

Universidade do Minho
Escola de Engenharia



O uso da nanotecnologia nos materiais fibrosos

Andrea Zille, PhD, Investigador Auxiliar

2C2T – Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil, Universidade do Minho
Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

e-mail: azille@2c2t.uminho.pt



A nanotecnologia



- A **NANOTECNOLOGIA** consiste na arte e ciência de manipular a matéria à escala molecular e atômica.
- Mais especificamente é descrita como o desenvolvimento e aplicação de materiais e estruturas com pelo menos uma das suas dimensões igual ou inferior a **100 nm**.
- Se esta regra se verificar para as suas três dimensões então estamos na presença de uma **nanopartícula**.



A nanotecnologia

- As origens da nanotecnologia são tradicionalmente referidas a 29 de Dezembro de 1959, quando o professor **Richard Feynman** (vencedor do Prémio Nobel da Física em 1965) apresentou uma palestra intitulada "Há muito espaço no fundo" (There's Plenty of Room at the Bottom)





A nanotecnologia

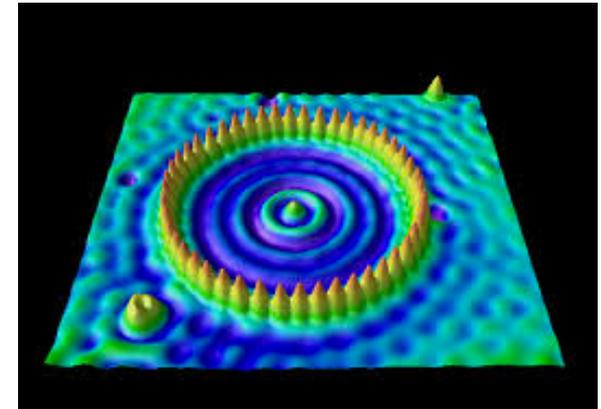


- O termo "nanotecnologia" foi definido pelo Professor **Norio Taniguchi** da Universidade de Ciência de Tóquio, num artigo de 1974 intitulado "Sobre o conceito básico de" Nano-tecnologia "
- Definiu-a da seguinte forma: "A nanotecnologia consiste principalmente em processamento de, separação, consolidação e deformação de materiais por um átomo ou uma molécula".



A nanotecnologia

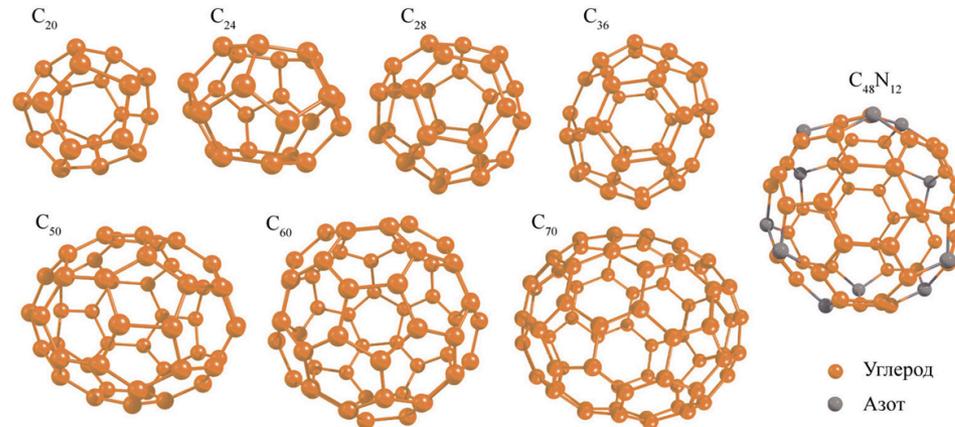
- O principal passo para o desenvolvimento da nanotecnologia foi a invenção do **Microscópio de Tunelamento por Varrimento** (Scanning Tunneling Microscope, STM) na década de **1980**.
- Em **1981**, **Gerd Binnig** e **Heinrich Rohrer** da IBM Zurich Research Laboratory criaram o STM, o que permitiu aos cientistas ver e mover átomos individuais pela primeira vez.





A nanotecnologia

- Em **1985** foi descoberto um novo tipo de carbono (C_{60}) por um grupo de químicos na Universidade Rice, em Houston, Texas.



- A nova família de carbono foi chamada **fulerenos**. Os fulerenos, dos quais os tubos de carbono fazem parte, ocuparam logo o centro das atenções na química.



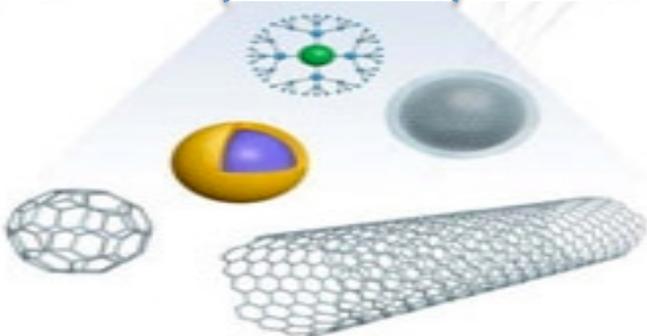
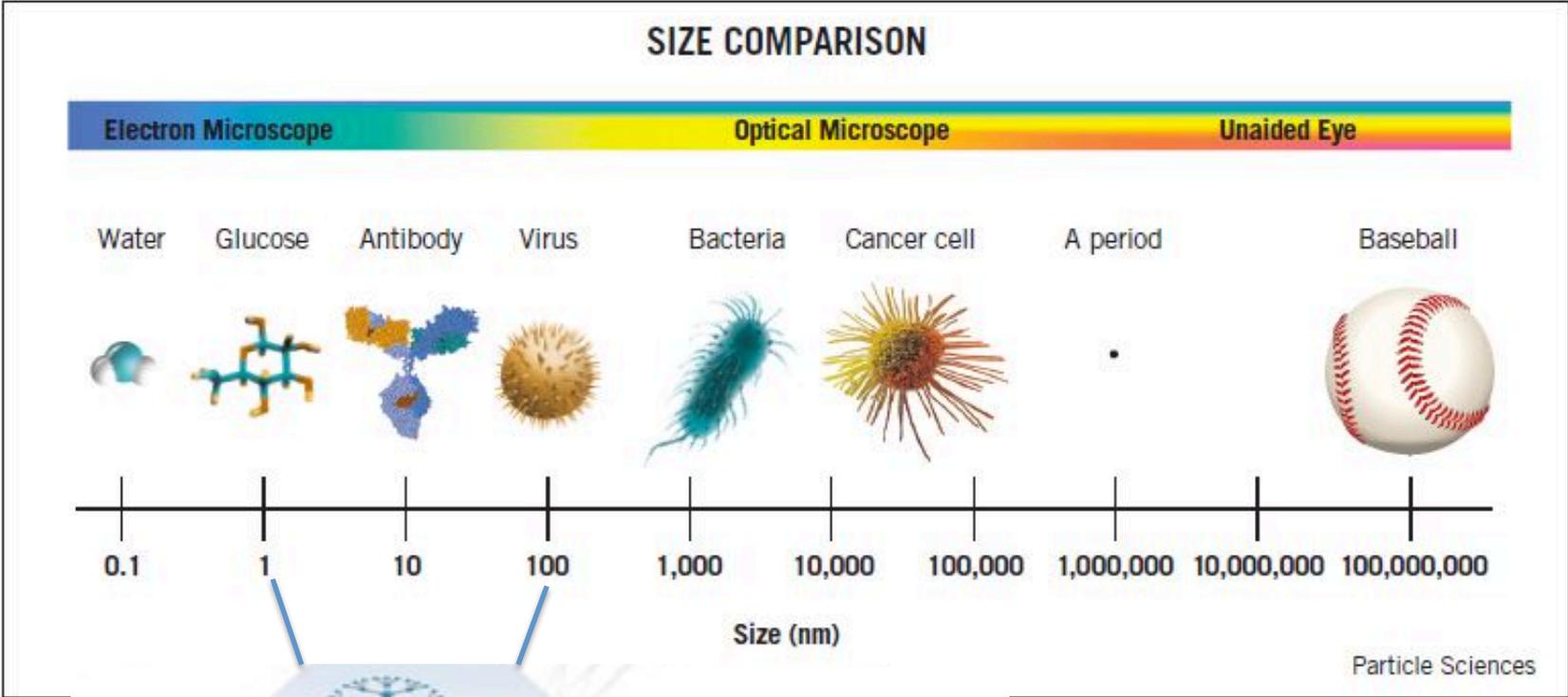
A nanotecnologia



- As ideias básicas neste campo foram popularizadas por K. **Eric Drexler** em **1986** através do livro Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology.
- Em **1989**, **Don Eigler** usou um Microscópio de Tunelamento por Sondagem no Almaden IBM Research Center em Califórnia, para soletrar as letras IBM a partir de 35 átomos de xénon e fotografou o seu sucesso.
- Em **1991**, **Sumio Iijima** nos Laboratórios de Pesquisa Fundamental da NEC em Tsukuba, no Japão descobriu os nanotubos de carbono



A nanotecnologia

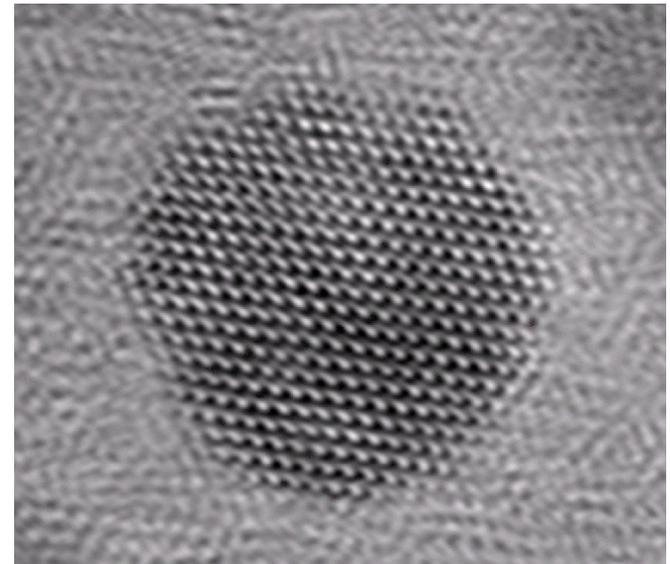
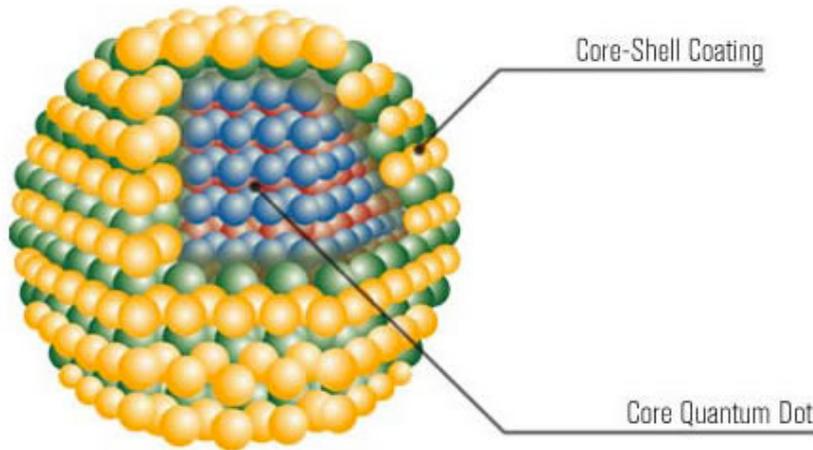


- Nanodevices**
- Nanopores
 - Dendrimers
 - Nanotubes
 - Quantum dots
 - Nanoshells



A nanotecnologia

- Um **ponto quântico** é um nanocristal composto de um material semiconductor que é pequeno suficientemente para que os seus excitões são confinados nas três dimensões e assim apresentar propriedades de mecânica quântica.





A nanotecnologia

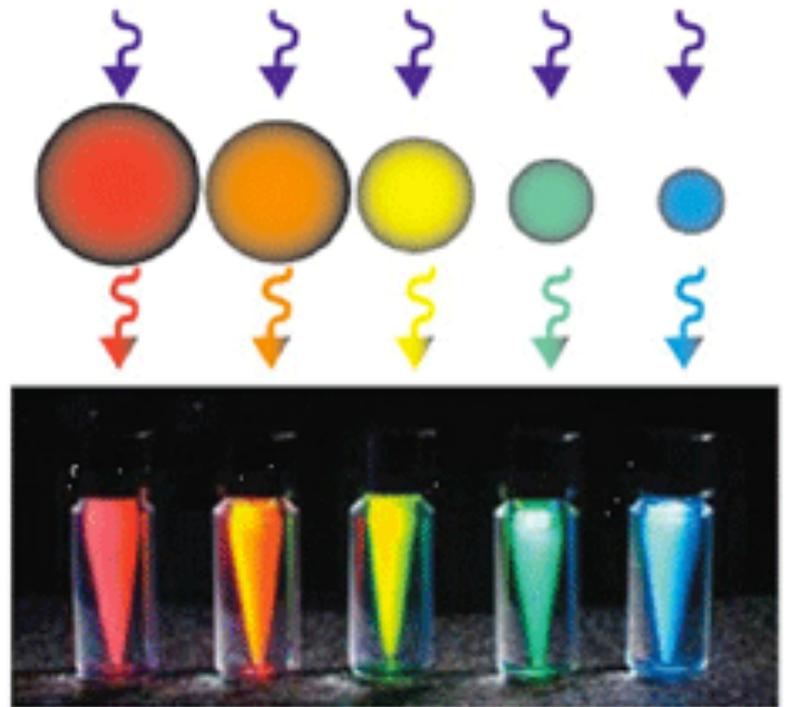


- O espectro electrónico passa assim de contínuo da matéria condensada até apresentar um conjunto de estados discretos, altamente dependentes do tamanho da NP.
- Quanto mais diminuto for o tamanho da NP, mais elevado é o espaçamento entre níveis de energia.
- As propriedades electrónicas deste materiais são intermedias entre os semicondutores da matéria condensada e as moléculas discretas.



A nanotecnologia

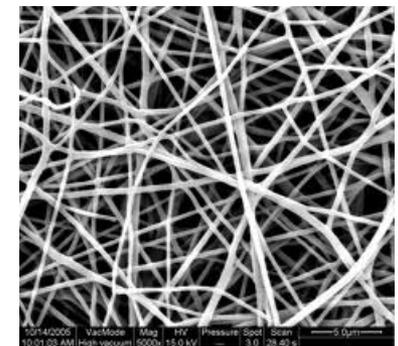
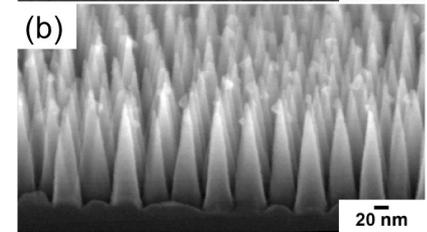
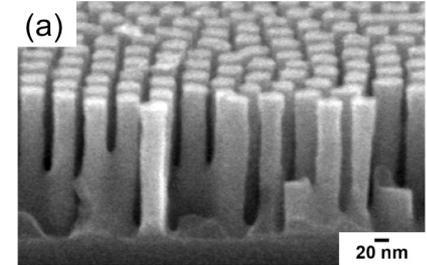
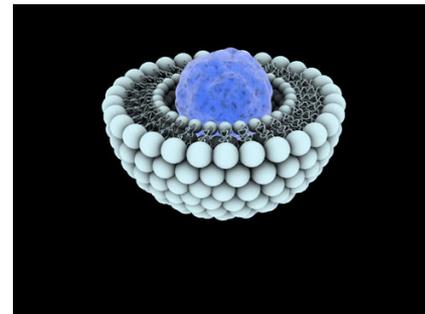
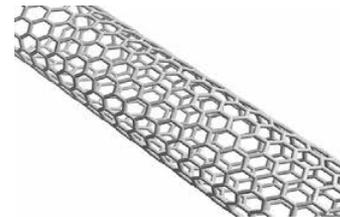
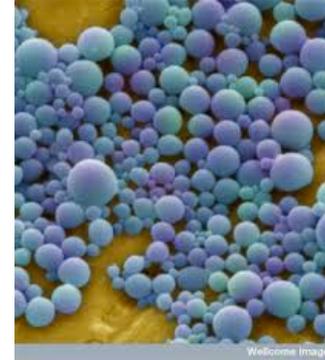
- Devido ao efeito do confinamento quântico é possível controlar as propriedades fundamentais dos nanomateriais, tais como a temperatura de fusão, as propriedades magnéticas, mecânicas e elétricas e mesmo a sua cor, sem alterar a composição química.





A nanotecnologia

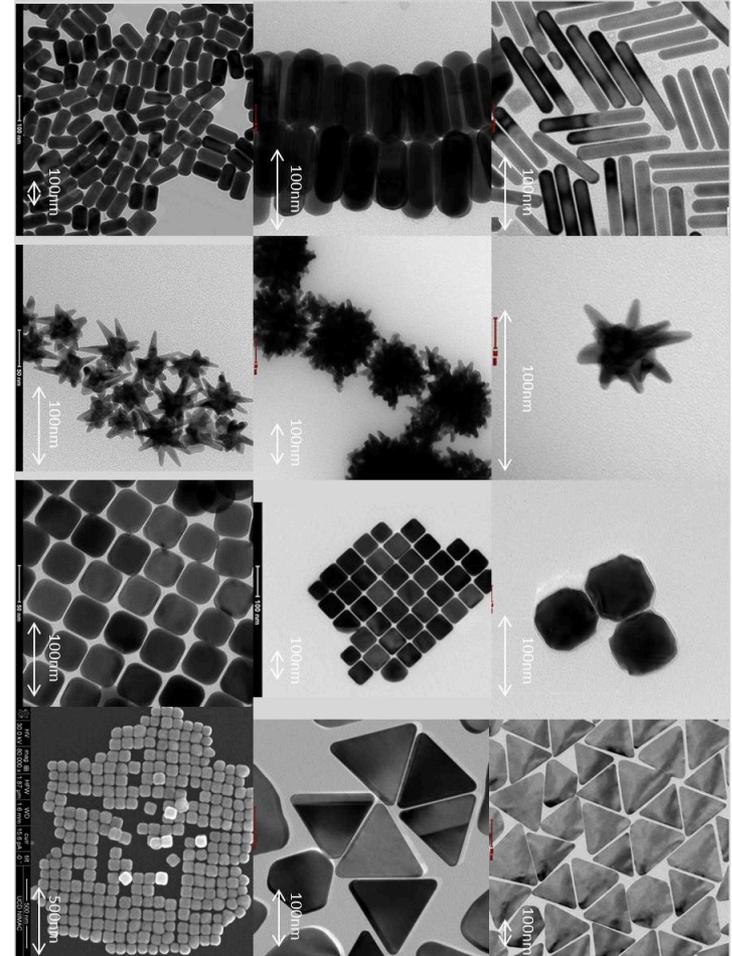
- Nanoparticles
- Nanocomposites
- Nanocapsules
- Nanoporous materials
- Nanofibres
- Carbon nanotubes
- Nanocoatings



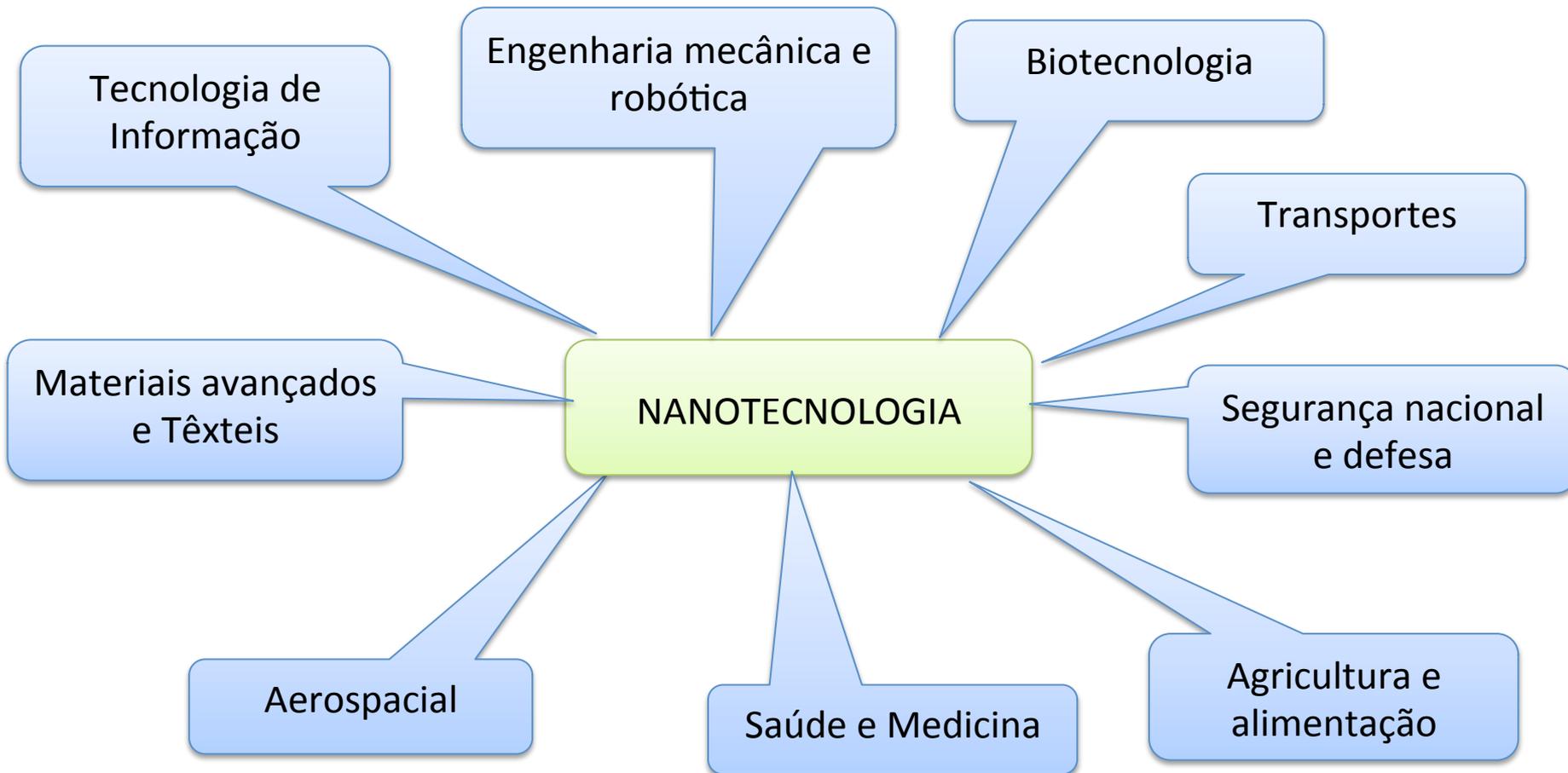


A nanotecnologia

- A forma da nanopartícula pode ser muito diferente e é determinante na reatividade, já que afeta o espectro electrónico.
- A percentagem de átomos que estão à superfície numa NP em relação ao total de átomos constituintes é muito mais elevada da matéria condensada.



A nanotecnologia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

A nanotecnologia têxtil



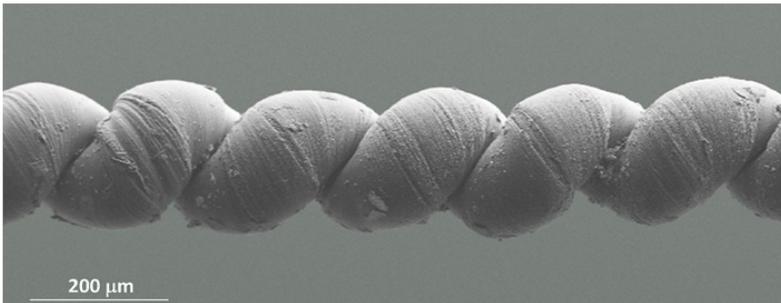
CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

A nanotecnologia aplicada ao têxtil



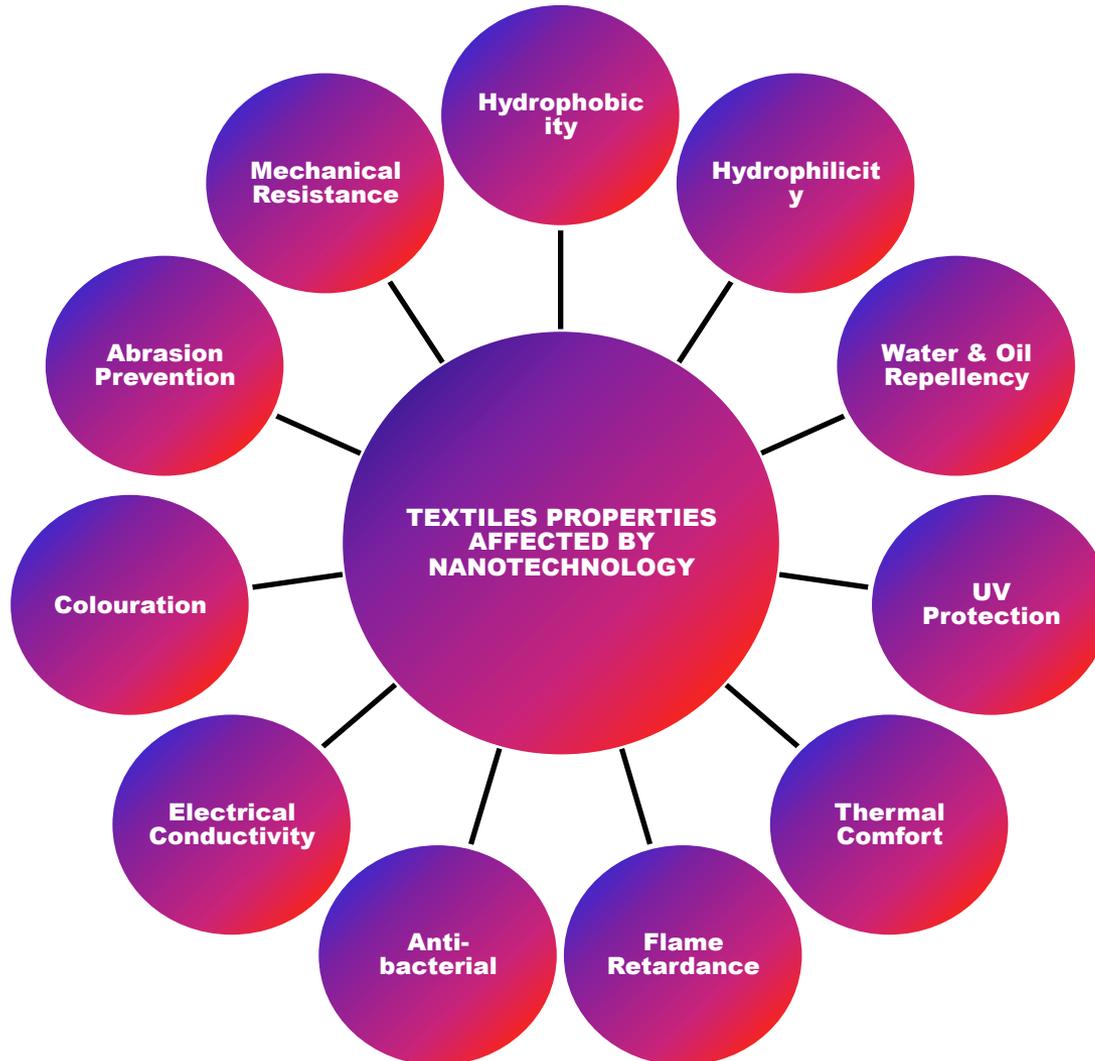
A nanotecnologia têxtil

- Embora a **indústria têxtil** seja uma pequena parte do mercado global da emergente área da nanotecnologia, esta foi uma das primeiras a implementar com sucesso o uso da nanotecnologia para o consumidor.





A nanotecnologia têxtil





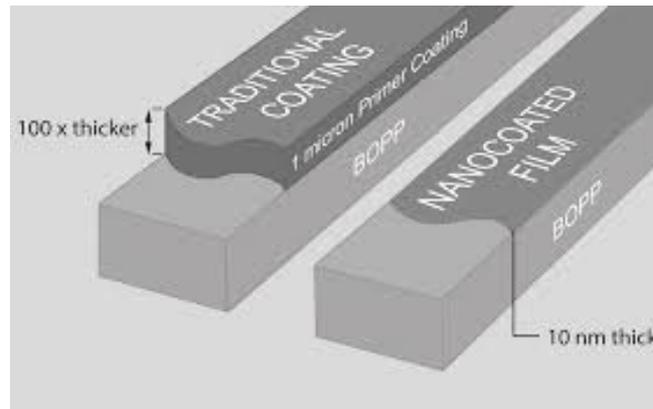
A nanotecnologia têxtil



- 1. Nanorevestimentos:** São nanomateriais que têm nano escala em uma dimensão. Aplicação de revestimentos espessos entre 2 e 100 nm nos materiais têxteis
- 2. Nanofibras:** São nanofibras e nanotubos que têm nano escala em duas dimensões. Utilizadas em muitos compósitos para melhorar as propriedades mecânicas, elétricas, ópticas ou biológicas.
- 3. Nanopartículas:** São estruturas com nano escala em três dimensões. Podem ser incorporadas em fibras, revestimentos e filmes. Podem conferir inúmeras propriedades como antimicrobiana, retardador de chama e melhorar conforto e aparência dos têxteis.



- **Nanocamadas poliméricas:** Podem obter-se camadas com espessura molecular de um polímero capazes de ter propriedades de repelência, por exemplo.



- Os processos podem ser efectuados em molhado ou em vapor de vácuo revestindo as fibras sem alteração da respirabilidade e porosidade.



Nanorevestimentos



- Existem numerosas técnicas de preparação de nanorevestimentos:
 - vapor deposition
 - chemical reduction
 - mechanical milling
 - self-assembly
 - dip coating
 - sol-gel coating
 - plasma-assisted techniques
 - pulsed laser deposition
 - magnetron sputtering
 - layer-by-layer coating
 - electrochemical deposition



Nanorevestimentos



- **A tecnologia de plasma**, nas suas múltiplas vertentes, é das mais versáteis ferramentas para a modificação dos polímeros de fibras têxteis.
- Pode realizar-se à pressão atmosférica ou em vácuo, usando ar, gases polimerizáveis orgânicos ou não polimerizáveis.
- Contribuem para a valorização de funcionalidades e a transformação dos processos de tratamento dos materiais têxteis.



Nanorevestimentos

- **Plasma de gases orgânicos** - formam-se polímeros sobre a superfície do substrato (deposição-fluorocarbonos, hexametildisiloxano, etileno, acetona, metanol, ácido acrílico...)
- **Plasma de gases inorgânicos** - dá-se erosão superficial, aparecem grupos químicos na superfície (não deposição-árgon, ar, hélio, oxigénio, azoto, flúor, amoníaco...).



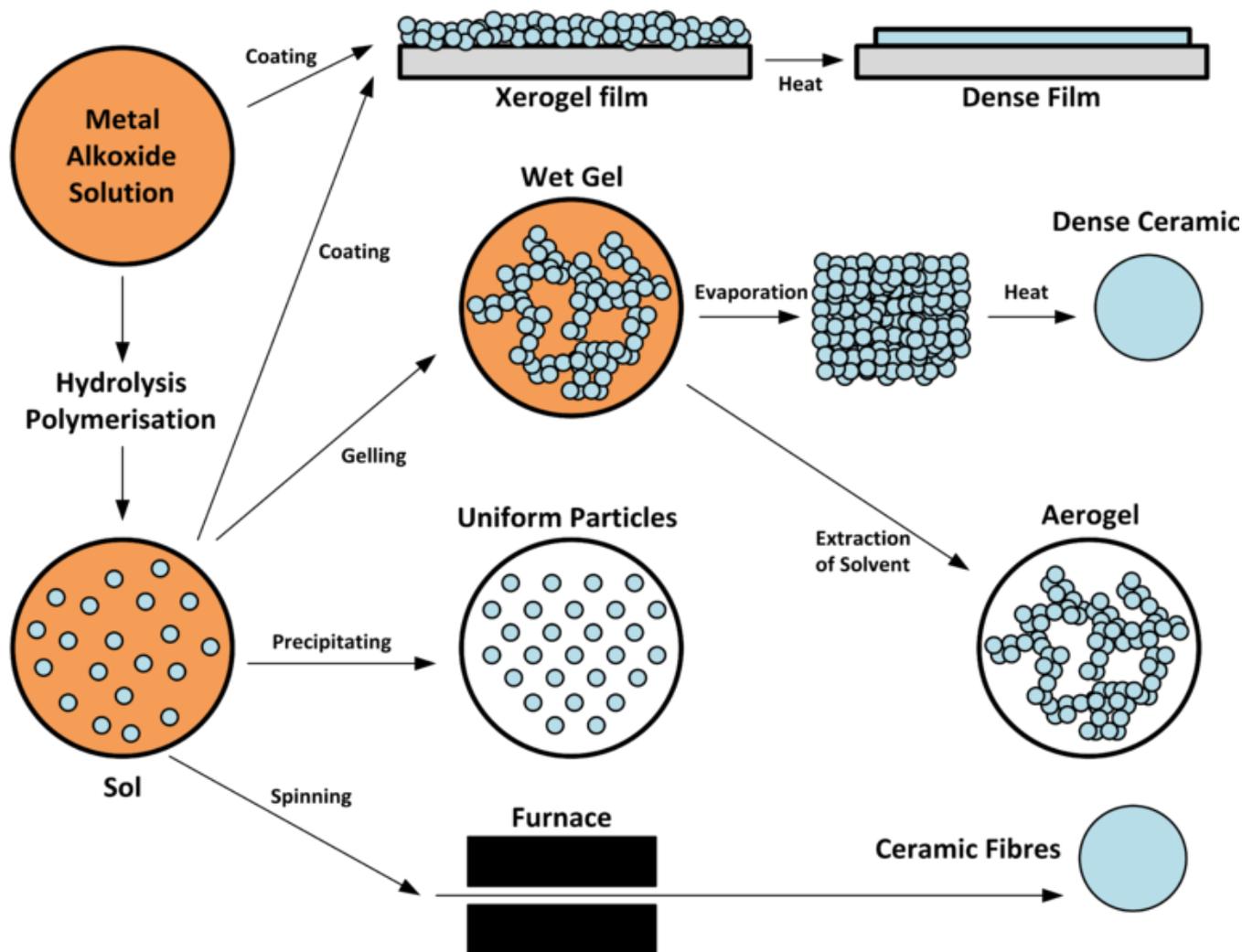


Processo Sol-Gel (Ligante + nanopartícula)

- Um sol é uma suspensão coloidal de um sólido num líquido. O gel forma-se após aplicação de calor quando se forma uma rede inter-partículas.
- Revestimento com o nanosol resultando um gel em camadas na superfície têxtil (xerogel).
- Secagem e termofixação com remoção do solvente resultando numa camada porosa de gel (aerogel)



Nanorevestimentos





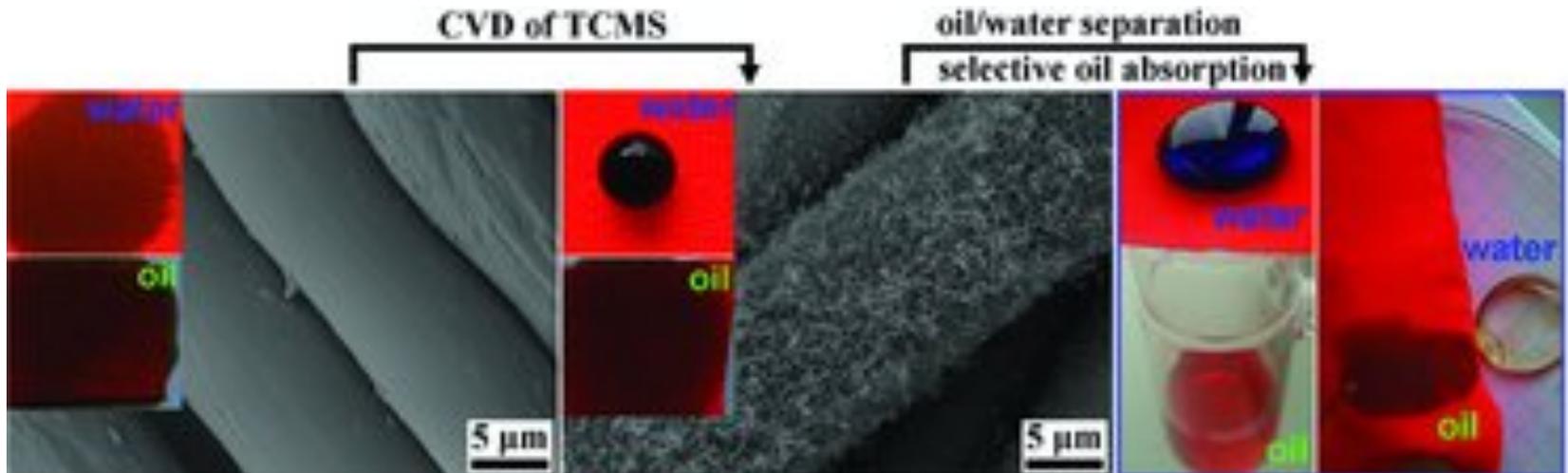
Nanorevestimentos

- A **deposição química em fase vapor** pode ser definida como formação de um filme fino sólido pela deposição atômica ou molecular, em uma superfície aquecida, sendo o sólido oriundo de uma reação química onde os precursores estão na fase de vapor.
- Quando esses gases entram em contato com o substrato liberam o átomo desejado que se desloca pelo material e se posiciona de modo a minimizar a energia do sistema, permitindo o crescimento natural da estrutura desejada.



Nanorevestimentos

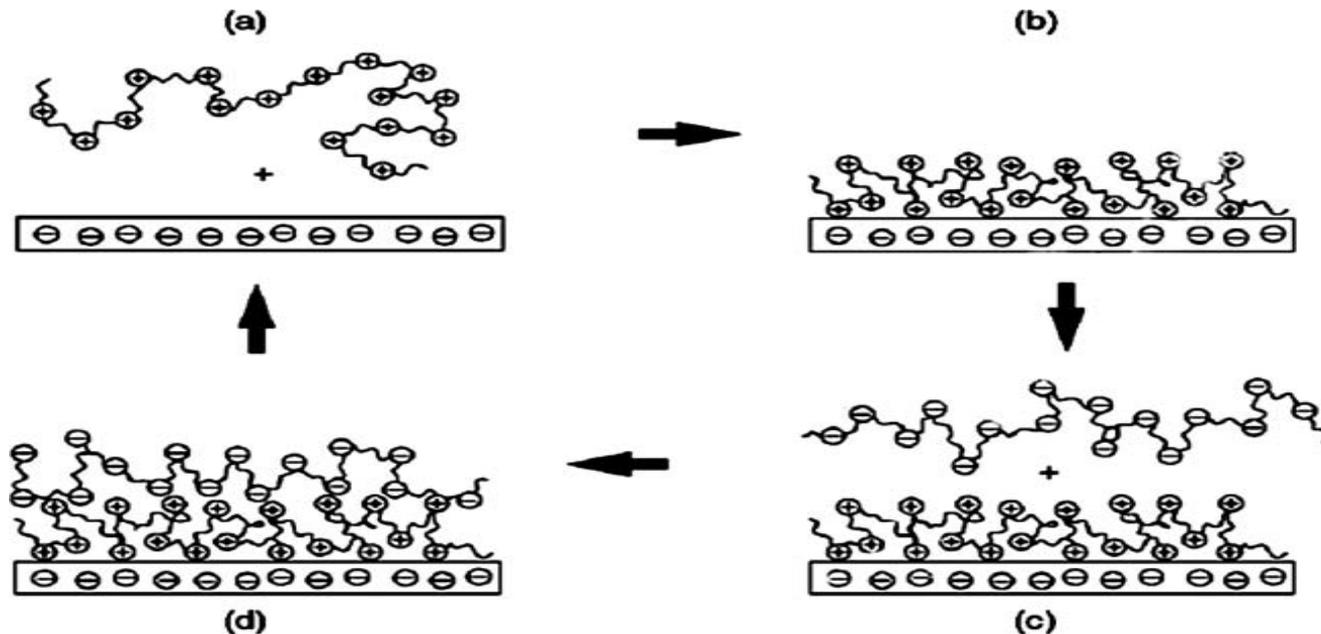
- O processo de deposição química a partir da fase de vapor é utilizado para a síntese de nanotubos de carbono, para a fabricação de nanofios, entre outros.





Nanorevestimentos

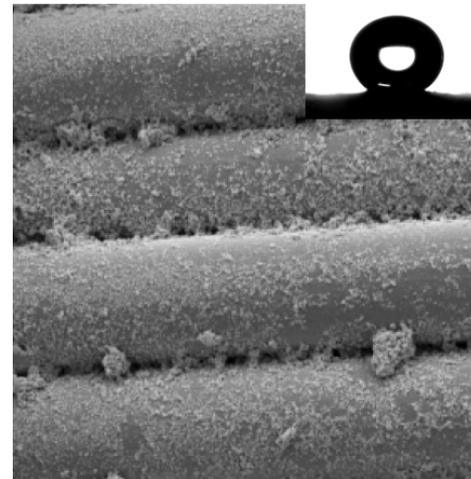
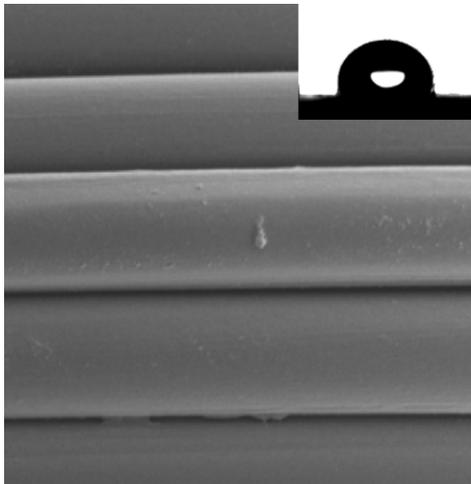
- A **deposição em multicamada (Layer by Layer)** consiste na deposição alternada de polycatiões e polianiões através de interacções electrostáticas, sendo uma forma simples e versátil para controlar a estrutura e as propriedades dos filmes ao nível molecular.





Nanorevestimentos

- **Nanocompósitos poliméricos:** são formados por uma matriz polimérica com um enchimento constituído por uma boa e estável dispersão de pequenas quantidades de nanopartículas inorgânicas (ex: PVA ou PMMA com Al_2O_3 , ZnO, SiO_2 , Fe_2O_3 com tamanhos entre 20-150 nm)





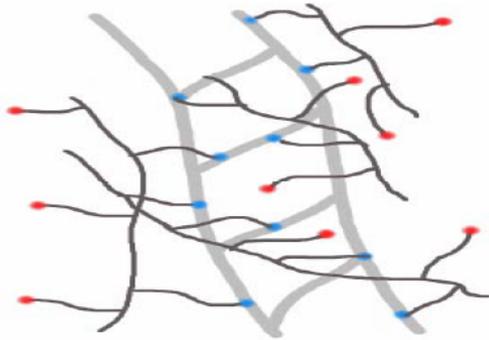
Nanorevestimentos

Vantagens dos revestimentos dos têxteis com nanocompósitos:

- Camadas muito aderentes e transparentes
- Camadas estáveis ao calor, ataques químicos e microbianos
- Propriedades diversificadas e controláveis
- O revestimento pode embeber aditivos funcionais
- Os revestimentos podem ser preparados à temperatura e pressão ambiente e aplicados nos têxteis por fulardagem ou esgotamento.

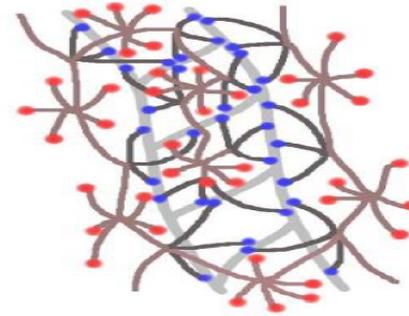


Nanorevestimentos



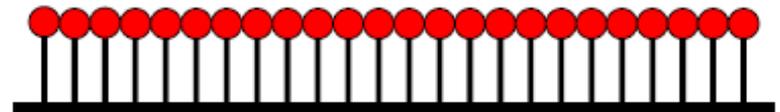
Resina de Fluoro Carbono

- 1) Menos grupos aderentes
- 2) Orientação irregular dos grupos hidrofóbicos
- 3) Macromoléculas não cobrem totalmente a fibra



Materiais Nanocompósitos

- 1) Muitos grupos aderentes
- 2) Arranjo regular de grupos hidrofóbicos
- 3) Permitem revestir completamente a fibra





Nanofibras e nanotubos



- O **nanotubo de carbono** é o material mais resistente conhecido, seu módulo de elasticidade é da ordem de um terapascal [TPa ($1\text{TPa}=10^3\text{ GPa}$)], com deformações na fratura entre aproximadamente 5% e 20%.
- Os nanotubos também possuem densidades relativamente baixas, eles podem se comportar como um metal ou um semicondutor, dependendo da orientação das unidades hexagonais no plano grafeno com o eixo do tubo.
- Os nanotubos de carbono tem extraordinárias propriedades mecânicas, ao mesmo tempo elétricas, e ópticas



Nanofibras e nanotubos

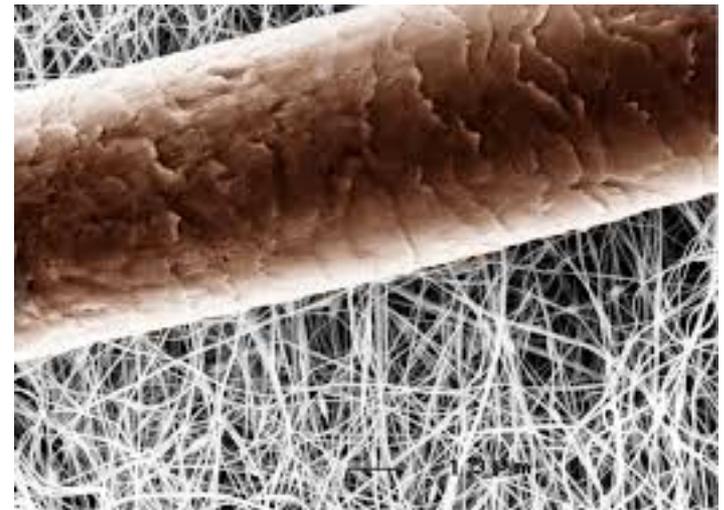
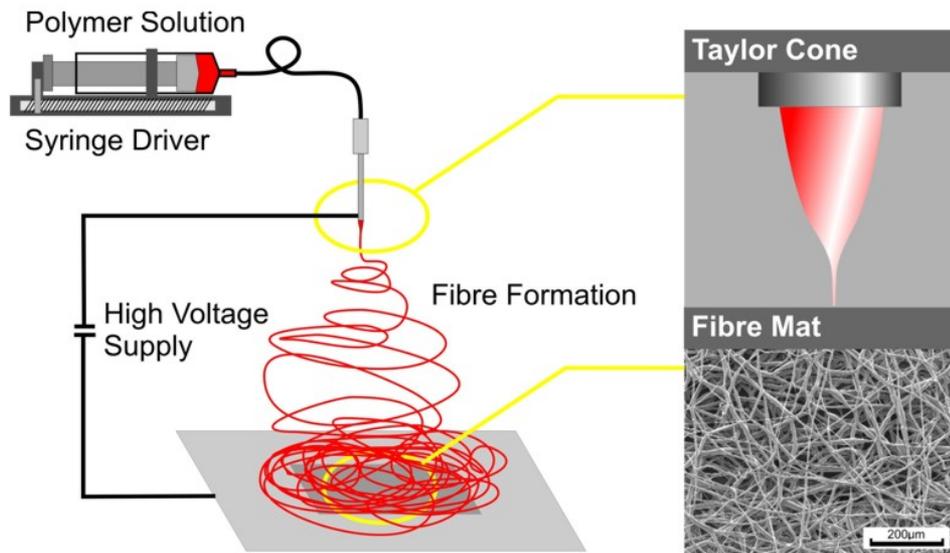
- Utilizando nanotubos de carbono, nós poderemos fabricar fibras têxteis que terão condutividade termal e elétrica, mas com a textura e a sensação de torque de um tecido comum.





Nanofibras e nanotubos

- O **electrospinning** é um processo para produzir fibras muito finas ao forçar um polímero viscoso através de um campo elétrico para uma solução em gotícula, na maior parte dos casos numa ponta metálica de uma agulha.





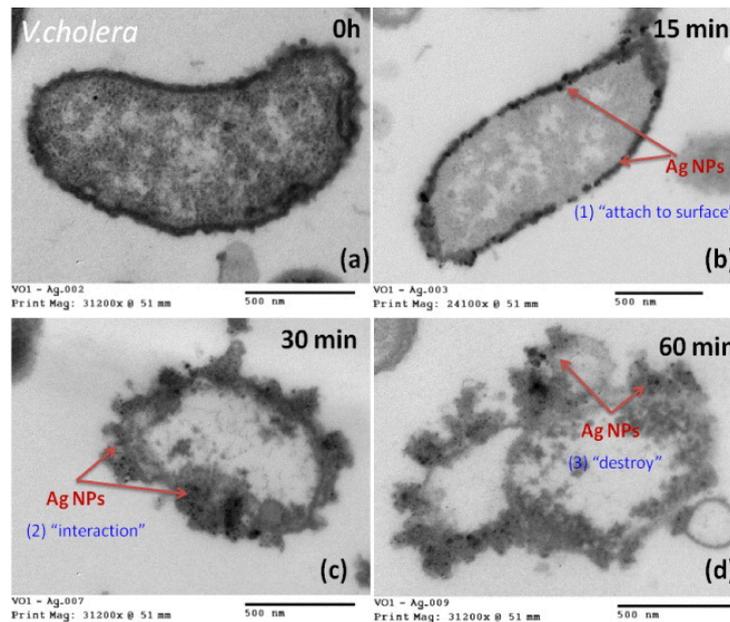
Nanofibras e nanotubos

- Os materiais na forma de nanofibras têm uma área de superfície de excepcional alta especificidade, a qual permite a uma grande proporção de átomos estarem na superfície da fibra. Isto resultará numa elevada reatividade, alta condutividade térmica e elétrica e resistência anormalmente alta à superfície





Acabamentos anti-microbianos





A nanotecnologia têxtil

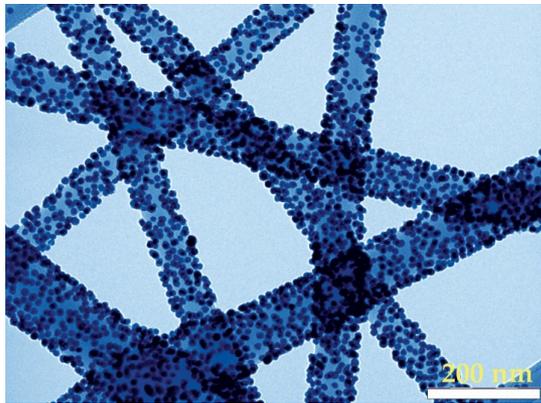


- O **acabamento antimicrobiano** dos têxteis tornou-se uma importante área de pesquisa e um dos sectores que mais crescem no mercado têxtil (15% ao ano nos países desenvolvidos)
- Nanopartículas como agentes antimicrobianos têm sido cada vez mais utilizado na área têxtil, devido às suas propriedades físico-químicas e atividade biológica únicas, que podem diferir significativamente dos íons e da matéria condensada.



A nanotecnologia têxtil

- A maioria dos **métodos** utilizados na deposição e produção é baseado em reações no meio líquido exigindo surfactantes, agentes redutores e outro químicos ambientalmente perigosos.

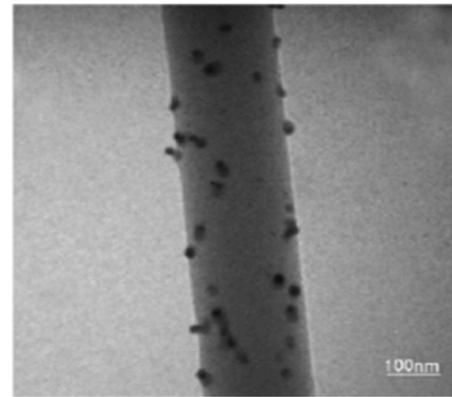
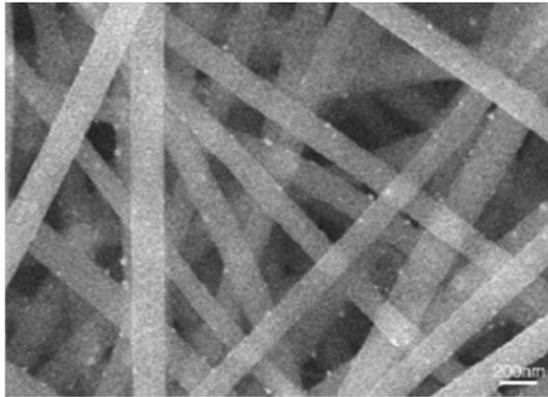


- Na última década, os métodos físicos, tais como ultrassom, irradiação UV e plasma têm provado ser eficazes para a deposição, a inserção e a síntese de nanomateriais.



A nanotecnologia têxtil

- A maioria das pesquisas têm sido realizadas utilizando **nanoprata** imobilizada em tecidos de algodão, poliéster, poliamida, seda e lã por imersão ou foulardagem.



- A **sílica** é muito utilizada para a imobilização de nanopartículas de prata em têxteis, devido à sua grande área superficial, elevada estabilidade térmica, inércia química e uma boa compatibilidade.



A nanotecnologia têxtil

- O paradigma predominante sugere uma combinação de vários fatores na **actividade antimicrobiana da nanop prata**:
 - i) interações diretas a nano-escala entre Mps e membrana celular afetando sua permeabilidade seguido por uma cascata de reações intracelulares
 - ii) Reacção dos iões de prata com os grupos tiol das proteínas celulares, interferindo com a cadeia respiratória
 - iii) as gerações extra e intracelulares de espécies reativas de oxigênio



A nanotecnologia têxtil



- O **nanotitanio** é um dos mais poderosos materiais fotocatalíticos, possui uma elevada estabilidade e uma forte actividade oxidante
- Devido a sua natureza de semicondutor, o TiO_2 tem uma baixa eficiência fotocatalítica e tem atividades apenas sob os raios UV, o que limita o seu uso na luz visível.
- Há poucos relatos sobre o uso do nanotitanio para aplicação têxtil. Apenas nanopartículas com um diâmetro inferior a 20 nm têm mostrado parcial eficácia em algodão, poliéster, poliamida e lã



A nanotecnologia têxtil



- O **nanozinco** apresentou forte atividade antibacteriana em um amplo espectro de bactérias em algodão, poliamida e bambu.
- Fornece têxteis multifuncionais com uma boa proteção UV e antibacteriana.
- O mecanismo antimicrobiano não é ainda claro mas como no titânio a geração de peróxidos foi sugerida como o mecanismo primário conjuntamente com a penetração direta na parede celular.



A nanotecnologia têxtil



- O **nanocobre** foi utilizado só em algodão. É mais barato da prata mas precisa de maiores quantidade para obter a mesma atividade antibacteriana.
- Nanocobre imobilizado por ultrassons resistiu a 65 ciclos de lavagem hospitalar (75 °C).
- Poucos exemplos com outro metais:
 - Óxido de zircónio em algodão
 - Ouro em seda
 - Óxidos de ferro (magnetite e hematite) em poliéster



A nanotecnologia têxtil



- O **Quitosano** é um polissacarídeo biodegradável natural, extraído de conchas e exoesqueletos de crustáceos e insectos. Devido a presença do grupo amina é um polissacarídeo catiónico, um dos poucos presente na natureza.
- Textéis com revestimentos de quitosano têm provado ser duráveis, não-tóxicos, biocompatíveis e com excelentes propriedades anti-bacterianas.
- Compósitos de quitosano e nanopartículas de prata em materiais têxteis pelo processo de fulardar-secar-termofixar tem dado prova de elevada durabilidade



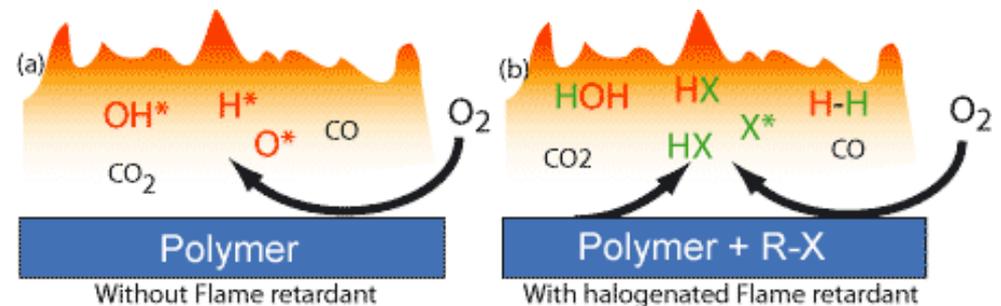
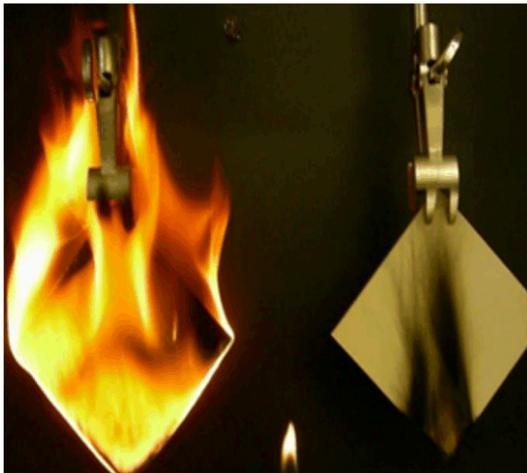
Acabamentos Ignífugos





A nanotecnologia têxtil

- A busca de alternativas ao uso de compostos a base de **halogênios** para reduzir a inflamabilidade têxtil tem sido uma prioridade na última década.
- Inicialmente, a pesquisa focou no desenvolvimento retardadores de chama à base de **boro, silício e fósforo**.





A nanotecnologia têxtil

- Os retardadores de chama baseados em nanocompósitos podem ser divididos em três classes principais:
 - materiais em camadas, como **nanoargilas**
 - materiais fibrosos, como **nanotubos de carbono** e sepiolita
 - Outras **nanopartículas**, tais como oligosilsesquioxane e nanopartículas de sílica esféricas.



A nanotecnologia têxtil

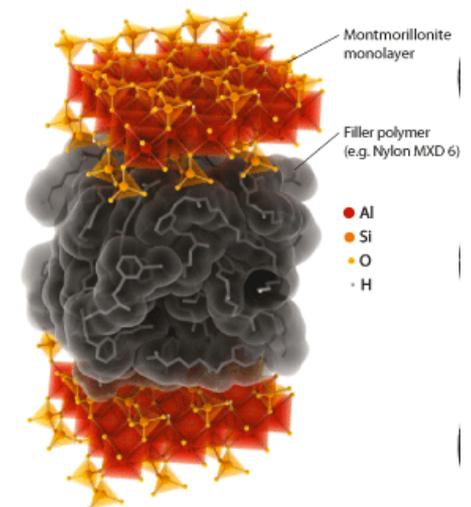
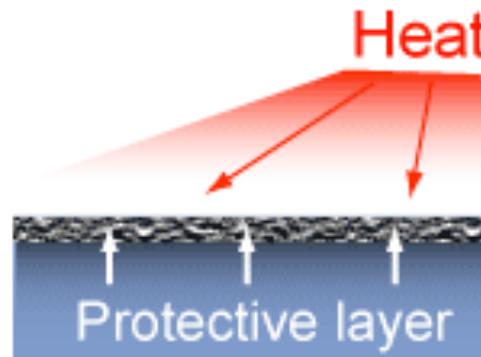
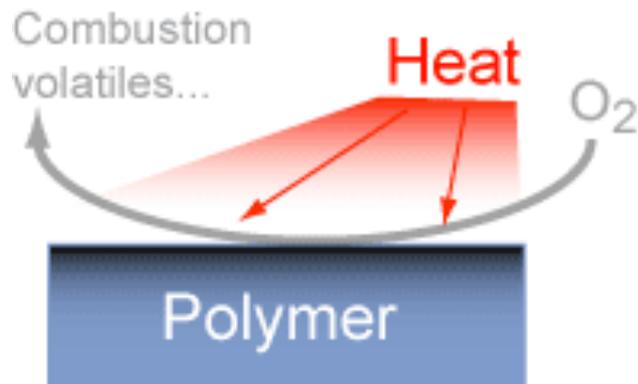


- **NANOARGILAS:** As esmectites, que incluem a montmorilonites de sódio e cálcio (MMTS) em camadas dispersas são os nanoelementos inorgânicos mais utilizados nos têxtil até o momento.
- Apresentam o benefício duplo de uma reduzida taxa de libertação de calor de pico e melhores mecânicas, físicas e térmicas.
- **Existem inconvenientes:** a presença de nanopartículas pode reduzir o tempo de ignição e prolongar o tempo de queima.



A nanotecnologia têxtil

- A hipótese prevalecente da actividade de resistência à chama da nanoargila é baseada na gaseificação e precipitação da montmorilonite que fornecem uma camada protectora durante a combustão que restringe a transferência de calor para o material e difusão de oxigénio para dentro do material.





A nanotecnologia têxtil



- **AS NANOPARTÍCULAS DE SÍLICA:** os processos sol-gel permitem a formação de revestimentos homogêneos de nanopartículas diretamente sobre os tecidos têxteis.
- Atuam como uma barreira física isolante protegendo os polímeros do oxigênio e da transferência de calor
- A incorporação de pequenas quantidades de nanopartículas na massa de polímeros altamente sensíveis ao calor e chama é usada por exemplo com polipropileno.



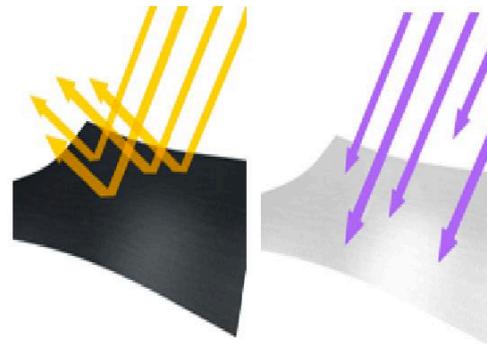
A nanotecnologia têxtil



- **NANOTUBOS DE CARBONO (CNT):** são utilizados para melhorar as propriedades de inflamabilidade de materiais poliméricos devido as excepcionais propriedades mecânicas e de condutividade elétrica e térmica.
- Durante a queima é formada uma camada composta de uma rede estruturada de nanotubos que atua como um escudo físico reduzindo a taxa de libertação de calor de pico
- **Existem inconvenientes:** o uso dos CNT é limitado pelos potenciais riscos à saúde e o elevado custo.



Acabamentos de proteção Ultravioleta



Sun Reflector

UV Protector



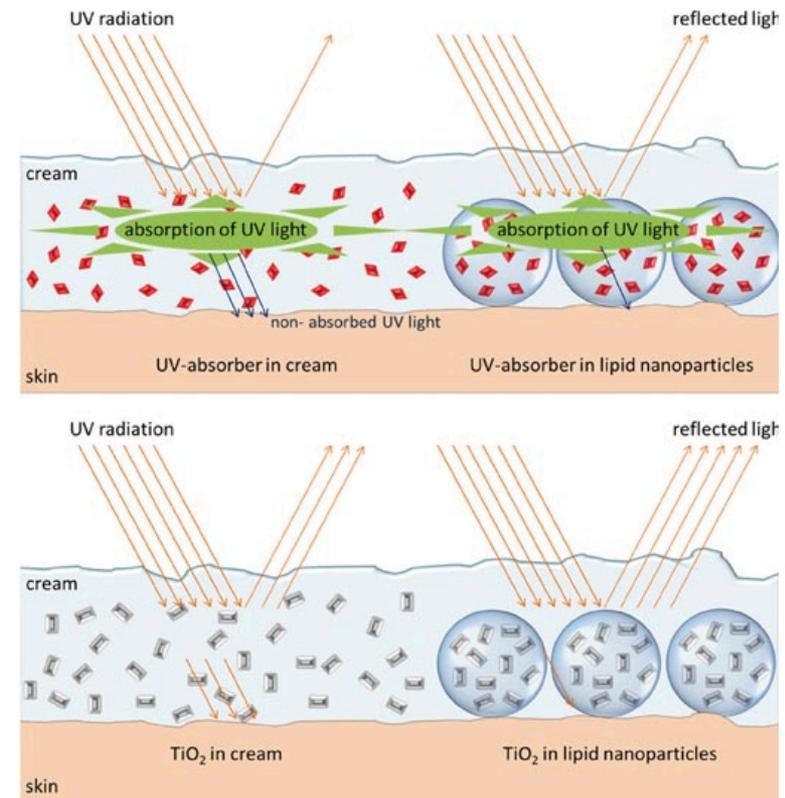
A nanotecnologia têxtil

- Os bloqueadores de UV são normalmente óxidos semicondutores tais como TiO_2 , ZnO , SiO_2 e Al_2O_3 .
- Verificou-se que nanopartículas de dióxido de titânio e óxido de zinco são mais eficientes a refletir e absorver a radiação UV que a matéria condensada, devido a uma maior superfície específica e à relação existente entre o tamanho da nanopartícula e o comprimento da radiação UV (1/10 do comprimento de onda).



A nanotecnologia têxtil

- A aplicação de nanopartículas de ZnO em nanocompósitos poliméricos assegurem uma boa ligação ao substrato.
- Confere boa proteção UV e as partículas não migram, não se degradam à luz UV, melhoram a resistência mecânica e as propriedades ópticas e eléctricas.





A nanotecnologia têxtil



- A protecção UV depende muito do tipo de fibra, da cor, da porosidade, da espessura, da massa, acabamento e do uso.
- Nanocompósitos de poliestireno e nano ZnO mostraram melhores resultados para partículas micro e de 100nm.
- Elevadas proteções UV e resistência à lavagem (>50 ciclos) foram obtidas em algodão revestidos com nano-zinco e poliestireno ou nano-titânio em camada sol-gel.
- Fibras de PET e nano-TiO₂ foram extrudidas conseguindo-se um material com propriedades anti-UV intrínsecas.



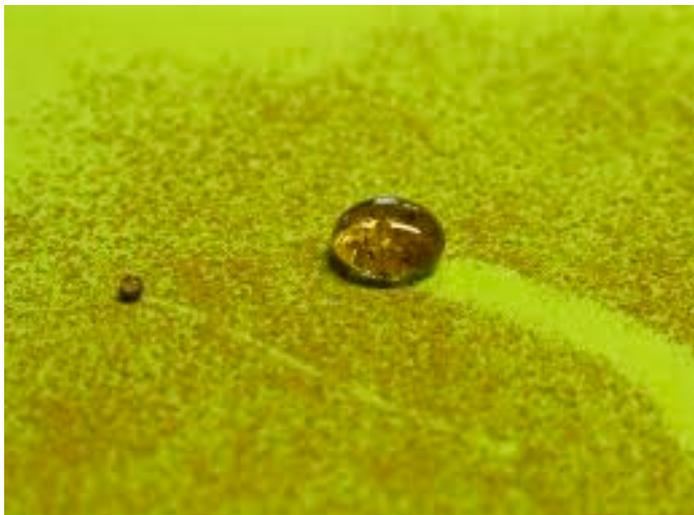
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

A nanotecnologia têxtil



CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

Acabamentos de autolimpeza





A nanotecnologia têxtil

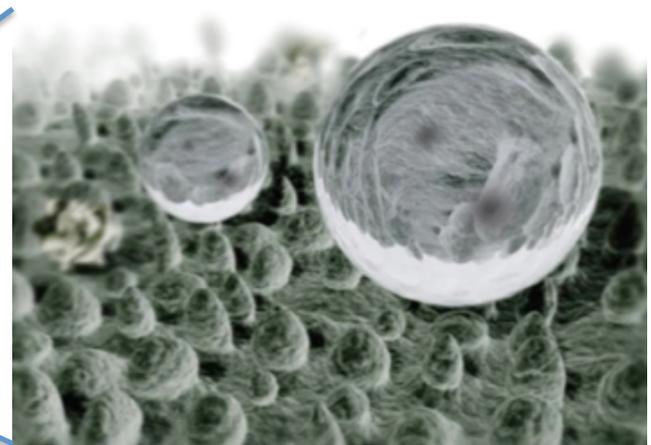


- Duas diferentes abordagens:
 - **Abordagem passiva.** Associa os mecanismos de repelência de água e de sujidade (criação de rugosidade e de repelência): ex. revestimento com polímero hidrofóbico e aplicação de nanopartículas para criar rugosidade.
 - **Abordagem ativa.** Incorporação de nanopartículas de dióxido de titânio, capazes de reagir com a luz e assim degradar a matéria orgânica de sujidade.



A nanotecnologia têxtil

- O efeito lótus diz respeito à repelência muito elevada à água apresentada pelas folhas da flor de Lótus.
- As folhas de lótus são auto-laváveis e superhidrofóbicas devido à combinação de duas características: as ceras de cobertura e as saliências com 10-20 nm de altura e largura.

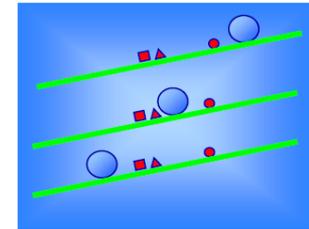
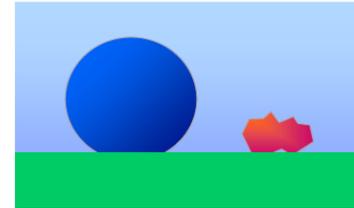




A nanotecnologia têxtil

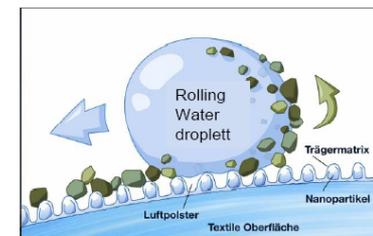
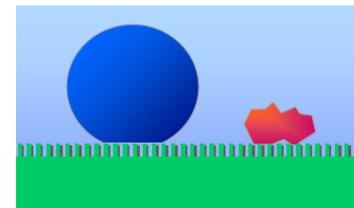
- Se fala de superhidrofobicidade quando o ângulos de contacto é superior a 150° .
- as gotas arrastam consigo as partículas de sujidade o que permite que as superfícies sejam consideradas auto-laváveis.
- Superfícies duplamente estruturadas com o efeito lótus podem alcançar um ângulo de contacto de 170° .

Contact area: normal
Interfacial energy: very low
Consequence
liquid droplets roll
Particle stick



Effect:
Dirt particle on the surface are rolled-over and are not cleaned off.

Contact area: minimal
Interfacial energy: very low
Consequence:
liquid droplets roll
Particles lay on a fakir's bed



Effect:
Dirt particles on the surface are cleaned off by rolling water droplets



A nanotecnologia têxtil

- A obtenção de superfícies superhidrofóbicas no algodão pode ser conseguida pela deposição sol-gel de nanopartículas de sílica e prata modificadas com agentes de fixação baseados em silano fluorado.
- Destacam-se outras soluções para a superhidrofobação de algodão, tais como, a deposição de nanotubos de carbono modificados com polibutilarilato ou a deposição de nanoclusters de ouro seguida pela absorção de uma monocamada de n-dodecanotiol.



A nanotecnologia têxtil



- Nanocompósitos poliméricos à base de **dióxido de titânio** são capazes de decompor ativamente a sujidade por via fotocatalítica.
- Já amplamente utilizada em tintas e superfícies duras, tem grande potencial pela indústria têxtil porque permite manter o carácter hidrofílico e de respirabilidade dos tecidos
- Porém, os processos de funcionalização de tecidos com TiO_2 são ainda dispendiosos e a eficiência do processo resulta em tempos de decomposição prolongados.



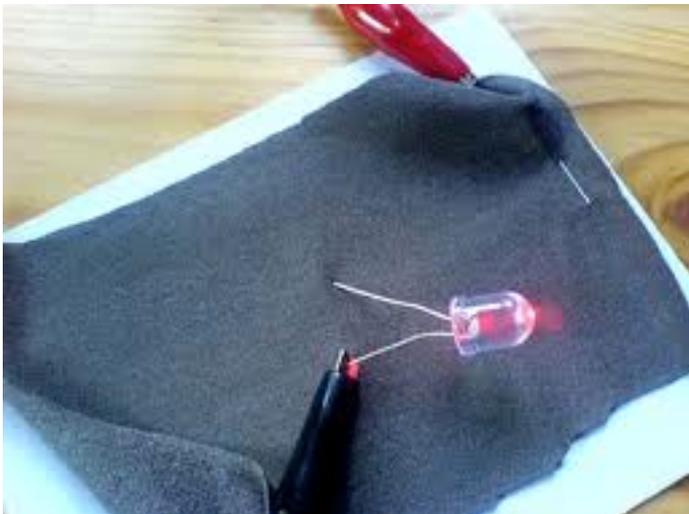
Universidade do Minho
Escola de Engenharia

A nanotecnologia têxtil



CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

Acabamentos condutores





A nanotecnologia têxtil



- A **condutividade em têxteis** é conseguida por aplicação de compósitos com nanopartículas condutoras ou nanotubos de carbono como revestimento de fibras sintéticas como poliéster, poliamida ou fibras acrílicas.
- O revestimento com ZnO, derivados de silício e outros óxidos metálicos são usados para a incorporação de sensores e actuadores e como agente anti-estático em têxteis
- Nanocompósitos com polímeros orgânicos condutores como a polianilina também são usados.



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

A nanotecnologia têxtil



CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

Propriedades Mecânicas



A nanotecnologia têxtil

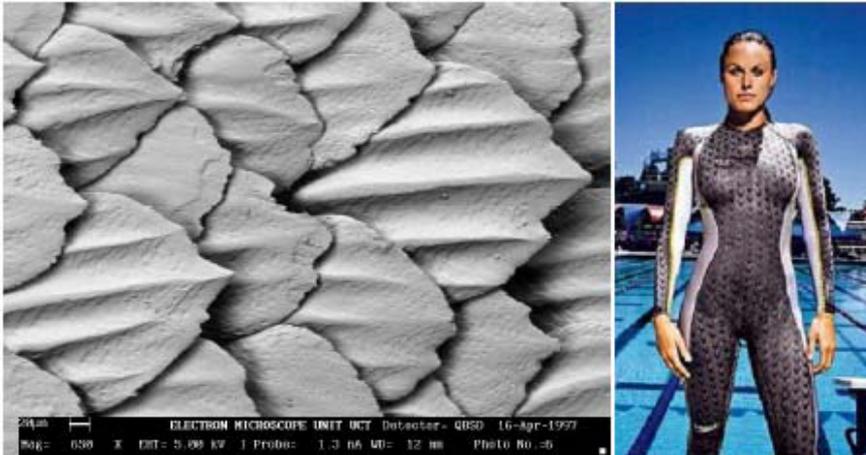


- Aplicando nanopartículas de ZnO em matriz de polímero acrílico para protecção UV consegue-se menor coeficiente de fricção
- Compósitos com nanoargilas são usados para obter materiais com uma elevada resistência mecânica e térmica têxteis sintéticos
- Nanocompósitos com sílica organicamente modificada em polipropileno conferem boas propriedades mecânicas
- Adição de nanotubos de carbono na matriz fibrosa permite obter boa resistência em fibras biomédicas porosas.

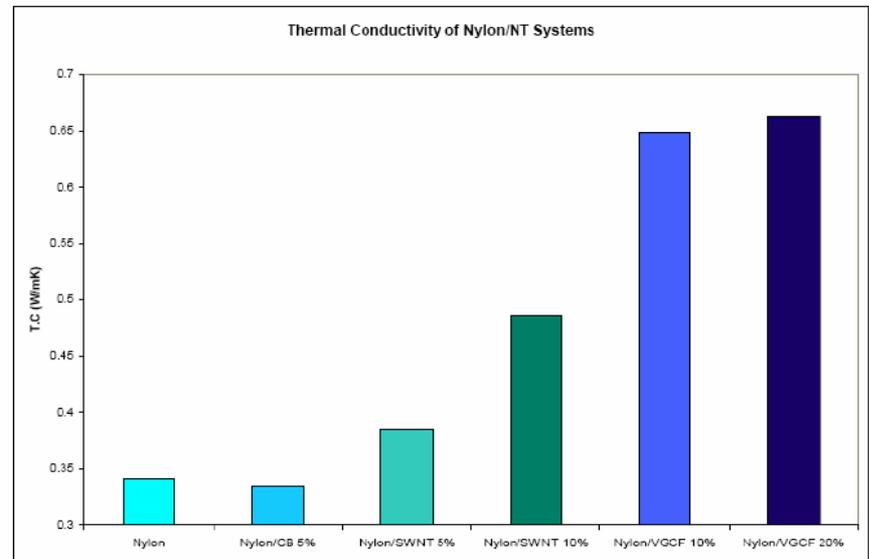


A nanotecnologia têxtil

Redução de atritos (escama de tubarão)



Estabilidade termo-mecânica (tubos de carbono)

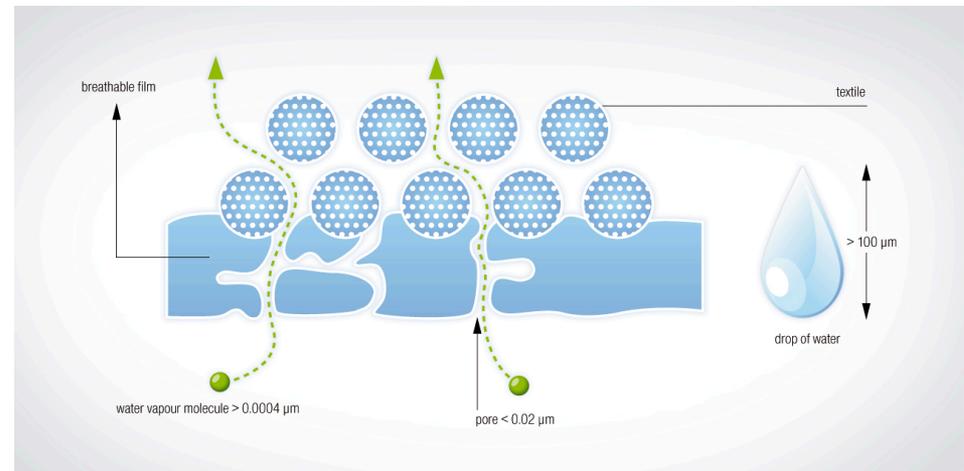




A nanotecnologia têxtil



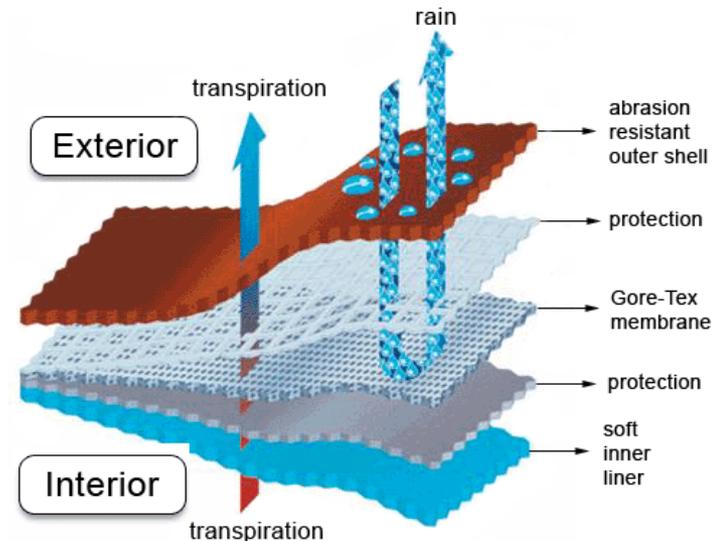
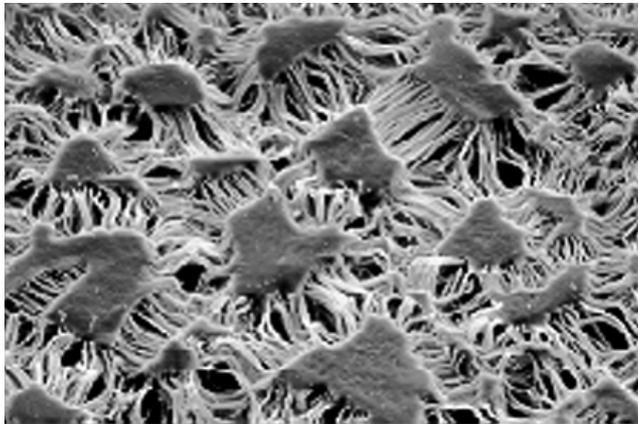
Respirabilidade





A nanotecnologia têxtil

- As membranas Sympatex[®] (copolímero de poliéster hidrofílico) e goretex[®] (politetrafluoretileno expandido) não são porosas a água e vento. Contudo o vapor de água consegue porque as micromembranas tem poros que são aproximadamente 1/20,000 de uma gota de água.





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

A nanotecnologia têxtil



CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

Conforto Térmico



A nanotecnologia têxtil

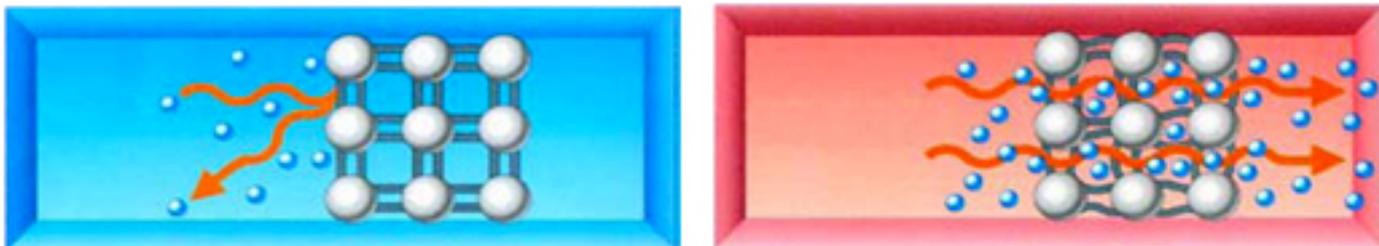


- **Estruturas que retenham ar** (isolante) ou espessas, mas pouco densas (Não-tecidos, Fibras ocas, Microfibras)
- **Materiais reflectores** de calor (camadas termocrômicas, camadas de poliuretano aluminizadas, partículas cerâmicas)
- cobertor Spaceflot (NASA) é formado de um **aerogel** (estrutura nanoporosa) de sílica impregnado numa matriz fibrosa submetida a secagem supercrítica sob pressão. Para evitar a migração do aerogel através do material recorre-se a técnicas de encapsulamento em vazios.



A nanotecnologia têxtil

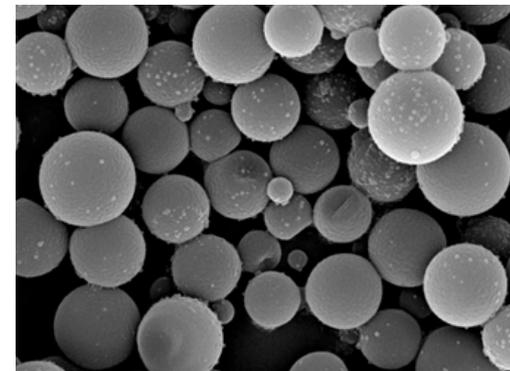
- Os polímeros com memória de forma, como os poliuretanos, têm maior compatibilidade com os têxteis e podem ser usados sob a forma de filmes incorporados entre as camadas.
- Quando a temperatura da camada exterior baixa, o filme de poliuretano aumenta de volume com ar, dando assim um melhor isolamento. Esta deformação é reversível e desfaz-se quando a camada exterior aquece.





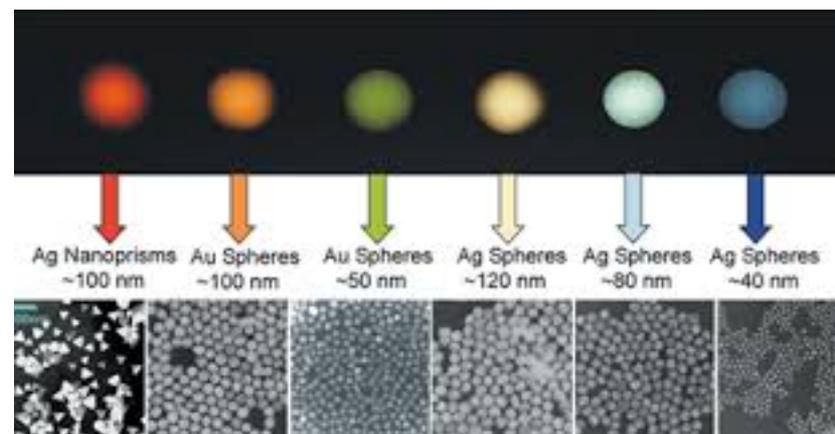
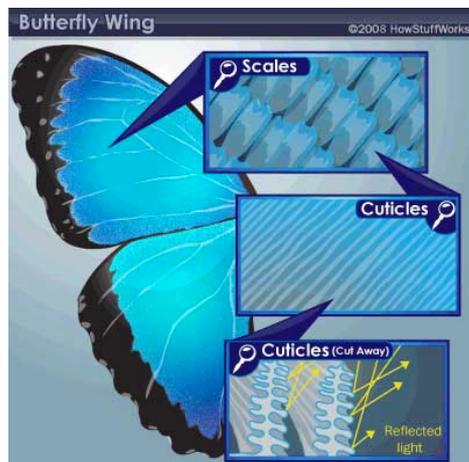
A nanotecnologia têxtil

- Os materiais de mudança de fase, nos quais parafinas são microencapsuladas, podem ser incorporados em fibras, em revestimentos ou em espumas.
- São capazes de absorver, armazenar e libertar energia sob a forma de calor latente numa zona estreita de temperaturas, correspondente à mudança de estado do material.





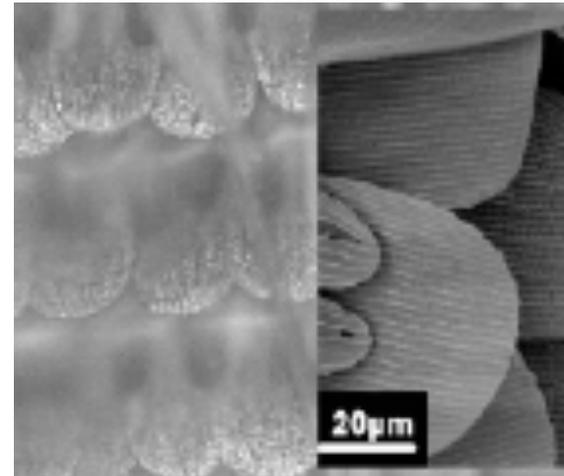
Tingimento (cor estrutural)





A nanotecnologia têxtil

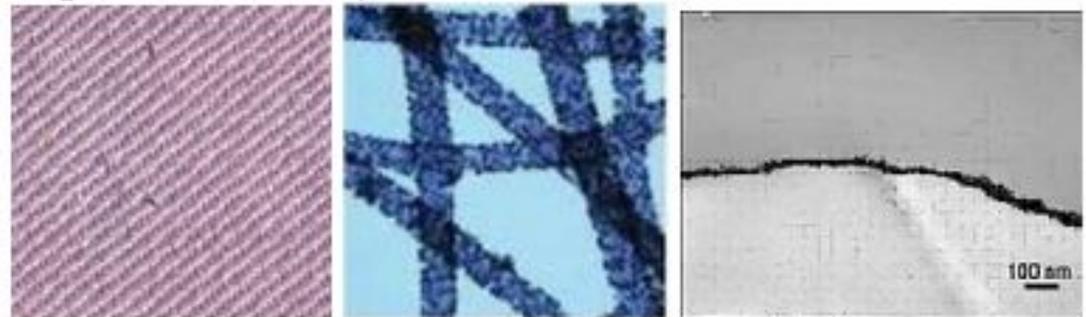
- Os pigmentos das asas das borboletas podem produzir apenas amarelo, laranja-amarelo, vermelho, preto e castanho.
- Verde, azul e violeta vem de camadas em mosaico de nanopartículas separadas por camadas de ar com características diferentes de refração da luz.





A nanotecnologia têxtil

- As nanopartículas de ouro podem-se ligar ao enxofre dos aminoácidos de cisteína do cabelo e tingir o cabelo em função da sua concentração e agregação.
- O algodão pode ser tingido de violeta em maneira uniforme com nanopartículas de ouro





Universidade do Minho
Escola de Engenharia



CENTRO DE CIÊNCIA E
TECNOLOGIA TÊXTIL

Obrigado pela sua atenção!

