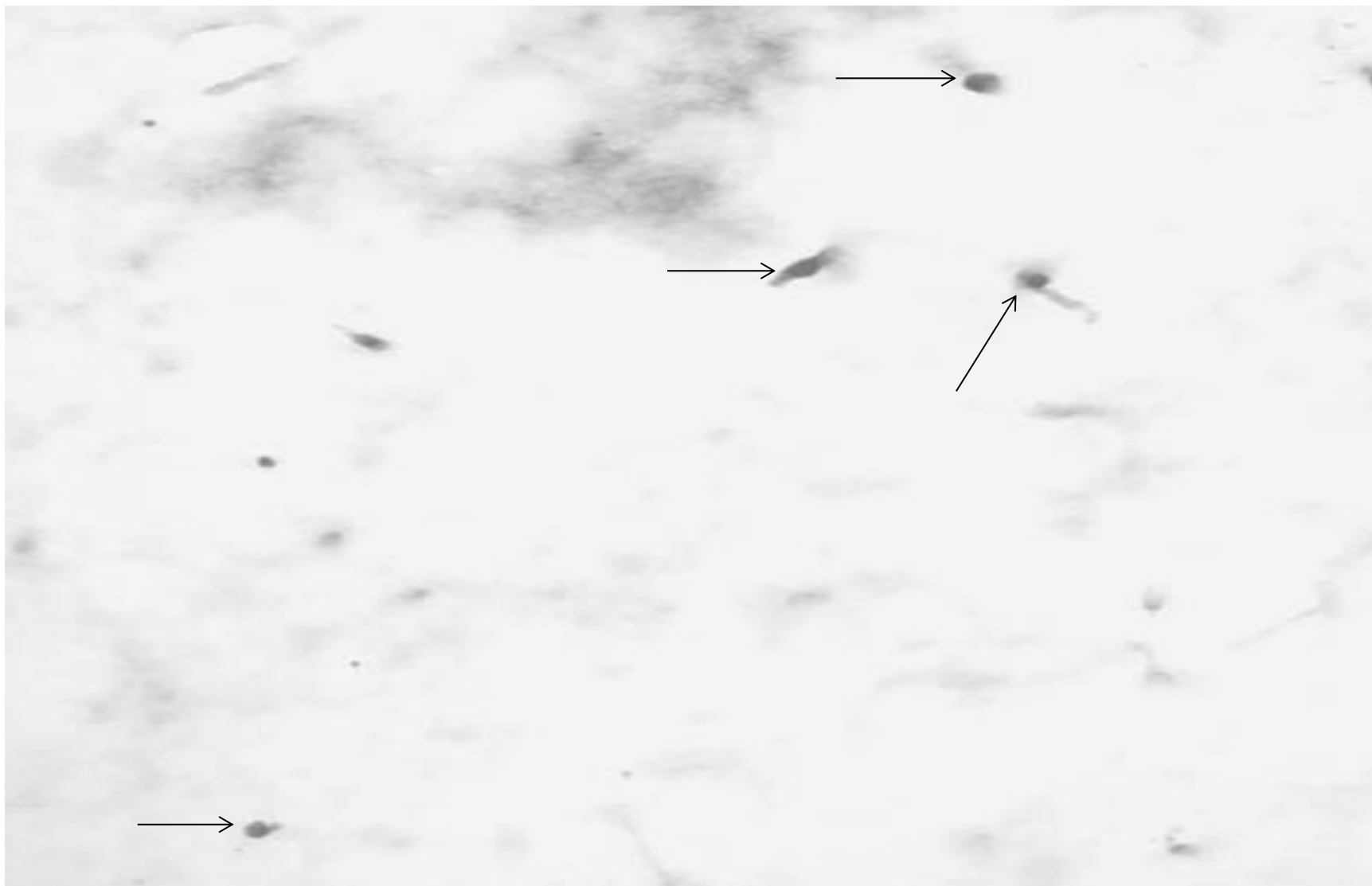
Caso chinês de exposição a nanopartículas...

Caso	Idade	Exposição em Meses	Resultado
1	29	13	Morte
2	47	11	Estabilizada
3	18	13	Estabilizada
4	29	12	Estabilizada
5	19	10	Morte
6	35	10	Estabilizada
7	28	5	Estabilizada

Fonte: Y. Song, X. L. (2009). Exposure to nanoparticles is related to pleural effusion, pulmonary fibrosis and granuloma. *European Respiratory Journal*, 559-567







Nanotecnologia uma das Novas tecnologias

Necessário abordagem levando
em consideração as
tecnologias que compõem a
chamada convergência
tecnológica

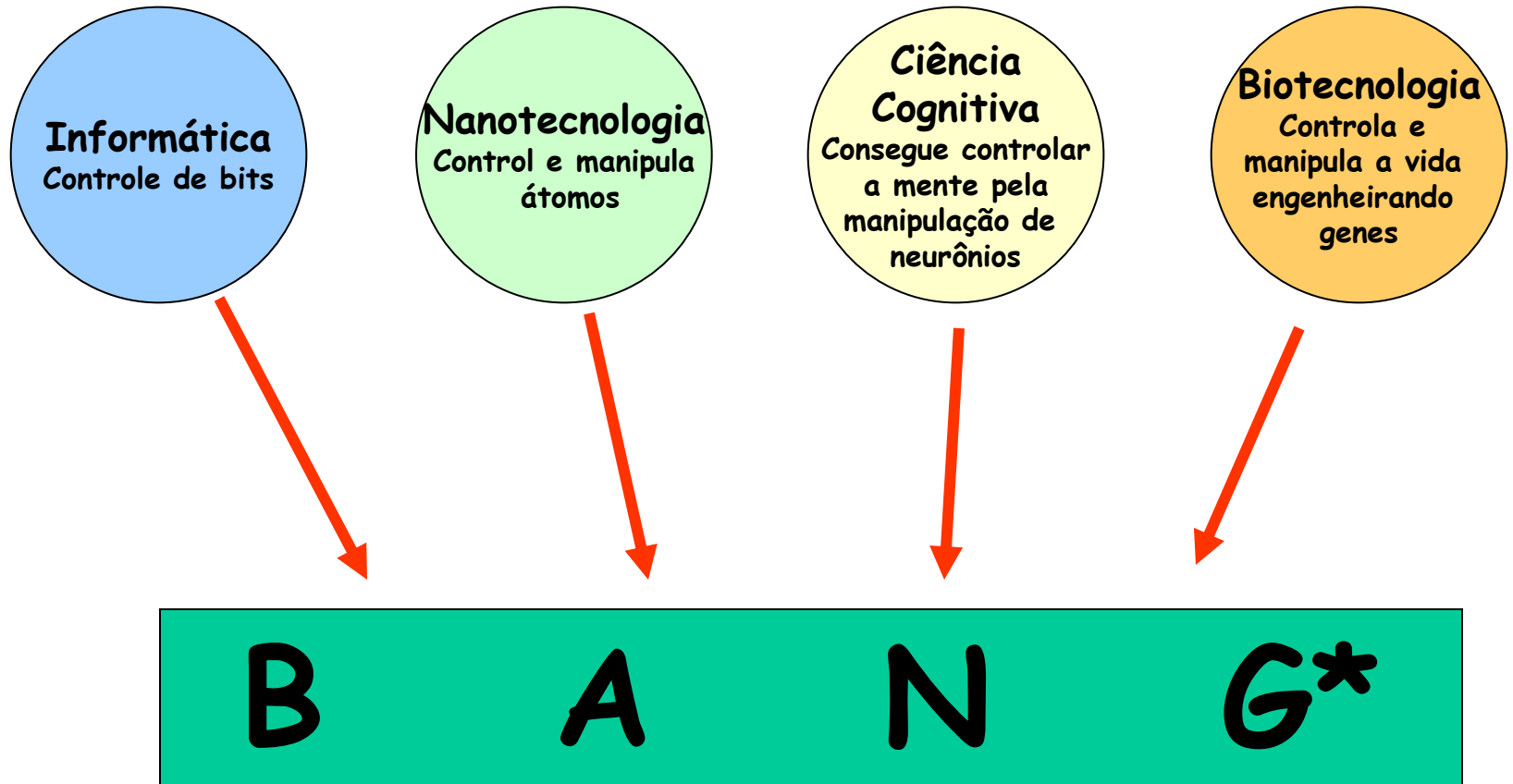


Convergência Tecnológica

- ✓ Parte do princípio de que a unidade da natureza se dá escala nanométrica, e que todas as outras tecnologias convergentes também atuam nesta escala.
- ✓ É na escala nanométrica que se formam moléculas complexas, onde são estruturados os blocos que constituem as células vivas, e são feitos os menores componentes das memórias e processadores dos computadores

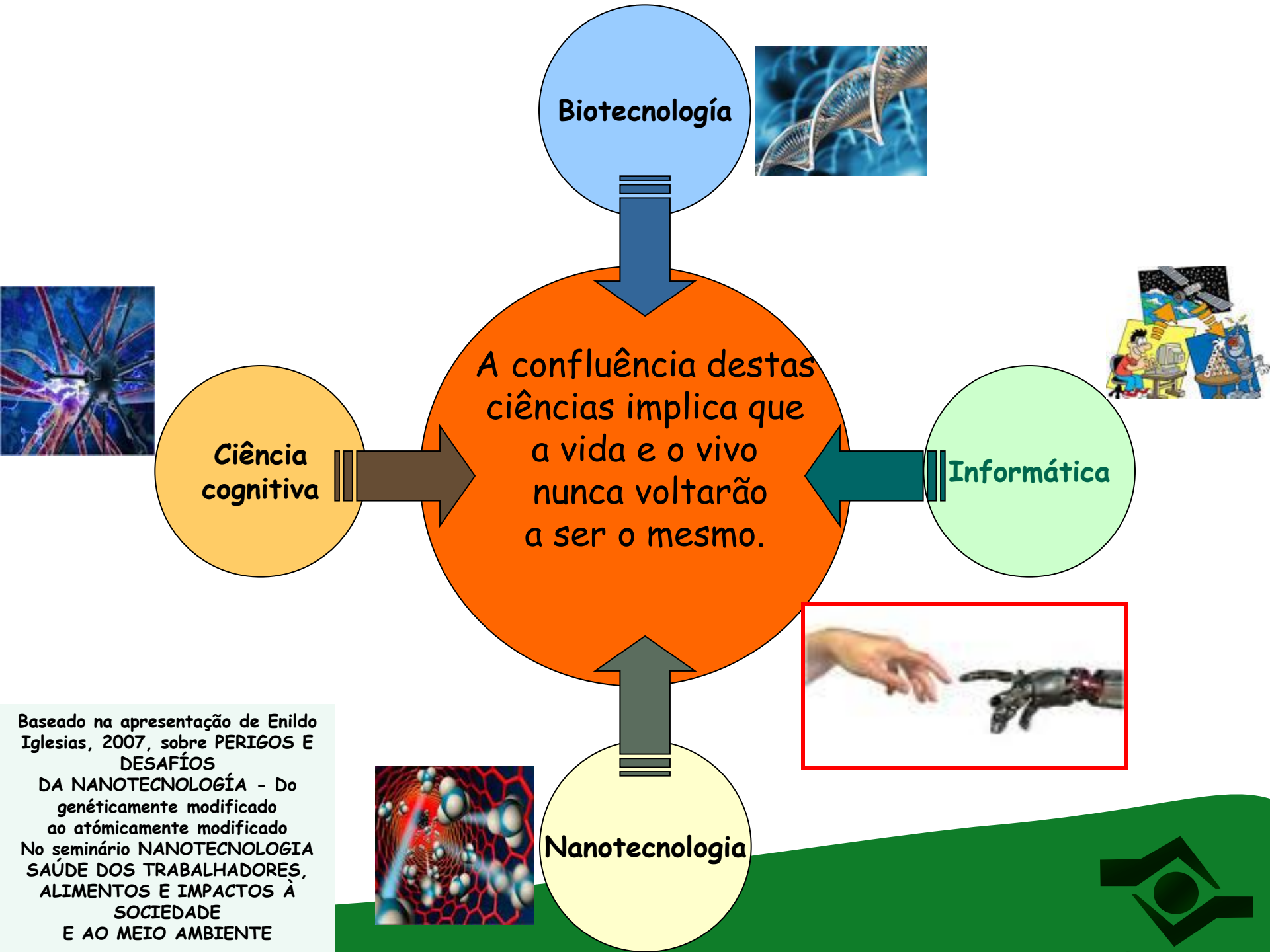


CONVERGÊNCIA DE TECNOLOGIAS



*Denominação proposta pelo ETC Group (Action Group on Erosion, Technology and Concentration)





Baseado na apresentação de Enildo Iglesias, 2007, sobre PERIGOS E DESAFÍOS DA NANOTECNOLOGÍA - Do geneticamente modificado ao atómicamente modificado No seminário NANOTECNOLOGIA SAÚDE DOS TRABALHADORES, ALIMENTOS E IMPACTOS À SOCIEDADE E AO MEIO AMBIENTE



A **convergência** da nanotecnologia com a biotecnologia e com tecnologias de informação e cognitivas podem **fornecer produtos de tecnologia tão radicalmente diferente** que a fabricação, utilização e reciclagem, eliminação destes novos produtos, bem como o **desenvolvimento de políticas e regulamentos para proteger a saúde humana e o ambiente**, podem provar ser uma **tarefa assustadora**

(Breggin et al. Na publicação: Securing the Promise of Nanotechnologies - Towards Transatlantic Regulatory Cooperation - Setembro, 2009).



Após a convergência cada tecnologia desenvolveu novos produtos e novas áreas de atuação

Tecnologia	Produtos e processos
Nanotecnologia	nanofotônica, plasmônica; material do genoma, Ciência e Engenharia na mesoescala; metamateriais, nanofluidos, eletrônicos de carbono; nanosustentabilidade, fibras de madeira
Informática	Grandes bases de dados; infraestrutura cyber-física-social; internet das coisas; sistemas sensoriais conectados; projetos feitos com ajuda de computador. Cyber redes
Biotecnologia	Nanobioinformática; Computação proteômica do DNA; Nanobiomedicina; Nanobiotecnologia; Biologia sintética; epigenética; Bio-fotônicas; microbioma
Ciências cognitivas	Simulação do cérebro; Trabalho em rede; educação personalizada, Engenharia neuromórfica, Sinapses para a mente, Ambientes inteligentes, Dispositivos de auxílio cognitivo

Indústria 4.0

Só se desenvolveu após estas tecnologias avançarem, especialmente:

- Nanotecnologia: novos materiais, nanossensores
- Informática: ; infraestrutura cyber-física-social; internet das coisas; sistemas sensoriais conectados; projetos feitos com ajuda de computador. Cyber redes
- Ciências cognitivas: inteligência artificial



Conclusão

Embora já haja vários estudos sobre os impactos dos materiais nanoestruturados na saúde e no meio ambiente, e em consequência na SST, ainda são insuficientes frente a produção de novos materiais.

Há ainda muito o que ser feito na elucidação dos possíveis efeitos e principalmente nos desenvolvimento de mecanismos que evitem o aparecimento de possíveis danos.



Conclusão

As discussões envolvendo estas novas tecnologias devem ser ampliadas para toda a sociedade, deve ser feita com ampla participação de todas as áreas do saber.

→ Especialmente os(as) trabalhadores(as) que são os primeiro a terem contato com estes novos materiais

→ Os(as) trabalhadores (as) tem o DIREITO DE SABER que estão trabalhando com estas novas tecnologias e os cuidados adicionais que devem existir para que não venham a se adoentar ou sofrer um acidente

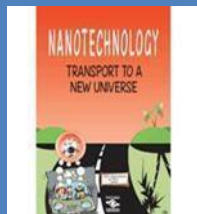


Fundacentro

Desenvolve desde 2007
projeto sobre “Impactos das
nanotecnologias na saúde dos
trabalhadores e no meio
ambiente”



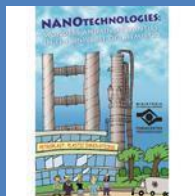
Fundacentro - histórias em quadrinhos



<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2011/8/nanotechnology-transport-to-a-new-universe-hq1> - Inglês

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2011/8/nanotecnologia-transporte-a-un-nuevo-universo-hq1> - Espanhol

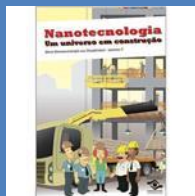
<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2012/9/nanotecnologia-o-transporte-para-um-novo-universo> - Português



<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2011/9/nanotechnologies-wonders-and-uncertainties-in-the-universe-of-chemistry-hq2> - Inglês

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2012/9/nanotecnologias-maravilhas-y-incertidumbres-en-el-universo-de-la-quimica-hq2> - Espanhol

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2012/9/nanotecnologias-maravilhas-e-incertezas-no-universo-da-quimica-hq2> - Português



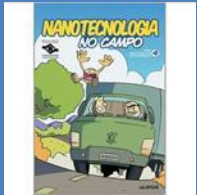
<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2015/3/nanotechnology-a-universe-in-construction> - Inglês

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2015/3/nanotecnologia-un-universo-en-construccion> - Espanhol

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2013/7/nanotecnologiaum-universo-em-construcao-hq3> - Português



Fundacentro - histórias em quadrinhos



<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2015/3/nanotechnology-in-rural-areas-4> - Inglês

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2014/2/hq4-nanotecnologia-no-campo> - Português

<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2015/6/nanotecnologia-en-el-campo> - Espanhol



<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2017/5/hq-5-nanotecnologia-na-area-metalurgica> - Português



OBRIGADA!!!

<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/inicio>

arline@fundacentro.gov.br

