



Eixo Tecnológico Produção Industrial

Nanotecnologia:
Aplicações na Indústria Têxtil

Professor Wellington M. Rangel





Objetivos:

- Introduzir a nanotecnologia e o universo "nano".
- Propriedades do mundo "nano".
- Ferramentas para enxergar o mundo "nano".
- Aplicações na indústria têxtil.
- Material direcionado para alunos de nível Técnico.

O que é nanotecnologia?

Nano = Anão (grego) = 10^{-9}m = 1 nm = 1 bilionésimo de metro.

A idéia nasceu em 1959 na palestra de Richard Feynman (vencedor do prêmio nobel de física em 1965)

Na palestra: " There's Plenty of Room at the Bottom" (Há muito espaço lá em baixo)

"Por que não escrever os 24 volumes da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete"

O termo "Nanotecnologia" foi criado em 1974 por Norio Taniguchi (Universidade de Tóquio) e foi usada para descrever a habilidade de se criar materiais na escala nanométrica.

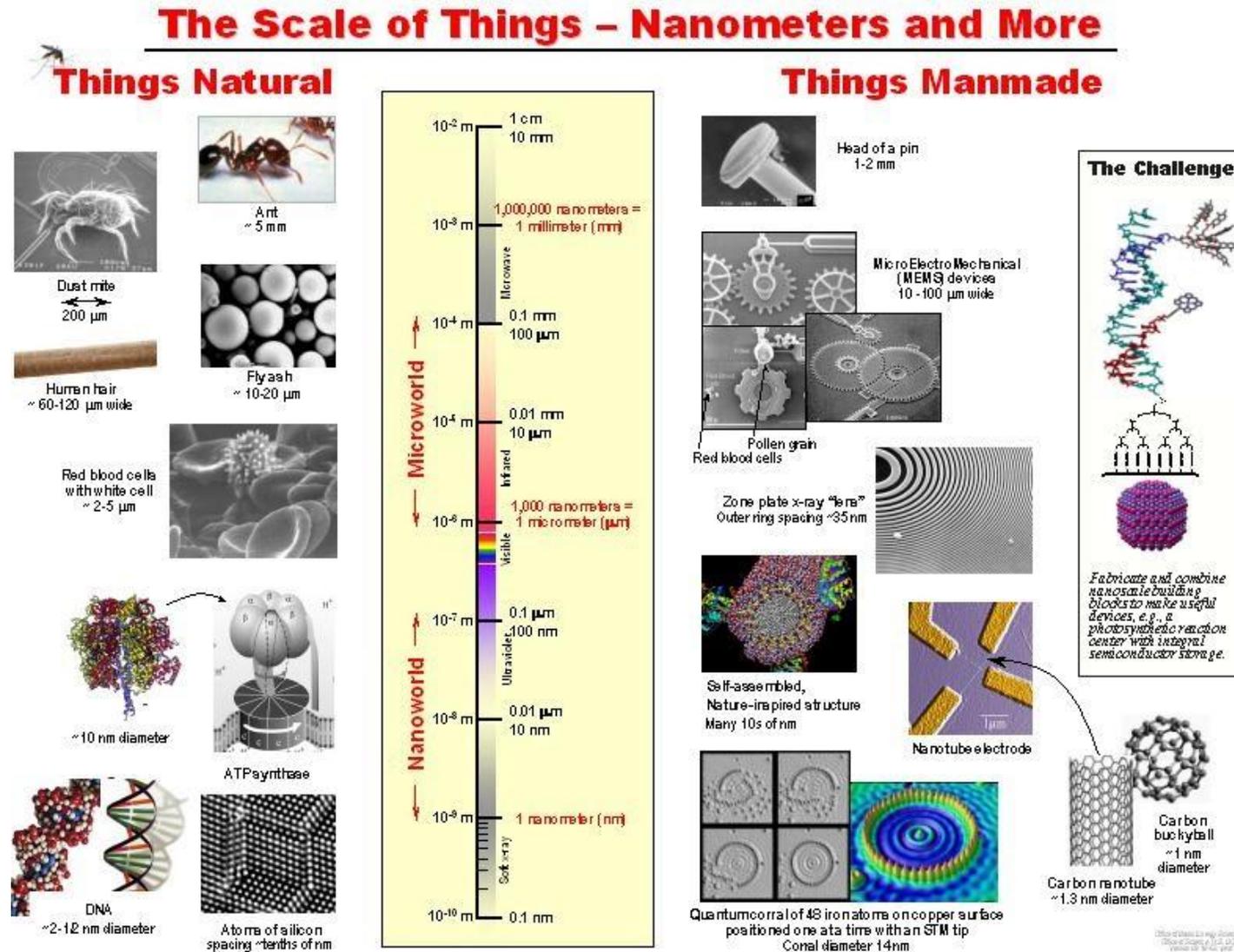
Figura 01: Primeira página do livro “A tale of two cities” em escala 1/25000.



IT WAS THE BEST OF TIMES, it was the worst of times, it was the age of wisdom, it was the age of foolishness, it was the epoch of belief, it was the epoch of incredulity, it was the season of light, it was the season of darkness, we had everything before us, we had nothing before us, we were all going direct to Heaven, we were all going direct the other way—in short, the period was so far like the present period, that some of its noisiest authorities insisted on its being received, for good or for evil, in the superlative degree of comparison only. There were a King with a large jaw and a Queen with a plain face, on the throne of England; there were a King with a large jaw and a Queen with a fair face on the throne of France. In both countries it was clearer than crystal to the Lords of the State preserves of loaves and fishes, that things in general were settled for ever. It was the year of Our Lord one thousand seven hundred and seventy-five. Spiritual revelations were conceded to England at that favoured period, as at this. Mrs Southcott had recently attained her five-and-twentieth blessed birthday, of whom a prophetic private in the Life Guards had heralded the sublime appearance by announcing that arrangements were made for the swallowing up of London and Westminster. Even the Cock-lane ghost had been laid only a round dozen of years, after rapping out its messages, as the spirits of this very year lost soul (supernaturally deficient in originality) rapped out theirs. More messages in the earthly order of events had lately come to the English Crown and People, from a congress of British subjects in America; which, strange to relate, have proved more important to the human race than any of the chickens of the Cock-lane brood. France, less favoured on the whole as to better spiritual than her sister of the shield and trident, rolled with exceeding smoothness down Hill, making paper money and spending it. Under the guidance of her Christian pastors, she entertained herself, besides, with such humane achievements as sentencing a youth to have his hands cut off, his tongue torn out with pincers, and his body burned alive, because he had not knelt down in the rain to do honour to a dirty procession of monks which passed within his view, at a distance of some fifty or sixty yards. It is likely enough that, rooted in the woods of France and Norway, there were growing trees, when the sufferer was put to death, already marked by the woodman. Fate, to come down and be seen into boxes, to make a certain movable framework with a sack and a knife in it, terrible in history. It is likely enough that in the rough out-houses of some tillers of the heavy lands adjacent to Paris, there were sheltered from the weather that very day, rude cots, bespattered with rustic mire, snuffed about by mice, and rooted in by poultry, which the Farmer, Death, had already set apart to be his tombs of the revolution. But that woodman and that Farmer, though they work unceasingly, work silently, and no one heard them as they went about with huffed trees; the rather, forasmuch as to entertain any suspicion that they were evildoers, was to be atheistical and traitorous. In England, there was scarcely an amount of order and protection to justify such national boasting. Being burglaries by armed men, and highway robberies, took place in the capital itself every night; families were...

- Em 1985, Thomas H. Newman então estudante de graduação da Stanford University escreveu a primeira página do livro “A tale of two cities” na escala 1/25000 (levou um mês na sua construção). Vencendo o desafio lançado por Feynman, 26 anos antes!

Figura 02: A escala das coisas.



Nanotecnologia

- Capacidade de controlar, manipular, juntar, produzir e manufaturar coisas em escala atômica (Feynman).
- Estudo do fenômeno e manipulação de materiais em escala atômica, molecular e macromolecular, onde as propriedades destes materiais diferem significativamente em relação à escala normal.
- Região de interesse 0,2 – 100 nanômetros (nm).
- Tamanho de um átomo: 0,03 a 0,27 nm.
 - Lembre-se, tudo que conhecemos é feito de átomos.
 - Uma caneta, uma pedra, um gato e até mesmo você são formados por átomos.

Nanotecnologia

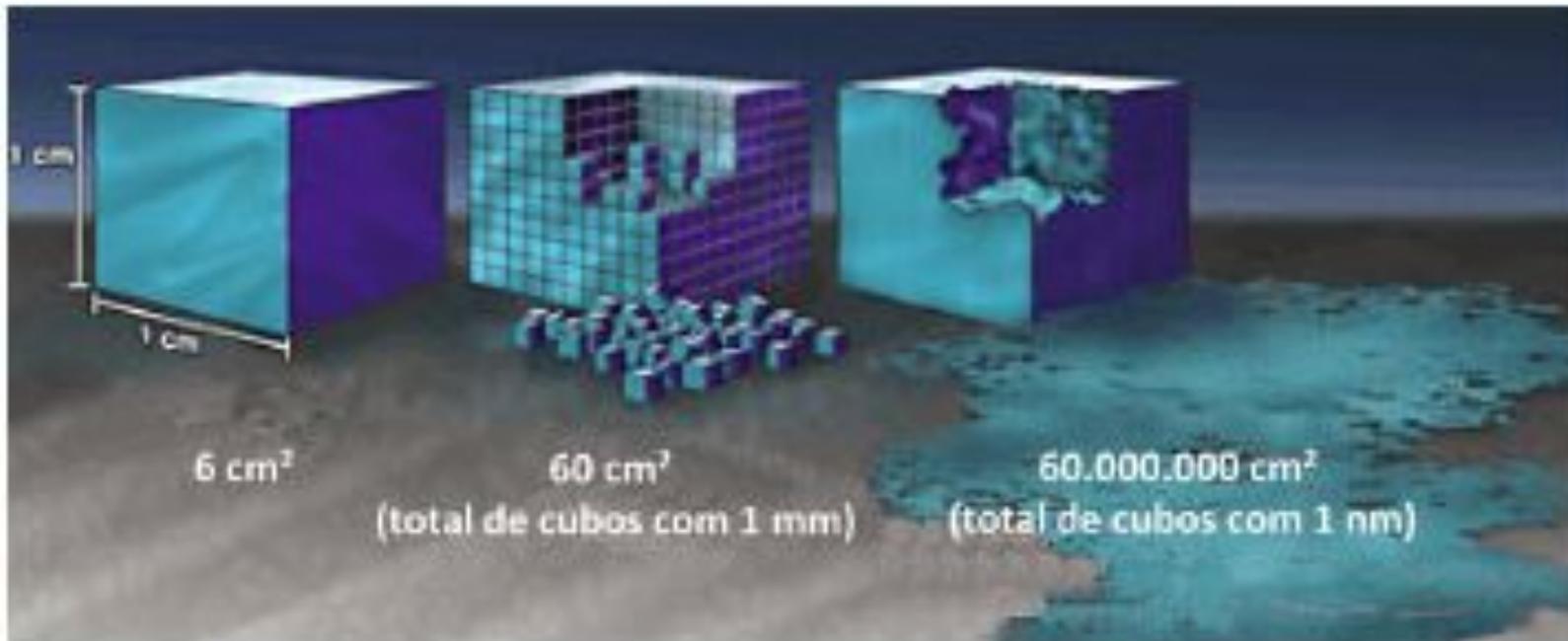
- Na nanotecnologia precisamos de técnicas para visualizar e manipular átomos e moléculas individualmente.
- Desde os primeiros seres humanos, sempre fizemos as 'coisas' a partir de materiais 'grandes' (madeira, pedras, minerais)
 - Grande consumo de energia e poluição
- Agora queremos começar a partir de pequenas coisas (átomos e moléculas) para obter novos materiais, dispositivos e até mesmo máquinas.
 - Precisão absoluta (apenas um átomo), controle de processo (sem resíduos?) e menor desperdício de energia

Por que o mundo nano é diferente?

- Efeitos quânticos
 - No final da escala nano (~ 1 nm), o espaço disponível para os elétrons é restrito.
 - Gerando propriedades elétricas, ópticas e magnéticas diferentes das observadas na macro escala.
- Efeitos de superfície
 - Em partículas pequenas, a razão entre a área superficial e seu volume é muito grande.
 - Predominam os efeitos de superfície e grande aumento de reatividade.

Área de superfície / volume

Figura 03: Evolução da área superficial com a redução de tamanho da partícula.



Fonte: Martins e Trindade, 2012.

Em um cubo com 10 cm:

$$A = 6 \times (10 \times 10) = 600 \text{ cm}^2$$

$$V = (10 \times 10 \times 10) = 1000 \text{ cm}^3$$

$$\frac{A}{V} = \frac{600 \text{ cm}^2}{1000 \text{ cm}^3} = 0,6 \text{ cm}^{-1}$$

Em um cubo com 1 cm:

$$\frac{A}{V} = \frac{6 \text{ cm}^2}{1 \text{ cm}^3} = 6,0 \text{ cm}^{-1}$$

Em um cubo com 1 nm:

$$\frac{A}{V} = 60.000.000 \text{ cm}^{-1}$$

▶ Outro exemplo

- Uma esfera de aço de 1 kg, possui um raio de 31mm e área da superfície de $0,012 \text{ m}^2$.
- A mesma quantidade de ferro pode ser dividida em 30 mil esferas de 1mm, e sua área superficial será de $0,38 \text{ m}^2$.
- Dividindo em esferas de raio de $1 \mu\text{m}$, precisamos 30 mil bilhões de esferas, cuja superfície total será de 380 m^2 .
- Se conseguirmos obter partículas de 1 nm, teremos 30 mil bilhões de bilhões de esferas, com uma superfície de 380.000 m^2 .

Ferramentas

Precisamos de instrumentos para visualizar e manipular o mundo nano.

- Microscópio eletrônico de varredura (MEV ou SEM).
- Ampliação até 1.000.000x (sistemas óticos 2.000x no máximo).
- Utiliza um feixe de elétrons no lugar de um feixe de luz.

Figura 04: Microscópio eletrônico de varredura (MEV).



Fonte: dpunion.com.br

- Microscópio eletrônico de transmissão (TEM)
- Neste, um feixe de elétrons é bombardeado na superfície de uma amostra muito fina. Desenvolvido em 1931 (1939), mas átomos leves (carbono) só foram visualizado em 2008.
- Pode chegar a uma resolução de 0,2 nm. Permitindo observar o arranjo dos átomos em um material.
- Utilizado para pesquisar a estrutura cristalina e composição química de amostras.
- Preparação de amostras é bastante complexa.
- (TEM) = Transmission electron microscope

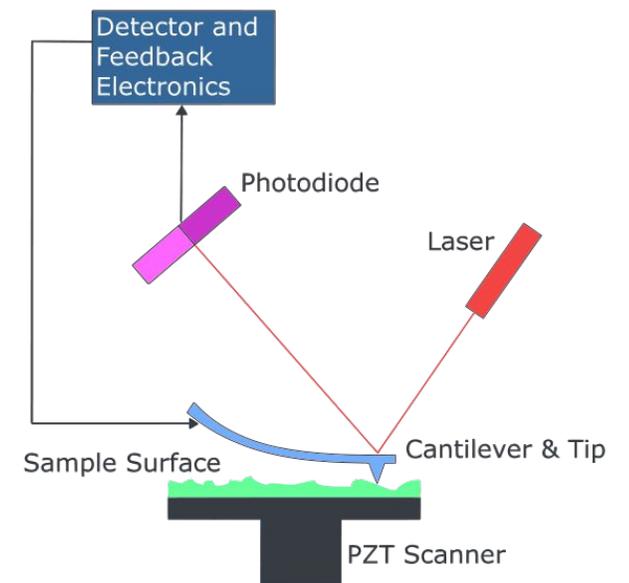
Figura 05: Microscópio eletrônico de transmissão (MET).



Fonte: dpunion.com.br

- Atomic Force microscope (AFM)
- Foi lançado comercialmente em 1989.
- O princípio de funcionamento consiste em uma sonda muito fina da ordem de nanômetros. Que pode atuar em contato, ou muito próxima de uma amostra.
- Forças de van der Waals, ou demais forças de contato fazem a agulha ser puxada ou repelida pela superfície da amostra e esta deflexão é medida por um raio laser.
- Pode analisar amostras no ar ou mesmo dentro de líquidos. E não exige revestimento condutor na amostra.

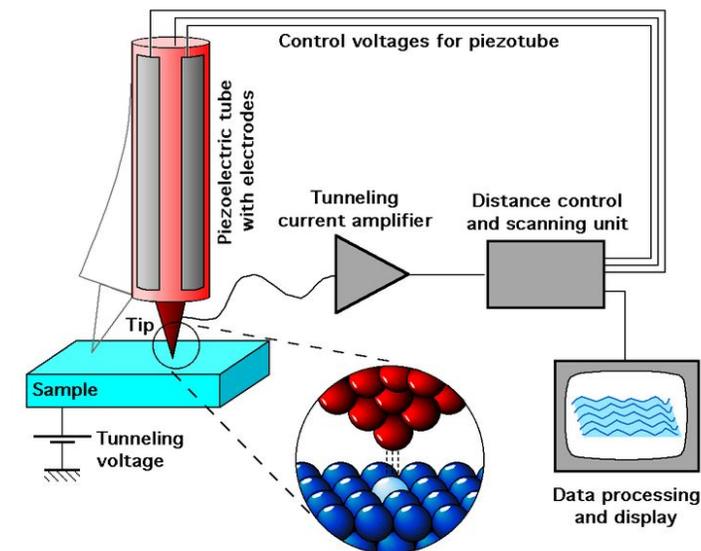
Figura 06: Microscópio de força atômica (AFM).



Fonte: en.wikipedia.org

- Microscópio de tunelamento eletrônico (STM)
- Scanning tunneling microscope (STM).
- Inventado por Binnig e Rohrer em 1981.
- Ganharam o prêmio Nobel de Física em 1986 por sua invenção.
- Uma sonda acoplada em um cristal piezo elétrico passa a cerca de 1 nm da amostra. Dependendo da posição dos átomos existe a passagem de uma corrente elétrica (tunelamento).
- Funcionamento semelhante ao AFM, mas as amostras precisam ser condutoras.

Figura 07: Microscópio de tunelamento eletrônico.



Fonte: en.wikipedia.org

E na área têxtil...

Novas (nano) fibras e fios

- Desenvolvimento de nano fibras, com parede simples ou múltipla, como nanotubos de carbono.
- Produção de nano fibras pelo processo 'electrospinning'.
- Melhoria das propriedades mecânicas, químicas e funcionais de fibras e fios.

Melhores acabamentos

- Ampliação de propriedades superficiais: absorção de água, repelência de óleo e água, tingibilidade.
- Melhoria das propriedades funcionais no acabamento químico e coatings.

Um pouco de ciência dos materiais

Tabela 01: Propriedades mecânicas de materiais comuns.

Material	Resistência à tração (Gpa)	Módulo de Young (Gpa)	Densidade (g/cm ³)
Madeira	0,008	16	0,6
Borracha	0,025	0,05	0,9
Aço	0,4	208	7,8
Diamante	1,2	1140	3,52

Fonte: Booker e Boysen, 2005

Um pouco de ciência dos materiais

Tabela 02: Comparação entre materiais comuns e fibras têxteis.

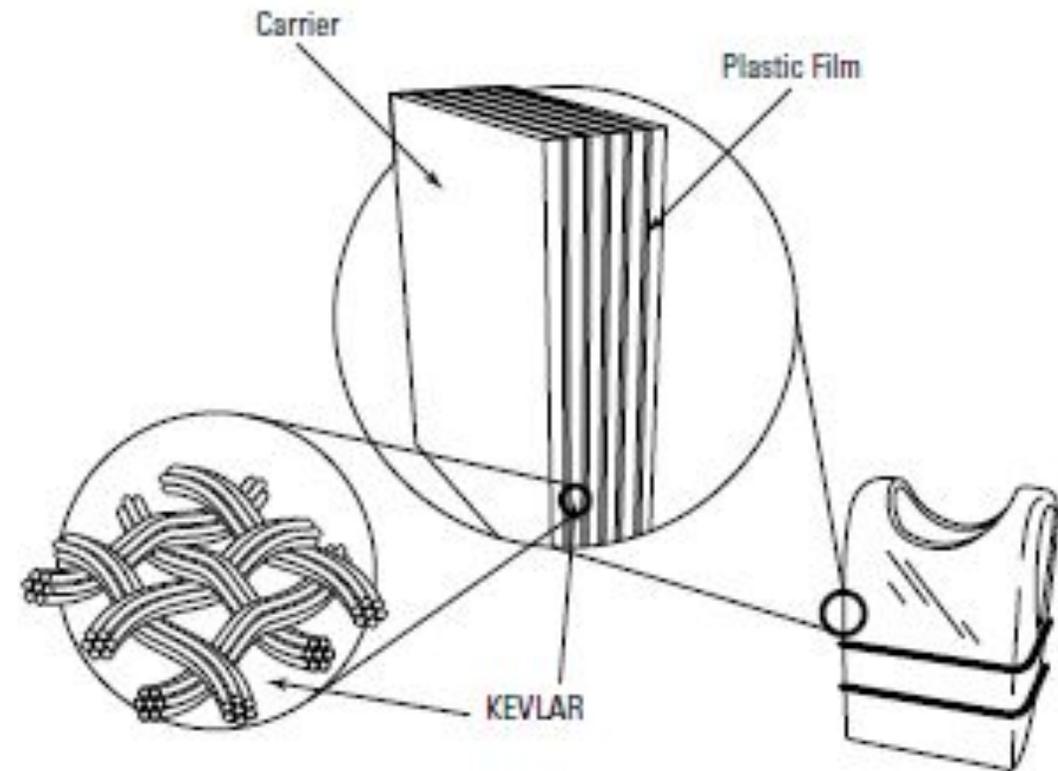
Material	Resistência à tração (Gpa)	Módulo de Young (Gpa)	Densidade (g/cm ³)
Madeira	0,008	16	0,6
Borracha	0,025	0,05	0,9
Aço	0,4	208	7,8
Diamante	1,2	1140	3,52
Teia de aranha	1,34	281	1,3
Kevlar	2,27	124	1,44
Fibra de carbono	2,4	230	2
Fibra de vidro	2,53	87	2,5

Fonte: Booker e Boysen, 2005

Colete a prova de balas

- Feito de kevlar;
- Alta resistência a tração;
- Alta resistência térmica.

Figura 08: Seção transversal de um colete à prova de balas.



Fonte: Booker e Boysen, 2005

Um pouco de ciência dos materiais

Tabela 03: Nanotubos de carbono em comparação com materiais diversos.

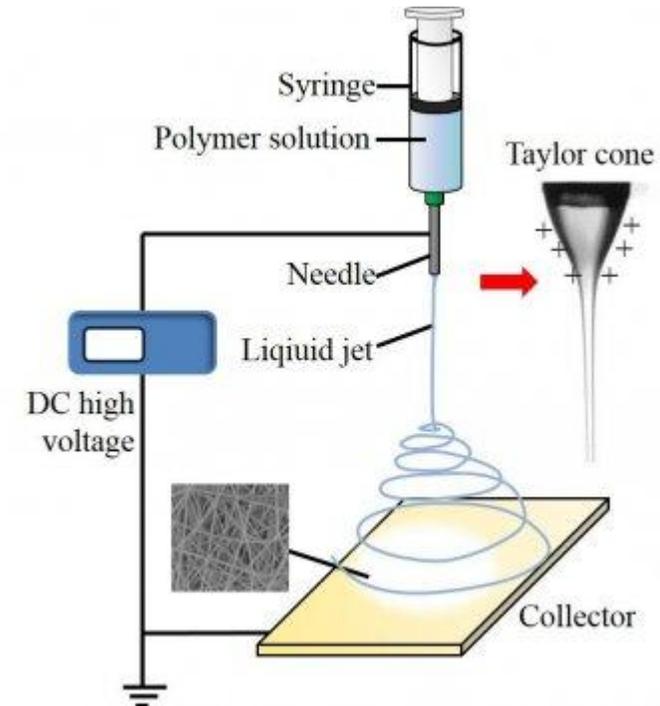
Material	Resistência à tração (Gpa)	Módulo de Young (Gpa)	Densidade (g/cm ³)
Madeira	0,008	16	0,6
Borracha	0,025	0,05	0,9
Aço	0,4	208	7,8
Diamante	1,2	1140	3,52
Teia de aranha	1,34	281	1,3
Kevlar	2,27	124	1,44
Fibra de carbono	2,4	230	2
Fibra de vidro	2,53	87	2,5
Nanotubo de carbono	200	1000	2

Fonte: Booker e Boysen, 2005.

ElectroSpinning

- A fiação eletrostática é capaz de formar fibras com até 2 nm de diâmetro.
- A técnica é antiga e foi patenteada em 1934. Mas despertou grande interesse nos últimos anos.
- A formação das fibras acontece em um campo elétrico de 10 kV (pode chegar a mais de 50 kV).
- Forma não tecidos que possuem diversas aplicações (catálise, engenharia de tecidos, filtração, etc.)

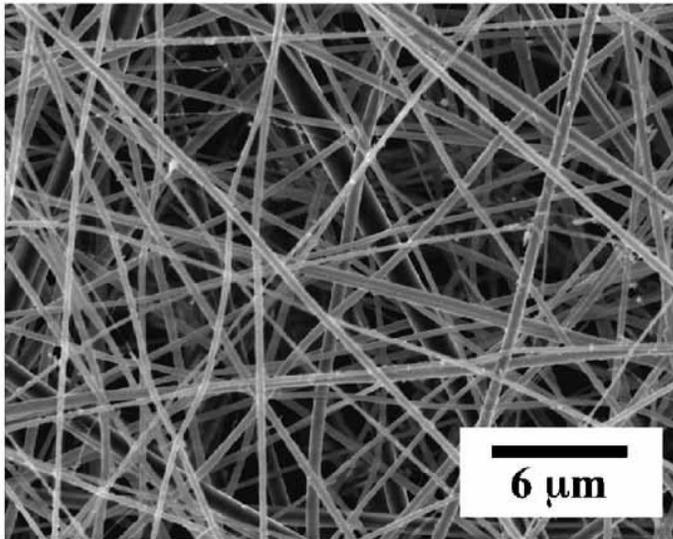
Figura 09: Processo de eletrofiação.



Fonte: www.weistron.com/

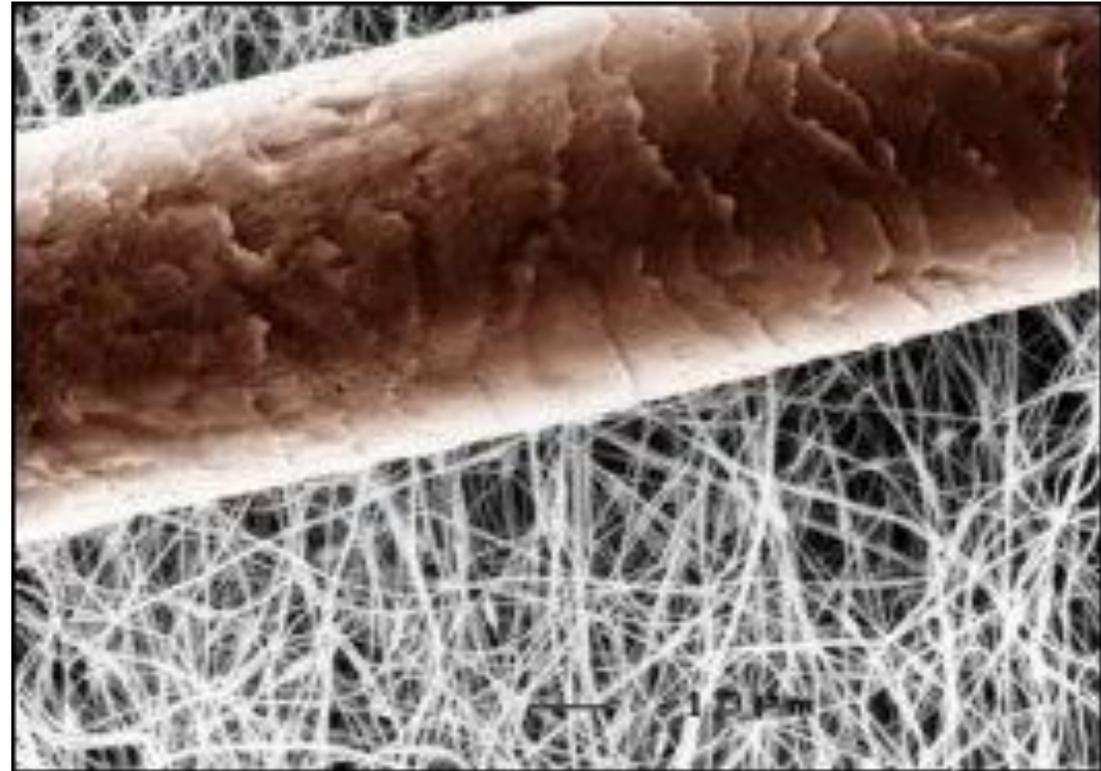
ElectroSpinning

Figura 10: Eletrofiação de quitosana.



Fonte: Ohkawa et al., 2004.

Figura 11: Nano fibras em comparação com um cabelo humano.

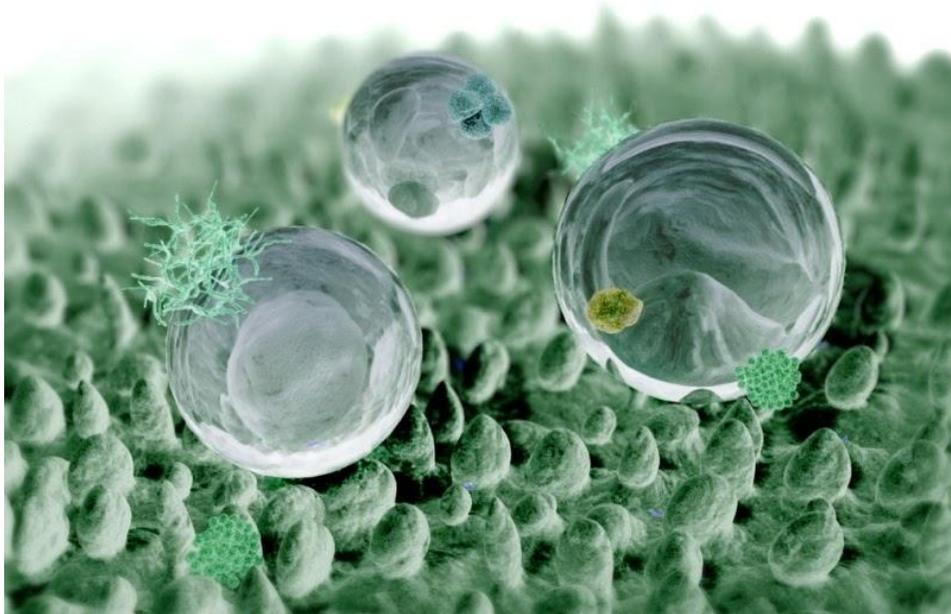


Fonte: Chen et al., 2007.

O efeito 'Lótus'

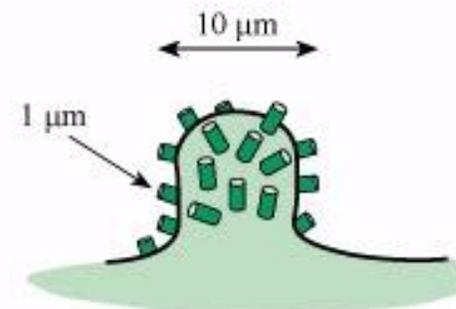
- As folhas de lótus são consideradas um símbolo de pureza em muitas culturas.
- Quando chove, as gotas de água rolam para fora da folha, levando com elas as sujeiras e deixando as folhas sempre limpas.
- Este fenômeno é elucidado no microscópio eletrônico, que mostra a rugosidade característica destas folhas.
- Este efeito tem estimulado a pesquisa por superfícies auto limpantes.
- Existem acabamentos que tornam os tecidos hidrofóbicos, o desafio é criar o material nanoestruturado.

Figura 12: Origem do efeito lótus.



Fonte: en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect

Figura 13: Microfotografia da folha de lótus.



Fonte: Cheng e Rodak, 2005

Empresa: Nanotex

Empresa de nanotecnologia em têxteis.

- Apresenta tecidos de diversas fibras com efeitos como:
 - Repelência à água;
 - Repelência à sujeiras;
 - Secagem rápida;
 - Gestão da umidade;
 - Controle de odor;
 - Resistência à eletricidade estática;
- Anti amarrotamento.
- Alguns destes efeitos podem ser realizados através de acabamento químico comum, mas a empresa faz a montagem de estruturas de 1 a 100nm nos tecidos, para criar novas propriedades funcionais.

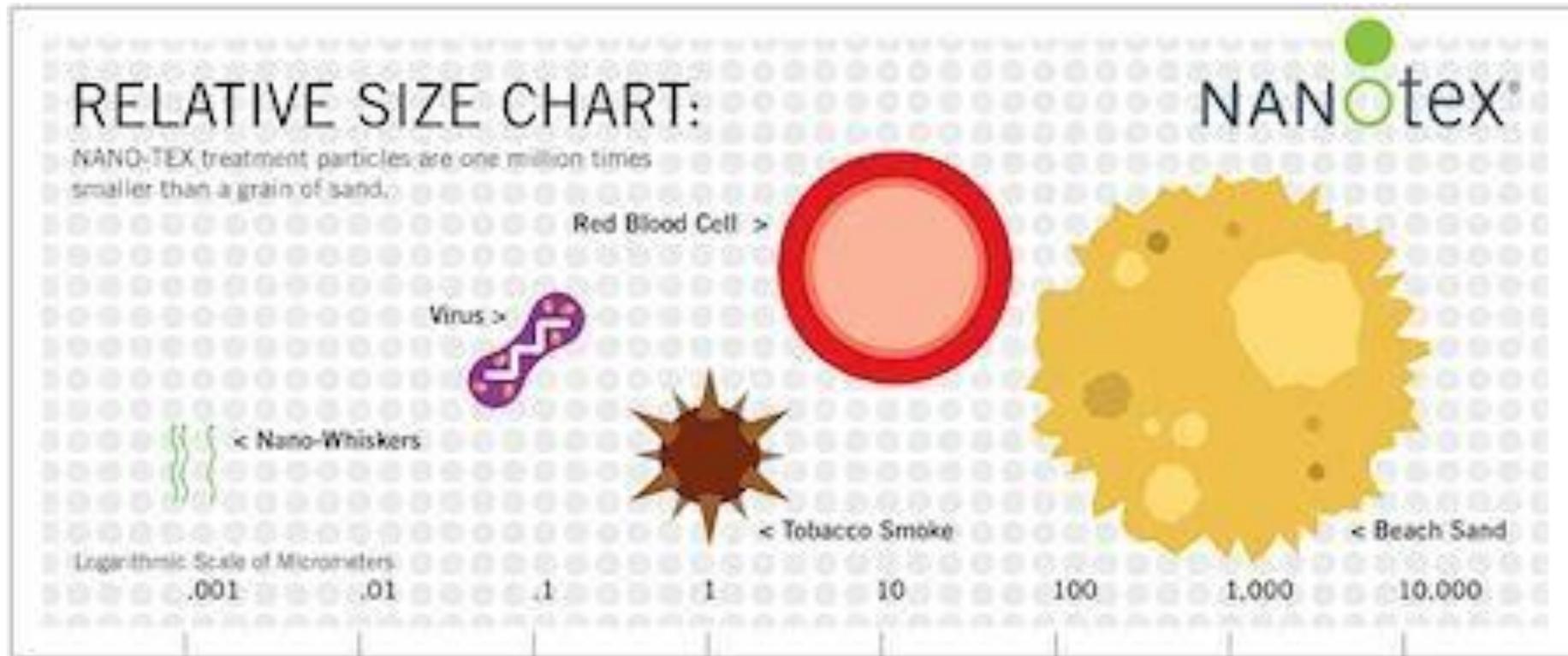
Empresa: Nanotex - histórico

Figura 14: Evolução da empresa Nanotex.

1998	Criação da tecnologia.
1999	Primeira patente e comercialização.
2000	Primeiro produto (resistente a manchas) foi lançado.
2001	Entrada no mercado de varejo.
2004	Atinge a marca de 20 milhões de peças com aplicação da tecnologia Nano-Tex, anualmente.
2005	Entrada no mercado de têxteis para cama e mesa.
2006	Nano-tex se estabelece no mercado de cama e mesa.
2008	Portfólio de produtos aumenta para oito tecidos inovadores.

Fonte: adaptado de www.nanotex.com

Figura 15: Tamanho relativo das estruturas implantadas nos tecidos da Nanotex.



Fonte: www.nanotex.com

Exemplo brasileiro

- Nanox, criada no Instituto de Química de Araraquara (UNESP).
- Empresa brasileira que produz tecidos antimicrobianos, com tecnologia baseada em nanopartículas de prata.
- Pode ser aplicado como aditivo (resinas, tintas e vernizes), spray ou imersão (dip-coating).

<http://www.nanoxclean.com.br>

Referências

- BOOKER, R.; BOYSEN, E. **Nanotechnology for dummies**. Wiley: New Jersey, 2005.
- CHEN, J. et al. Manufacturing at the nanoscale. Report of the National Nanotechnology Initiative Workshops, United States of America, 2007.
- CHENG, Y-T.; RODAK, D. Is the lotus leaf superhydrophobic? **Applied Physics Letters**, v. 86, 2005.
- CHOUHDURY, A. K. R. **Principles of Textile Finishing**. Woodhead Publishing, 2017.
- HEYWOOD, D. **Textile Finishing**. Society of Dyers and Colourists, 2003.
- MARTINS, M. A.; TRINDADE, T. Os nanomateriais e a descoberta de novos mundos na bancada do químico. **Química Nova**, v. 35, n. 7, 2012.
- OHKAWA et. al. Electrospinning of Chitosan. **Macromolecular Rapid Communications**, v. 25, n. 18, p. 1600-1605, 2004.
- SCHINDLER, W. D.; HAUSER, P. J. Chemical finishing of textiles. Woodhead Publishing, 2004.
- VIGO, T. L.. Textile processing and properties: preparation, dyeing, finishing and performance. Elsevier, 2002.

Referências

Outros sites pesquisados:

- ▶ dpunion.com.br
- ▶ www.nanowerk.com/nanotechnology-news/newsid=45143.php
- ▶ orau.org/ihos/tech-topics/nanotechnology-scale.html
- ▶ en.wikipedia.org
- ▶ en.wikipedia.org/wiki/Lotus_effect