



Materiais nanoestruturados. Desenvolvimento e aplicações nos revestimentos de proteção anticorrosiva

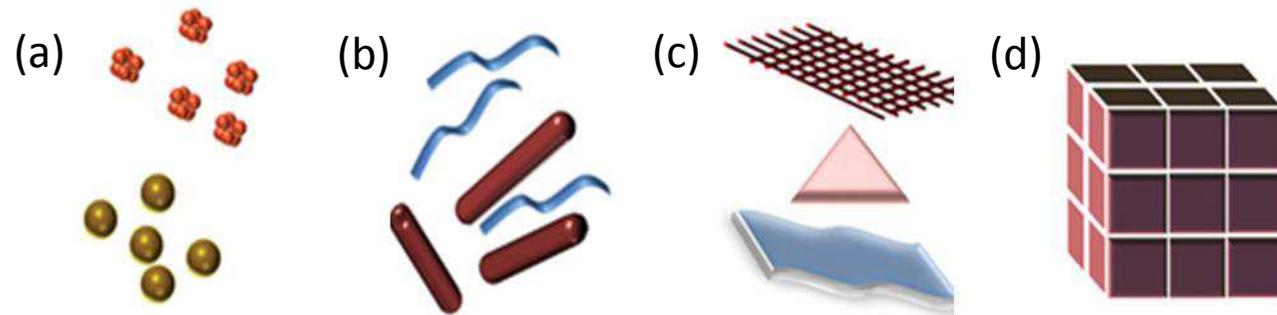
Rute Fontinha e Manuela Salta



Departamento de Materiais
Núcleo de Materiais Metálicos

Materiais nanoestruturados – o que são ?

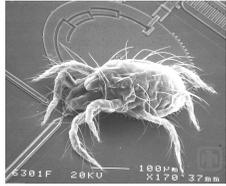
- Não existe uma definição universal
- (SCENIHR) - materiais que contêm estruturas internas ou externas com uma ou mais dimensões na escala de 1 nm a 100 nm



➔ Tipos de materiais nanoestruturados: (a) 3D<100 nm – partículas e “clusters”; (b) 2D<100 nm - nanofibras, fios e nanotubos; (c) 1D<100 nm filmes, revestimentos, redes; (d) “0”D – outros nanomateriais.

A escala dos materiais

naturais



ácaro
200 μm

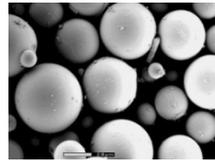


cabelo humano
~ 60-120 μm (diâmetro)

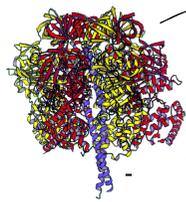
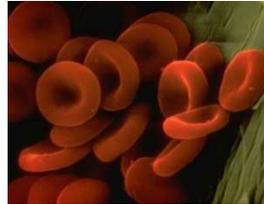
glóbulos vermelhos
(~7-8 μm)



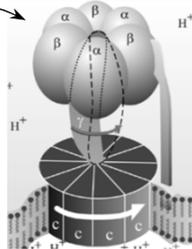
formiga
~ 5 mm



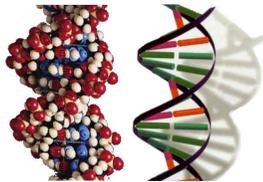
Cinza volante
~ 10-20 μm



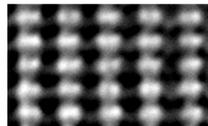
~10 nm de diâmetro



ATP sintase



DNA
~2-1/2 nm de diâmetro

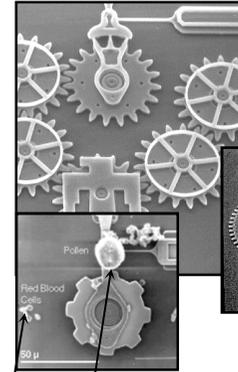


átomos de silício
Espaçamento: 0.078 nm

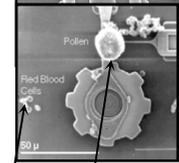
artificiais



cabeça de um prego
1-2 mm

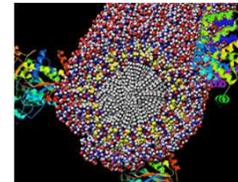


dispositivos
Microelectromecânicos
(MEMS)
largura : 10 -100 μm

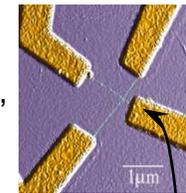


grão de pólen

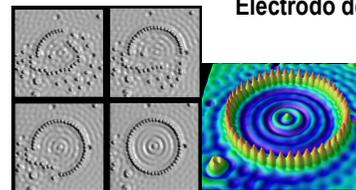
glóbulos
vermelhos



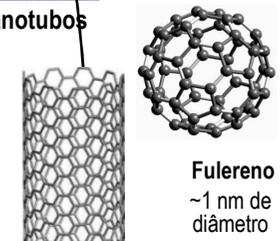
Estrutura "Self-assembled"
Várias dezenas de nm



Eléctrodo de nanotubos

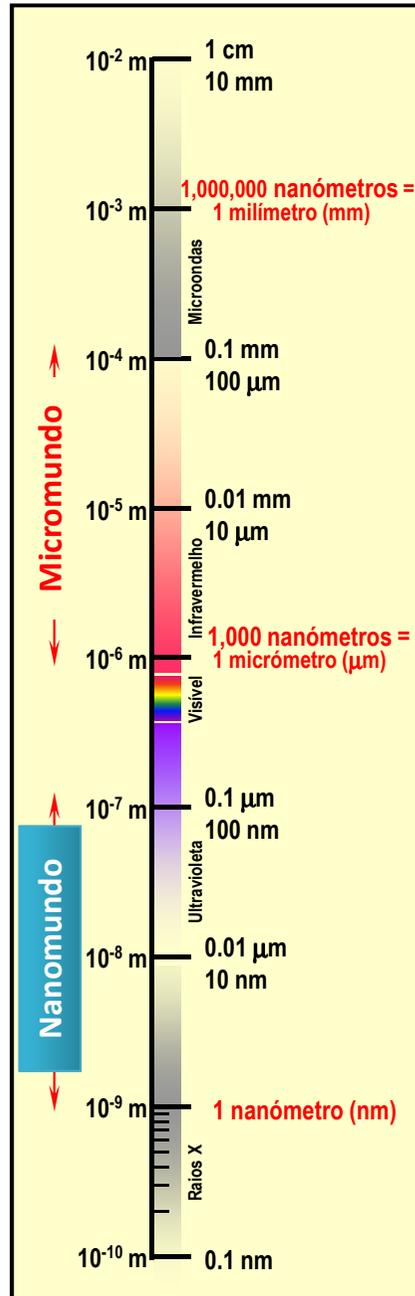


"48 átomos de ferro numa superfície de
cobre diâmetro: 14 nm



Nanotubo de carbono
~1.3 nm de diâmetro

Fulereo
~1 nm de
diâmetro



Alguns produtos da construção podem ser considerados ou constituídos por materiais nanoestruturados :



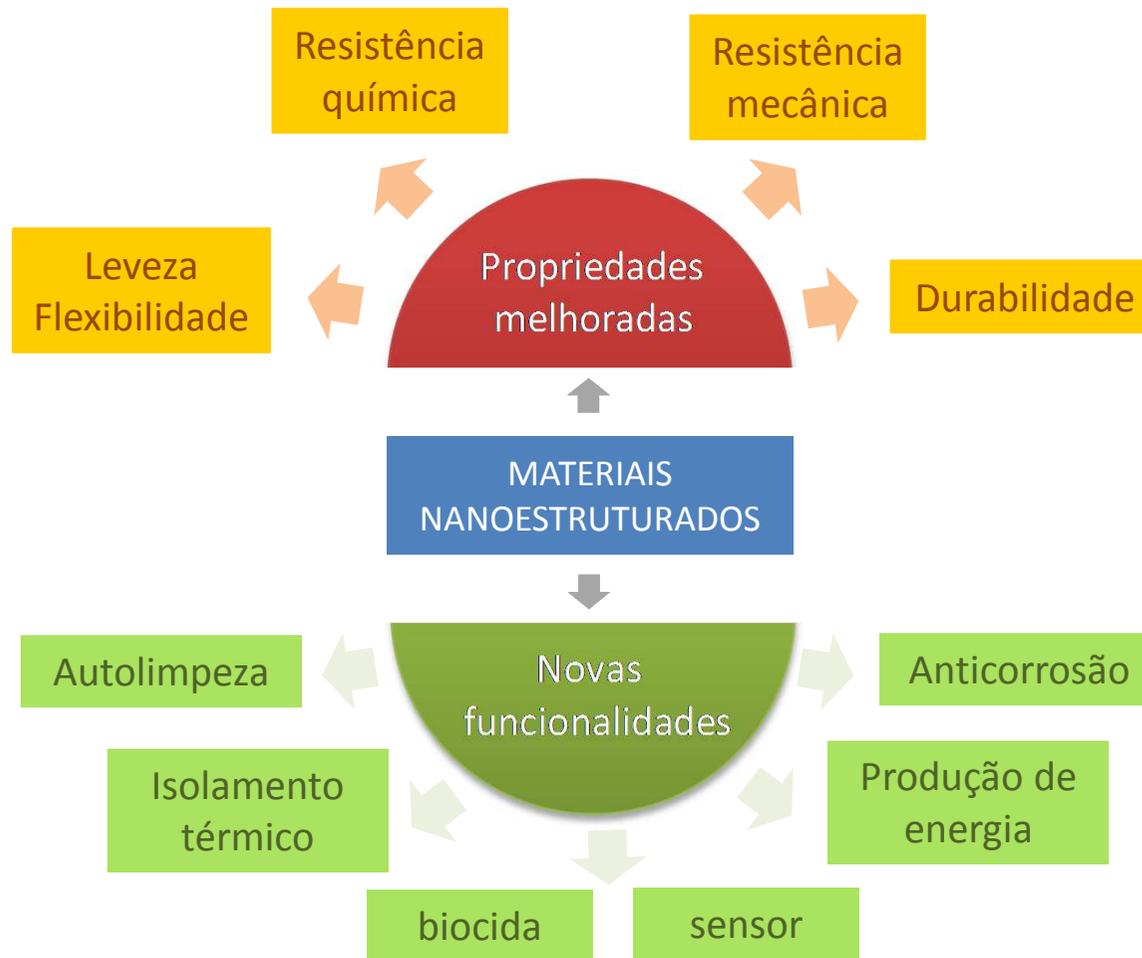
Alumínio anodizado



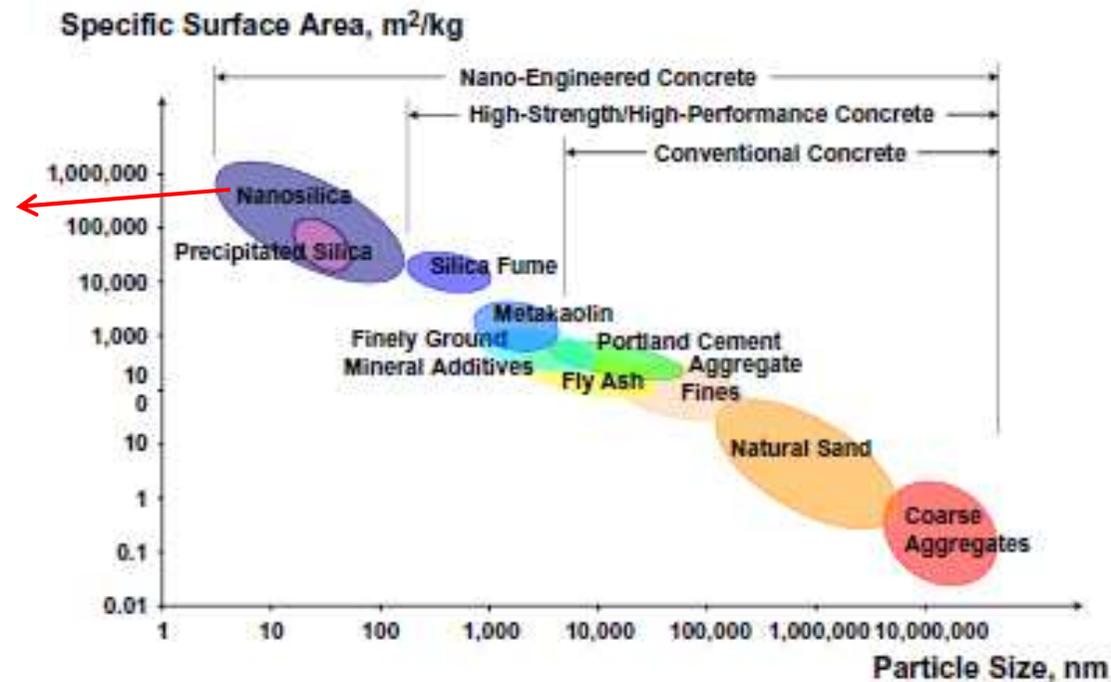
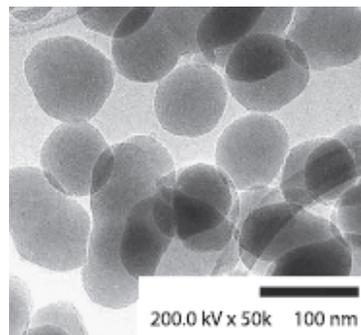
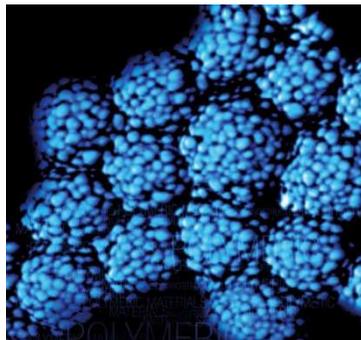
Betão



Aplicação de materiais nanoestruturados na construção



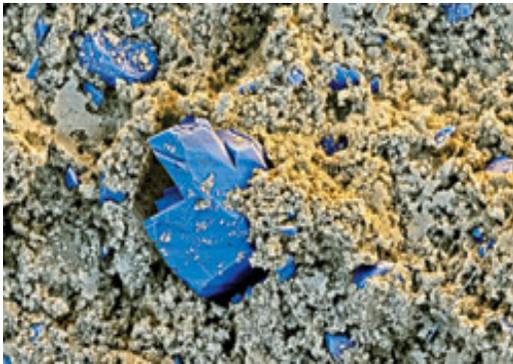
Adição de nanomateriais ao betão → nano-SiO₂



- Função:**
- melhoria da resistência e trabalhabilidade
 - aumenta a resistência à penetração de água e lixiviação de Ca
 - microestrutura promove as reações pozolânicas e de hidratação

Adição de nanomateriais ao betão (ação à nanoescala)

→ Nano-cristais



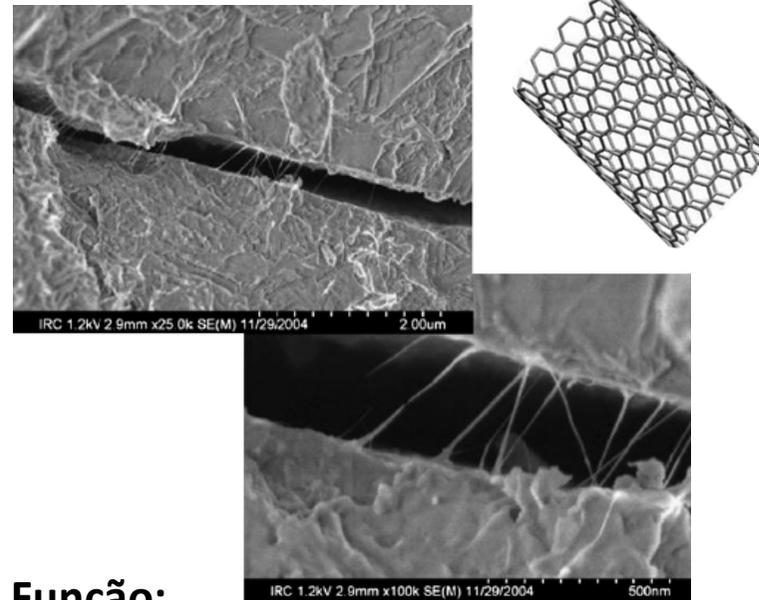
BASF – X-SEED

Nano cristais que aceleram o processo de endurecimento do betão

Função:

- aumento da resistência à compressão mais rápido
- redução consumo energético e de emissões de carbono

→ Nanotubos de C



Função:

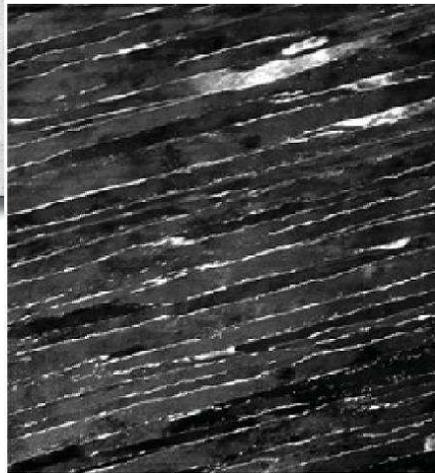
- aumento da resistência mecânica geral e da resistência à fissuração

futuro

Aço com microestrutura modificada (ação à nanoescala)



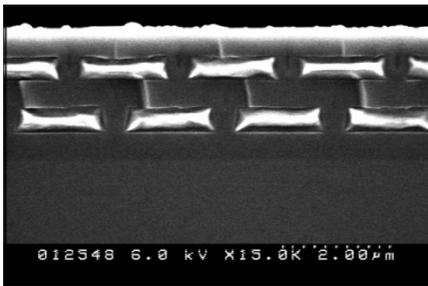
Microestrutura
lamelar
minimiza efeitos
microgalvânicos



Função:

- aumento da resistência à mecânica, ductilidade e rigidez
- aumento resistência à corrosão

Adição de nanomateriais ao betão → nanofibras ópticas



A
transmissão
de luz é
maior na
direção em
que as fibras
estão
alinhasadas



Função:

- tornar o betão transluzente



© Italcementi
*World Expo
Shanghai, China,
Pavilhão Italiano*

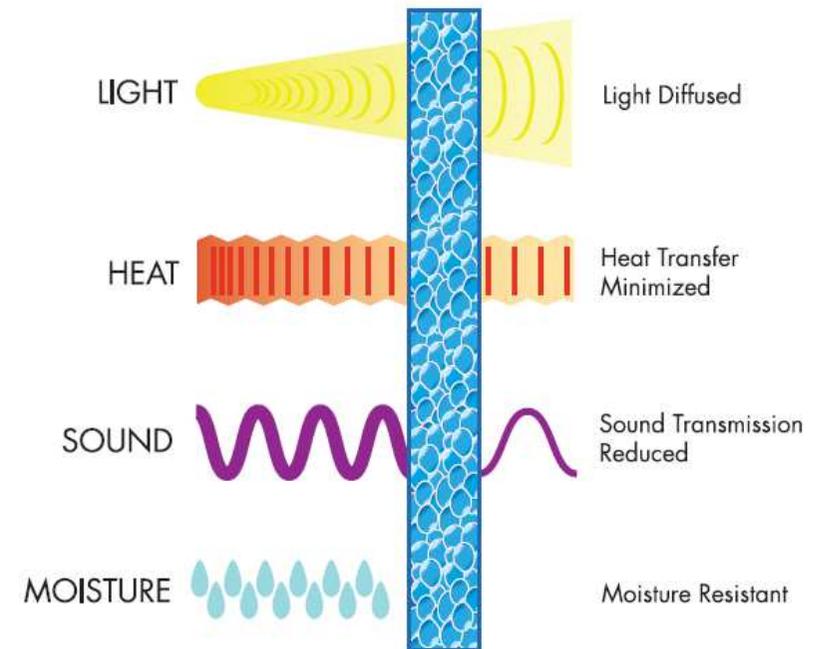


→ Nanomaterial como produto da construção

- leveza
- isolamento térmico e acústico
- iluminação

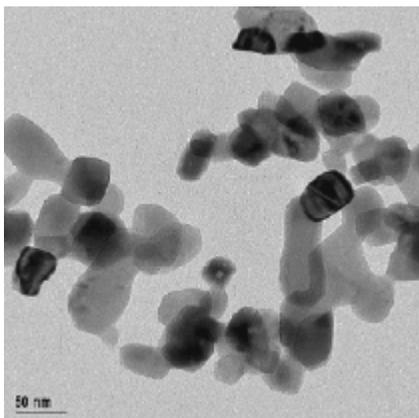


Aerogel de sílica



Nanoporous Structure ≈ 20 nm pores $\approx 95\%$ air
Lumira™ Aerogel

Adição de nanomateriais ao betão → nano-TiO₂



TiO₂ anatase



Ação fotocatalítica

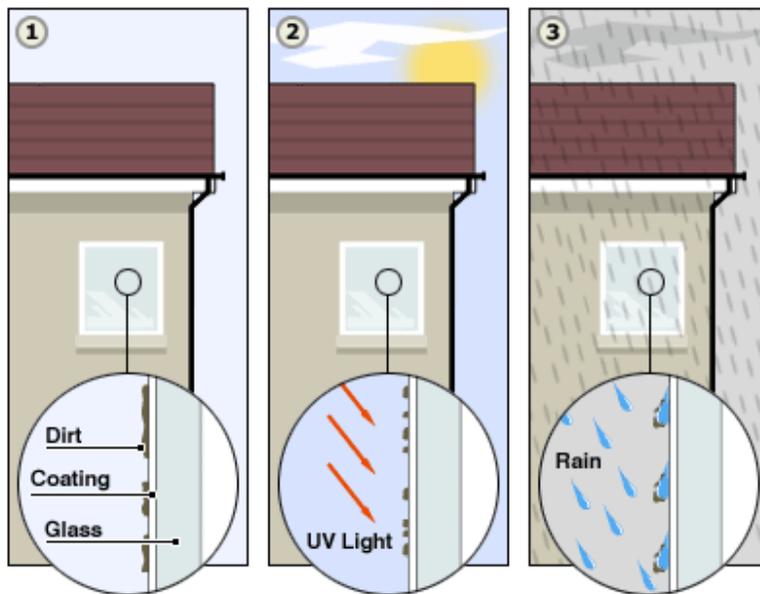
- Função:**
- auto-limpeza
 - promove a degradação de poluentes atmosféricos (NO_x, CO, SO_x)
 - melhoria de resistência à compressão e à abrasão



*Igreja da Divina Misericórdia (Roma)
Paredes brancas, limpas por muito tempo*

Revestimentos nanoestruturados contendo nano-TiO₂

- vidros



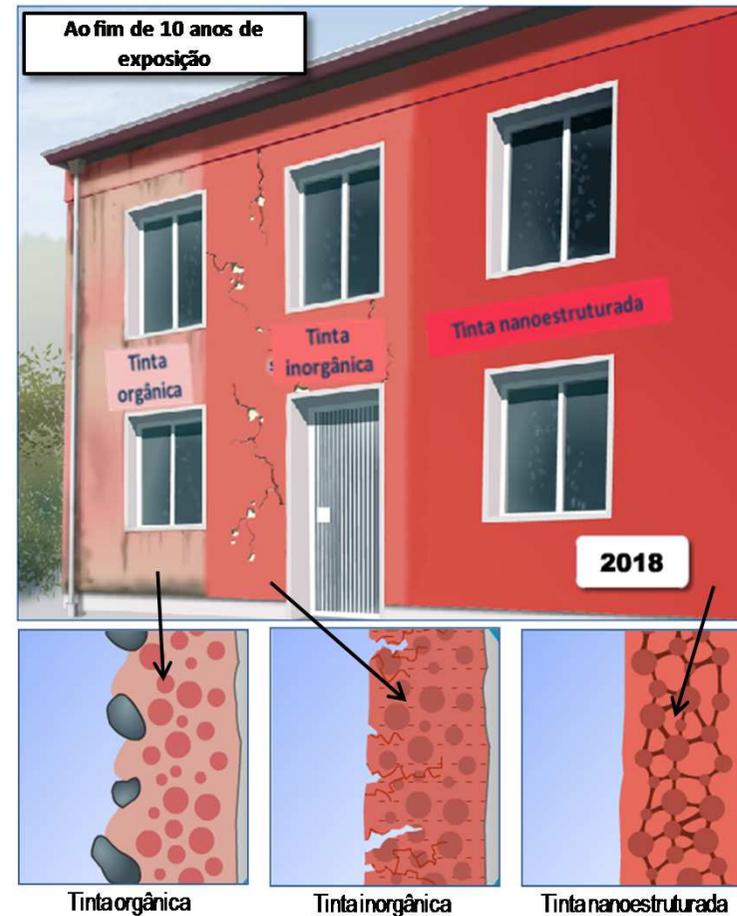
- Função:**
- auto-limpeza
 - anti-embaciamento

Revestimentos nanoestruturados híbridos contendo nano-SiO₂

- fachadas de edifícios

Função:

- auto-limpeza
- anti-envelhecimento:
 - menor retenção de poeiras
 - resistência ao enfarinhamento
 - resistência à fissuração
 - melhor retenção de cor



Revestimentos nanoestruturados proteção anticorrosiva (metais)



em desenvolvimento



Substituição dos pré-tratamentos à base de cromo (VI)

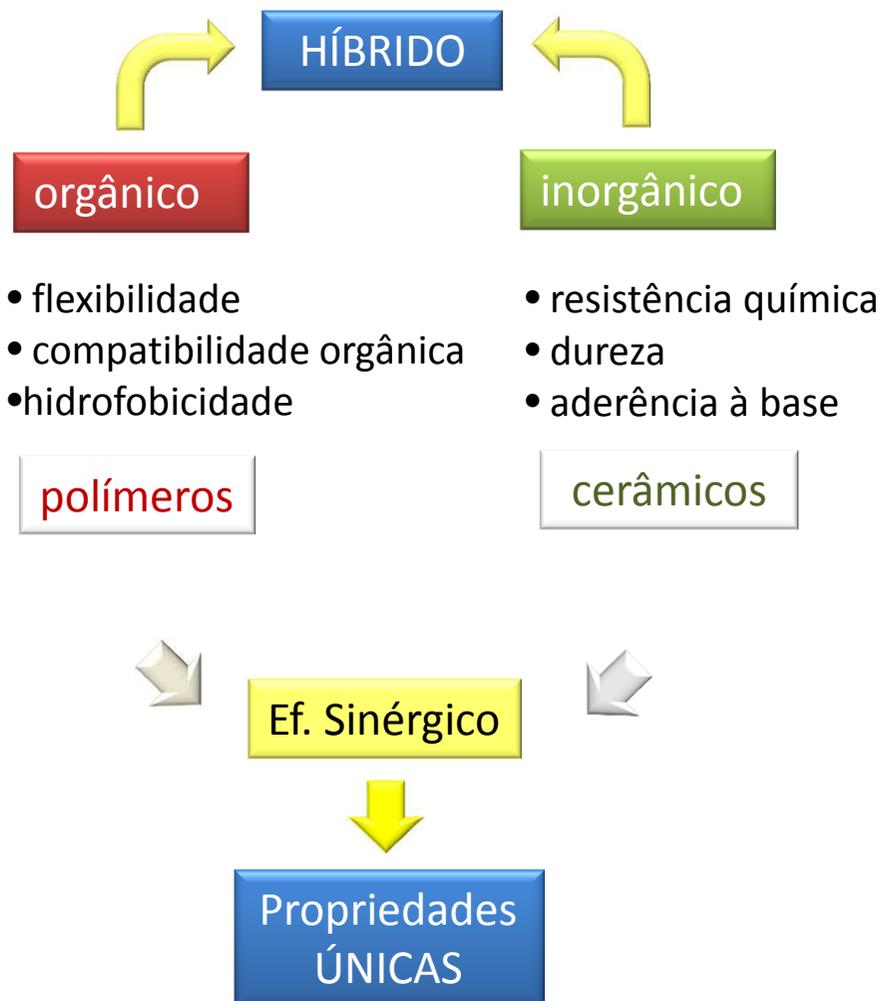
- *Elevada toxicidade ambiental*



Sistemas integrados de revestimento multifuncionais

- *Dispensa pré-tratamento*
- *Mais amigos do ambiente*

Revestimentos híbridos nanoestruturados → + promissores



- reduzida espessura
- resistência química
- ação anticorrosiva – barreira

Existem algumas aplicações comerciais:



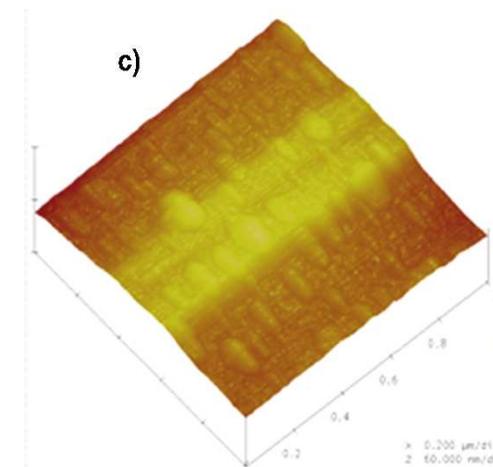
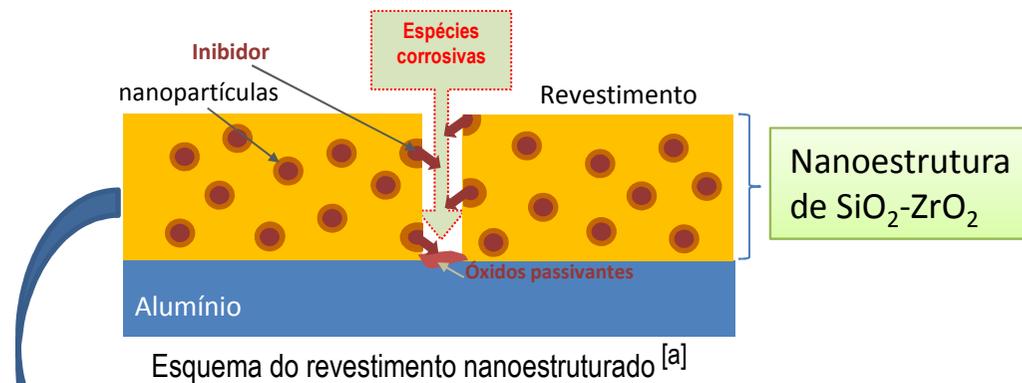
Revestimentos híbridos nanoestruturados → Estudos LNEC

• Ligas de alumínio



Função:

- promotor aderência (s/ Cr)
- ação anticorrosiva (barreira+ativa)



Incorporação de inibidores de corrosão em nanopartículas formadas *in situ*

Ação anticorrosiva ativa

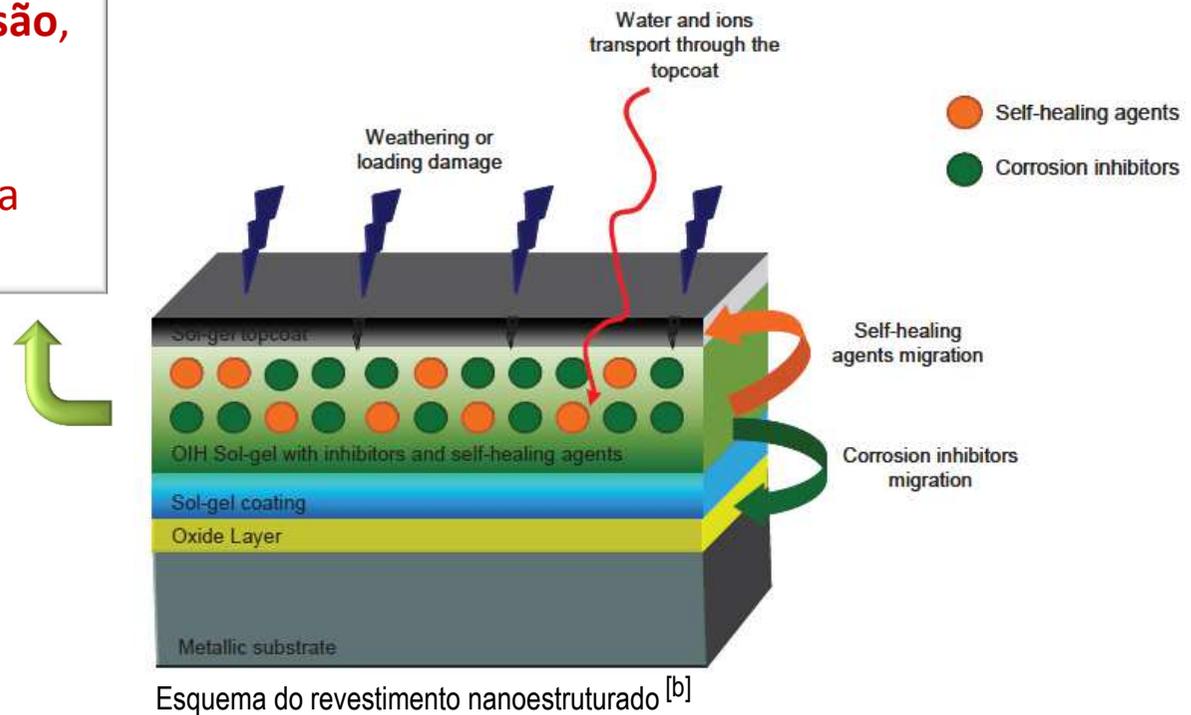
Revestimentos híbridos nanoestruturados → Estudos LNEC

• Aço e aço galvanizado

Para além da introdução de **inibidores de corrosão**, são incorporados no revestimento híbrido **agentes reparadores da matriz deste**

Função:

- auto-reparadora “self-healing”
- ação anticorrosiva (barreira+ativa)
- maior durabilidade

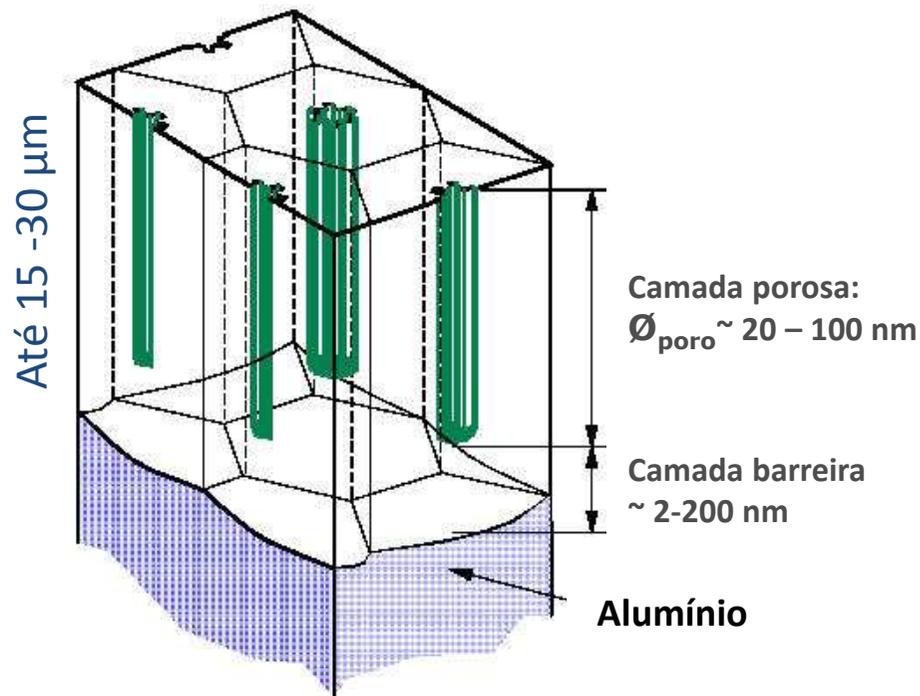


[b] Rita Figueira - Tese doutoramento (em curso)

Revestimentos híbridos nanoestruturados → Estudos LNEC



O revestimento de oxidação anódica do alumínio anodizado é constituído por uma estrutura nanoporosa



Estrutura do revestimento
anódico

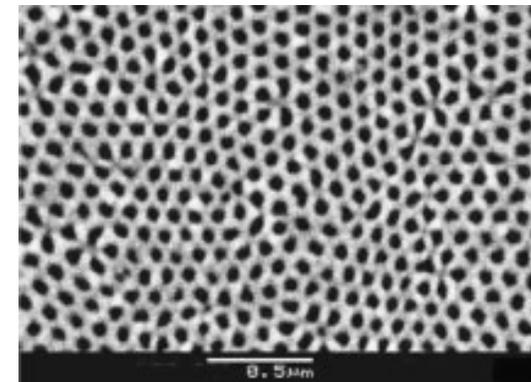
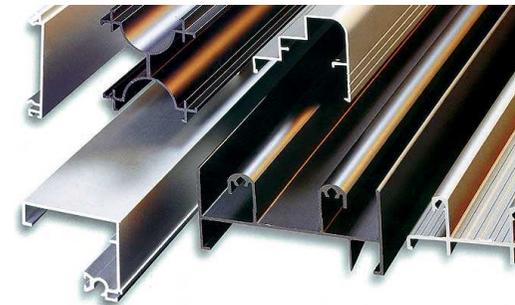
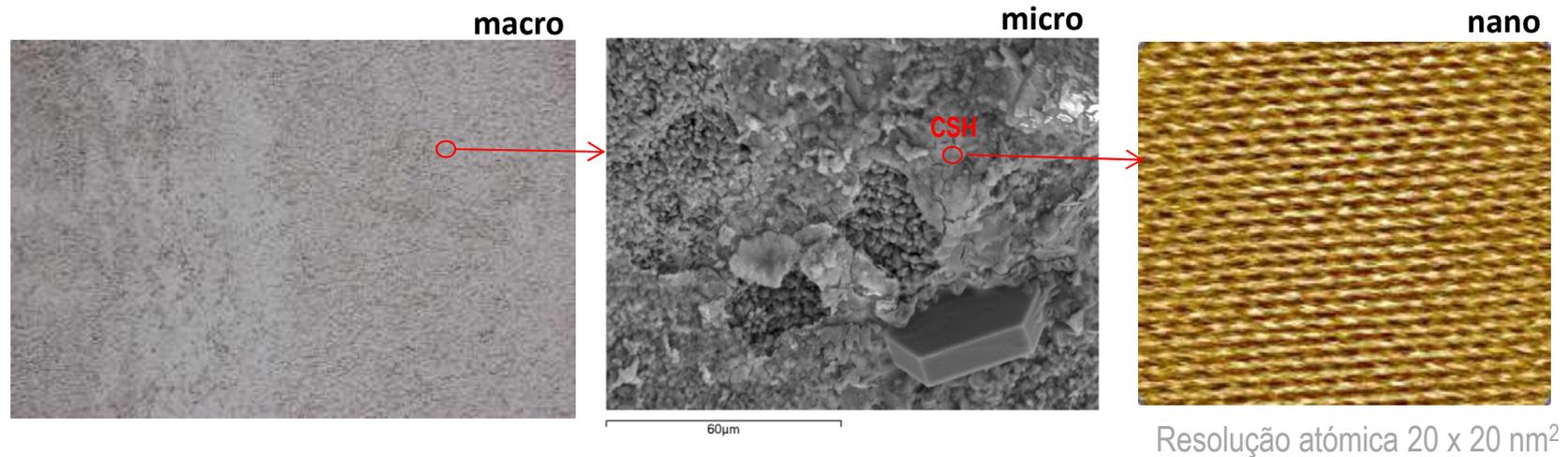


Imagem no MEV



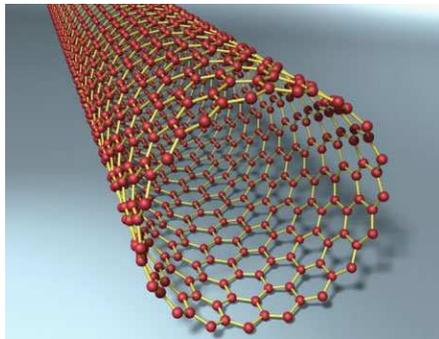
O betão é um material complexo, nanoestrurado: é constituído por uma fase amorfa, nano-micro cristais, e água. A fase amorfa, silicatos de cálcio hidratados (CSH) – a “cola” que mantem o betão agregado – também é nanoestruturada



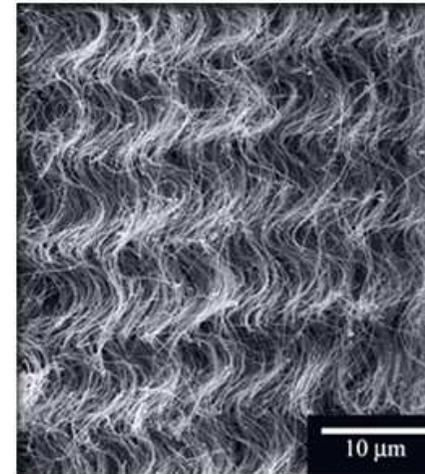
As propriedades e os processos à nanoescala definem interações entre partículas e fases que ocorrem à microescala e os efeitos das cargas aplicadas e do meio envolvente à macroescala.



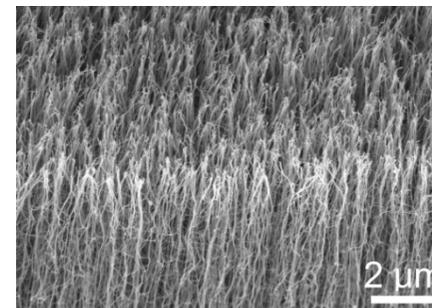
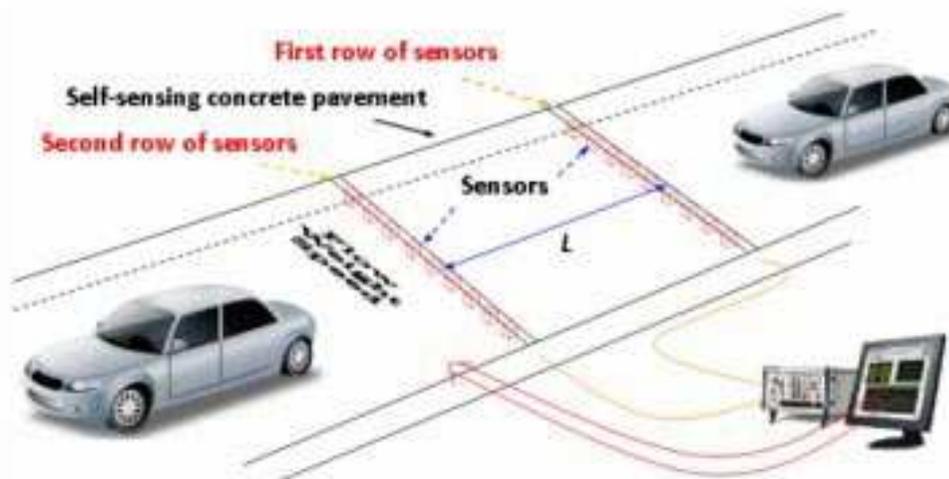
O betão auto sensor – propriedades elétricas sensíveis à variação de tensões (compressão)



- segurança estrutural
- sensor de tráfico



Nanotubos de carbono



Obrigada pela atenção

Materiais nanoestruturados. Desenvolvimento e aplicações nos revestimentos de proteção anticorrosiva

Rute Fontinha e Manuela Salta

Departamento de Materiais

Núcleo de Materiais Metálicos