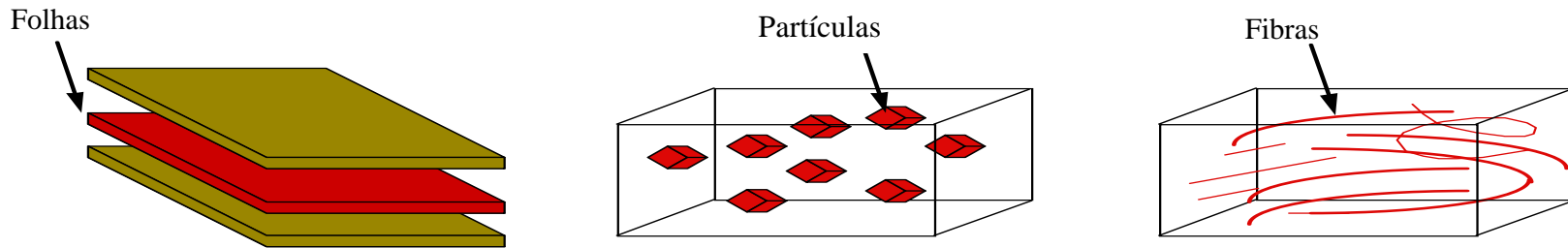


Materials Compósitos

Introdução

- *Material que combina propriedades complementares*
- *Obtenção de propriedades que não se conseguem com os componentes isolados.*
- *São combinações de pelo menos dois materiais distintos, com uma **interface clara** entre eles.*
- *Estes materiais são constituídos por uma **fase de reforço**, que é constituída por fibras, partículas ou folhas (elementos de reforço), dispersa numa **matriz** (fase contínua).*



- *As propriedades dos compósitos dependem quer da natureza dos materiais usados quer do grau de ligação entre eles através da interface.*
- *Os materiais usados nestas combinações podem ser polímeros, cerâmicos ou metais*

Materiais Compósitos

- *Compósitos de matriz polimérica*
- *Compósitos de matriz cerâmica*
- *Compósitos de matriz metálica*

Compósitos de matriz polimérica

Misturas imiscíveis com domínios macroscópicos.

- **Matrizes elastoméricas**
- **Matrizes termoendurecíveis**
- **Matrizes termoplásticas**

Matriz polimérica:

- *Suporta as fibras, partículas ou folhas*
- *Absorve as deformações*
- *Conferem resistência quando em compressão*

Fibras:

- *Aumentam a tenacidade (resistência ao impacto) em extensão (relevância da orientação das fibras)*

Uso de “fillers” (partículas coloidais) para reforço de polímeros elastoméricos

- *Partículas com superfície funcionalizada para se ligarem às cadeias do elastômero (ligações cruzadas)*

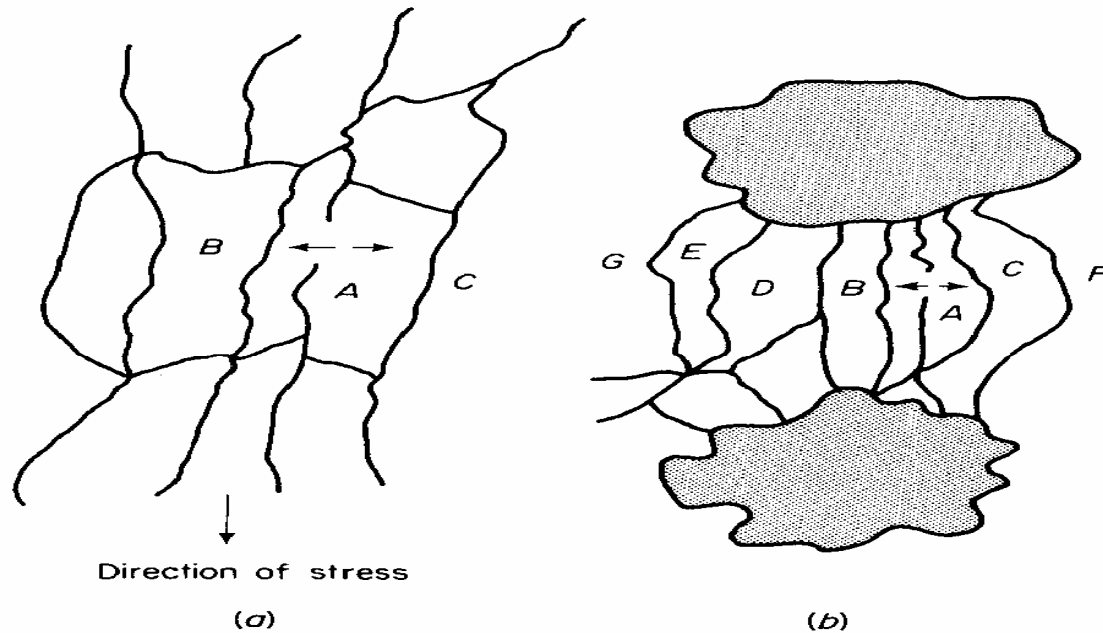


FIGURE 9-28

Stress-sharing mechanism for filler or crystallite reinforcement. (a) Polymer under stress without filler particles; (b) with filler particles or crystallites about 10 to 50 nm in diameter.

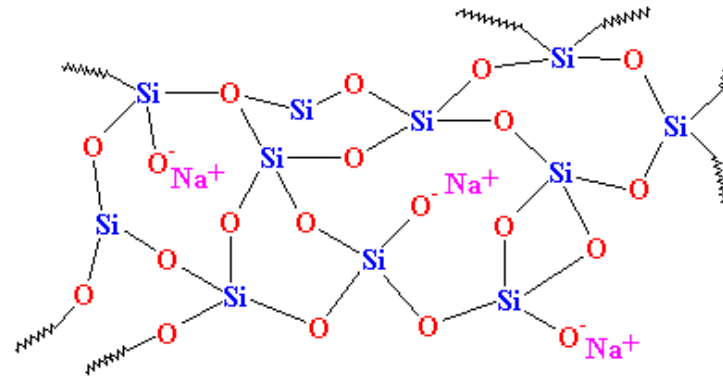
- *Os pneus dos automóveis combinam vários materiais, mas são essencialmente constituídos por uma matriz de borrachas natural e sintética, reticuladas com enxofre, e contêm aço ou nylon como materiais de reforço*

Uso de fibras para reforço de materiais termoendurecíveis e termoplásticos

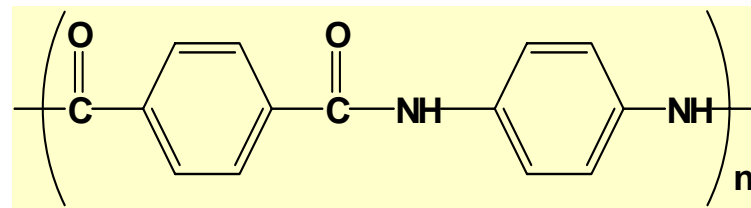
*Os compósitos modernos são formados por **fibras** e **matrizes***

Fibras

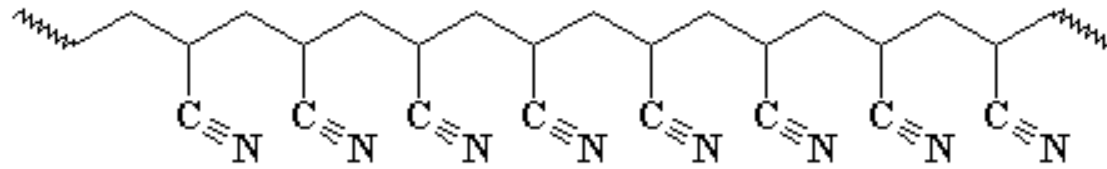
• *Vidro*



• *Kevlar*

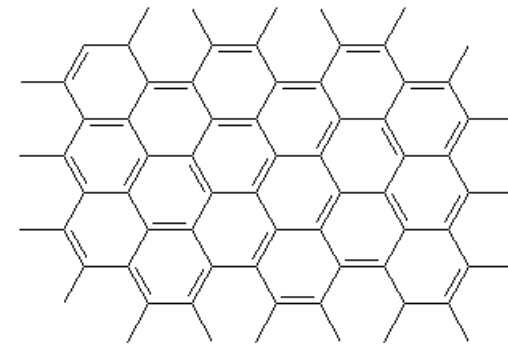


• *Fibra de carbono*



poliacrilonitrilo

Heat
↓



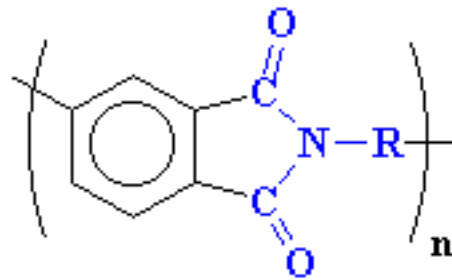
fibra de carbono
(secção de uma banda gráfica)

• *Polietileno*

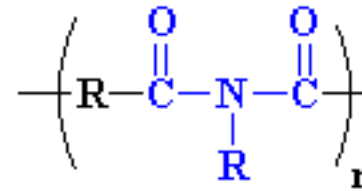
Matrizes termoendurecíveis

Resinas: Uso de resinas na forma de reagentes ou pré-polímeros que são, depois de colocadas no molde, curadas.

• Poli(imidas)

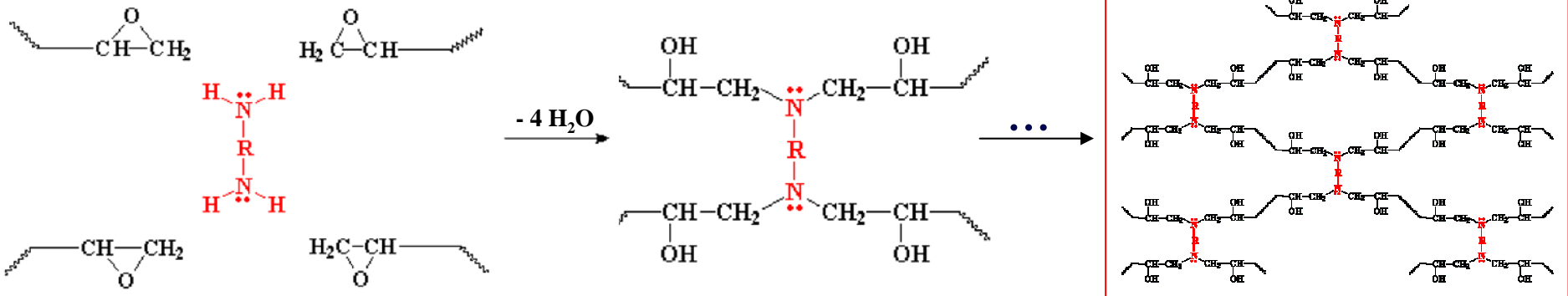


aromatic heterocyclic polyimide

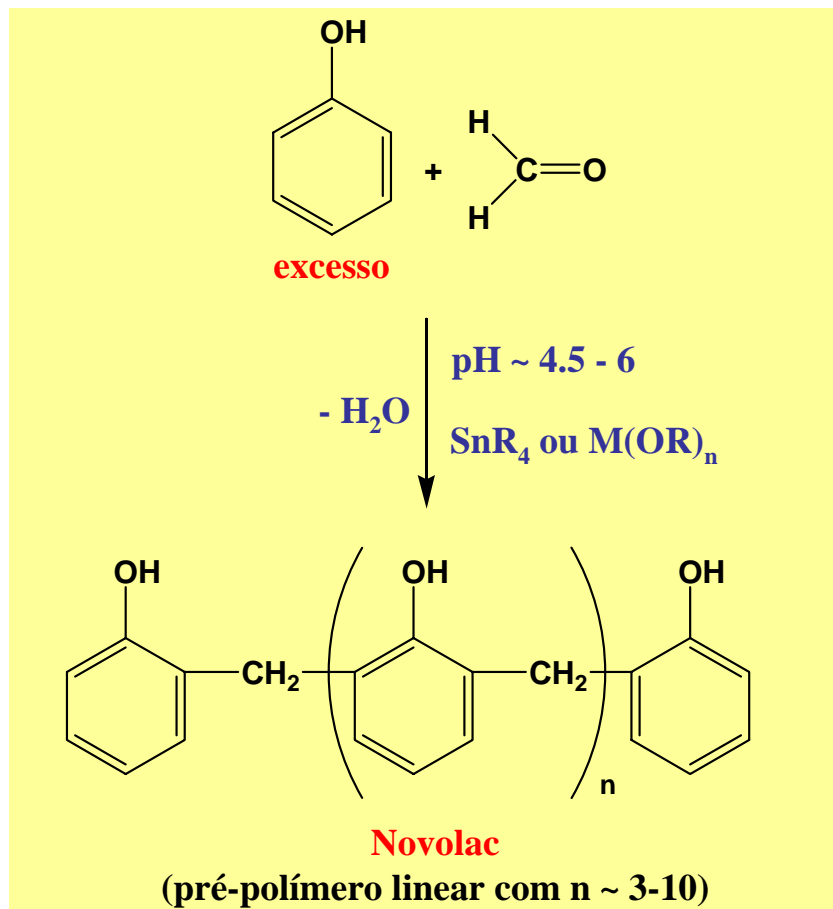


linear polyimide

• Resinas epóxico



• Resinas de fenol-formaldeído



- Baquelite®
- Caixas e partes de material eléctrico
- Interruptores
- Telefones (antigos)
- Aquecedores, etc.
- Revestimentos de mobiliário

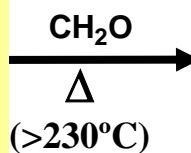
Reacção com excesso de fenol



Pré-Polímero (n ~ 3 - 10) (Novolac)



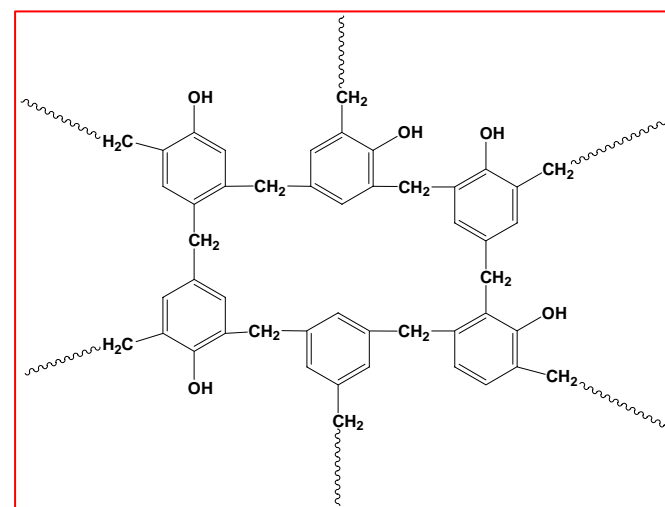
Na moldagem junta-se mais formaldeído
(ou paraformaldeído ou hexametilenotetramina)



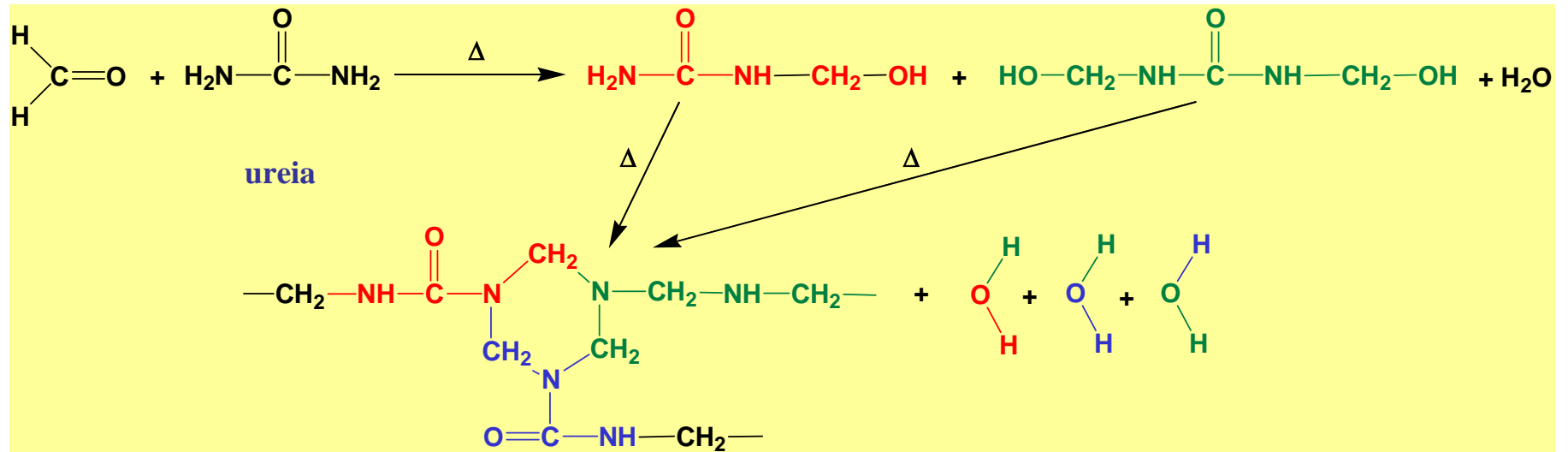
REDE DENSA

- Resite**
- Insolúvel
 - Infusível

Polímero reticulado

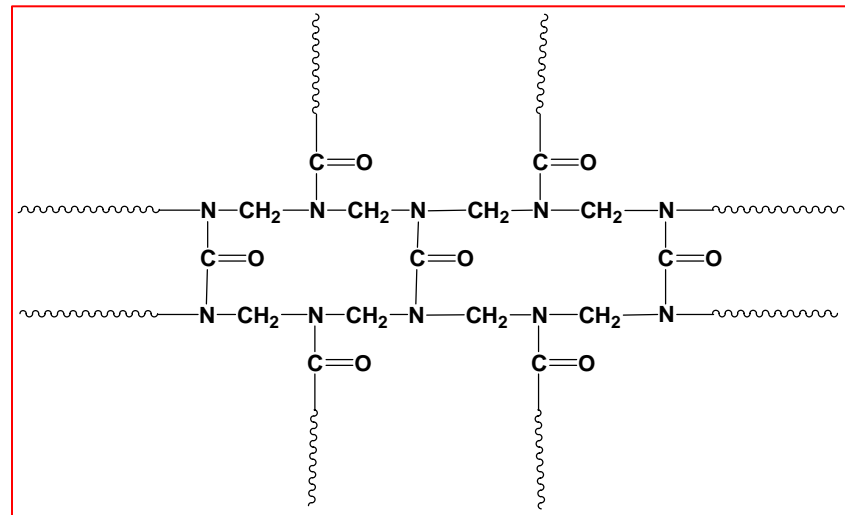


• Resinas de ureia-formaldeído



etc. Δ

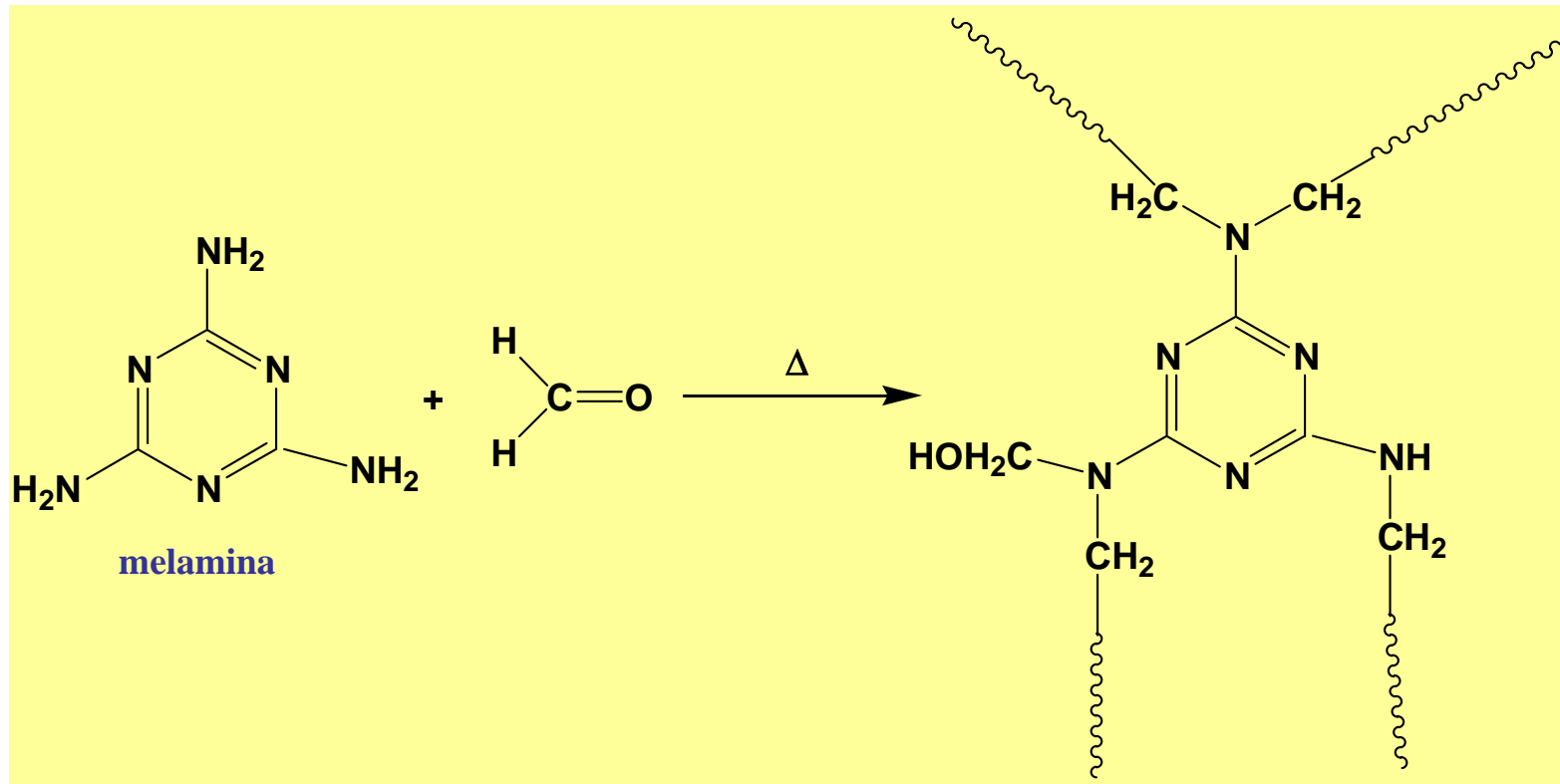
REDE DENSA



Polímero reticulado

- Resina tenaz, incolor
- Revestimentos de mobiliário
- Isolador eléctrico

• *Resinas de melamina-formaldeído*

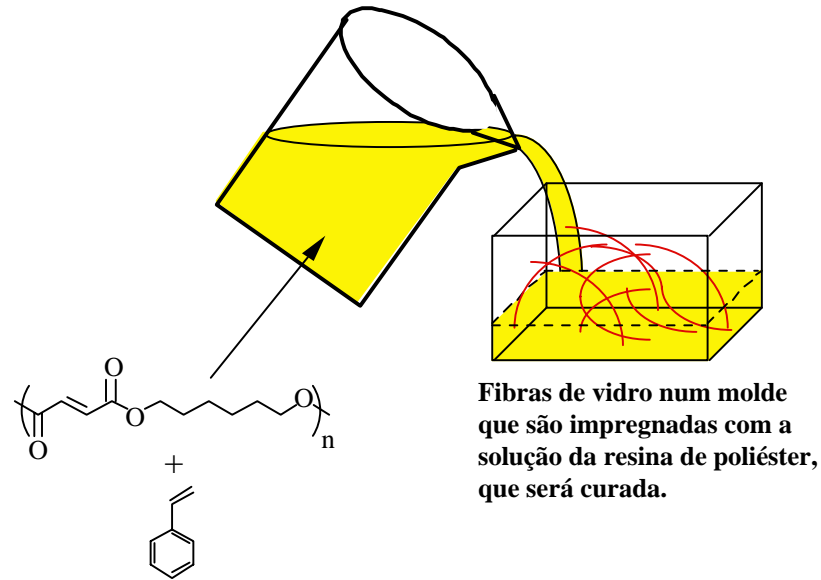


- Revestimentos de mobiliário (Formica[©])

etc. ↓ Δ

REDE DENSA

- **Fiberglas[®]** - obtém-se por adição de uma mistura formada por estireno e um poliéster com ligações duplas a fibras de vidro contidas num molde



Fibras de vidro num molde que são impregnadas com a solução da resina de poliéster, que será curada.

Promove-se depois a reacção química radicalar entre os dois componentes orgânicos. Obtem-se uma resina dura (matriz) com as fibras de vidro incorporadas

Matrizes termoplásticas

Matriz - *poliamidas, polipropileno, policarbonato*

Reforço - *fibras de vidro e de carbono*

Utilização:

- *indústria automóvel (em tubos e painéis, por exemplo)*
- *na indústria eléctrica e electrónica (no fabrico de invólucros, equipamento electrónico, fichas eléctricas...)*
- *no fabrico de máquinas e ferramentas (rodas dentadas, caixas de rolamentos, rotores e pás de ventoínhas,...)*

Compósitos de matriz cerâmica

Materiais cerâmicos:

- *elevada dureza*
- *uma baixa resistência à tracção (suportam deformações muito pequenas antes da ruptura)*
- *baixa resistência ao impacto mecânico*
- *baixa resistência ao choque térmico.*

Materiais de reforço (adicionados antes da sinterização):

- *fibras de vidro*
- *fibras de carbono*
- *fibras de carboneto de silício (SiC)*

Os compósitos cerâmicos são leves, rígidos e resistentes.

Utilização:

- *indústria aeronáutica (e.g. nas turbinas e nos sistemas de travagem dos aviões) e militar (no fabrico de mísseis), onde são capazes de suportar temperaturas até cerca de 3000 °C.*
- *em artigos de desporto*
- *em carroçarias de automóveis.*

Compósitos de matriz metálica

Os cerâmicos são os materiais de reforço mais usados.

Combinações mais importantes:

matrizes - ligas metálicas leves (à base de alumínio, magnésio ou titânio)

fase de reforço:

- *partículas de alumina (Al_2O_3) e de carboneto de silício (SiC)*
- *fibras (de SiC, grafite e alumina),*
- *filamentos (de SiC ou boro).*

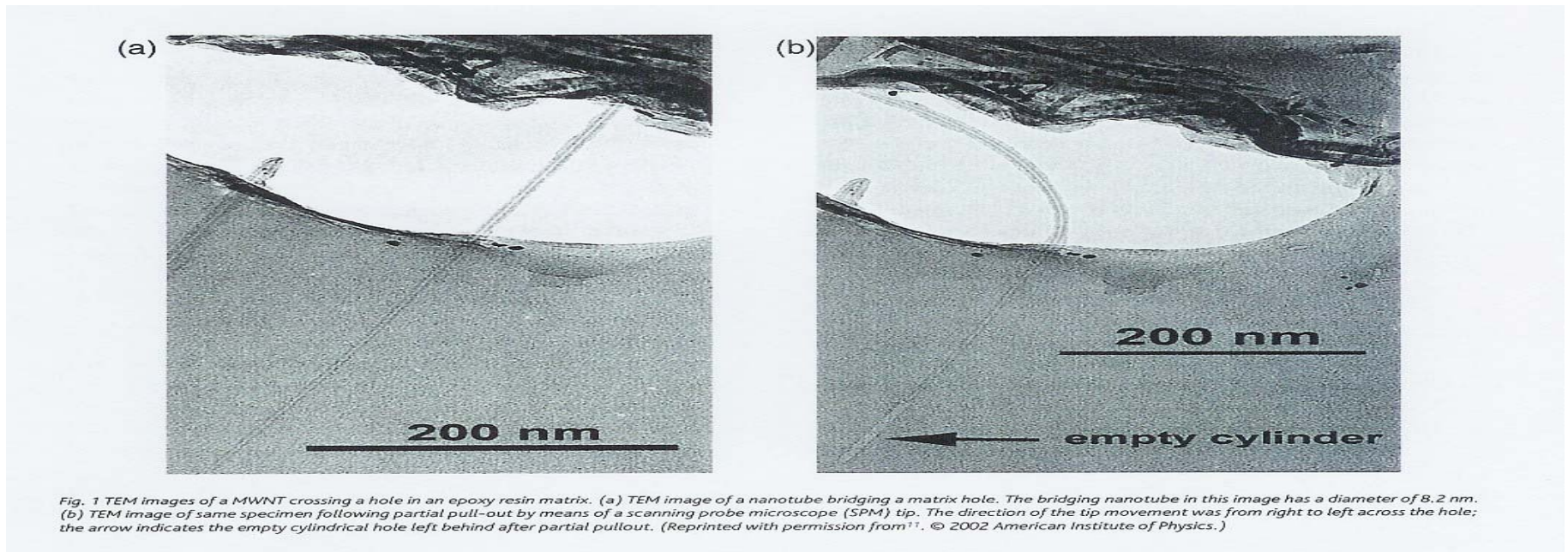
*Os compósitos de matriz de **alumínio** destinam-se sobretudo a aplicações no sector industrial dos transportes (por exemplo, no fabrico de discos de travagem) e os de matriz de **titânio** na área da aviação militar e aeroespacial.*

Nanocompósitos

Materiais reforçados com pequenas quantidades (<5%) de partículas nanométricas. Nanopartículas possuem elevada “razão de aspecto” (aspect ratio).

Há uma área interfacial extensa!

Problemas de adesão na interface!

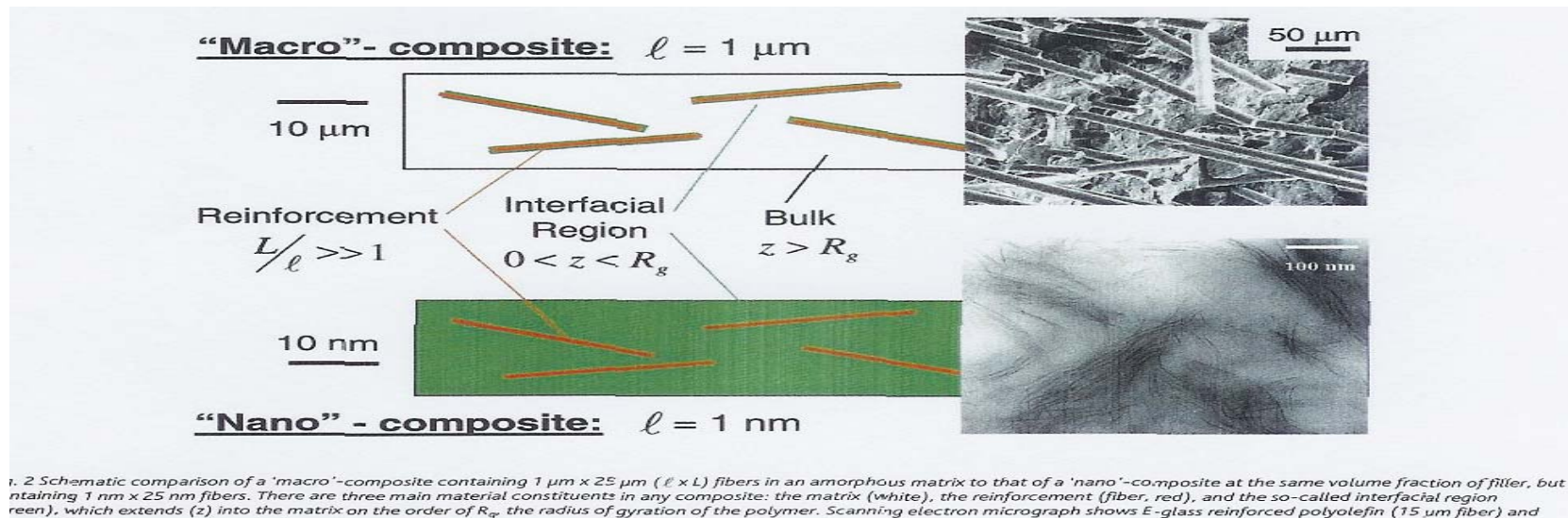
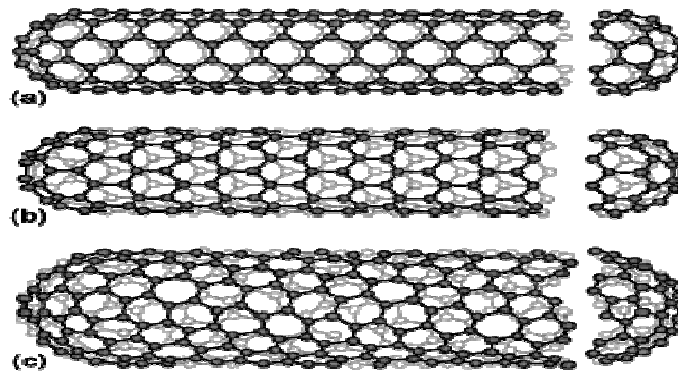


Fonte: *Materials Today*, November 2004

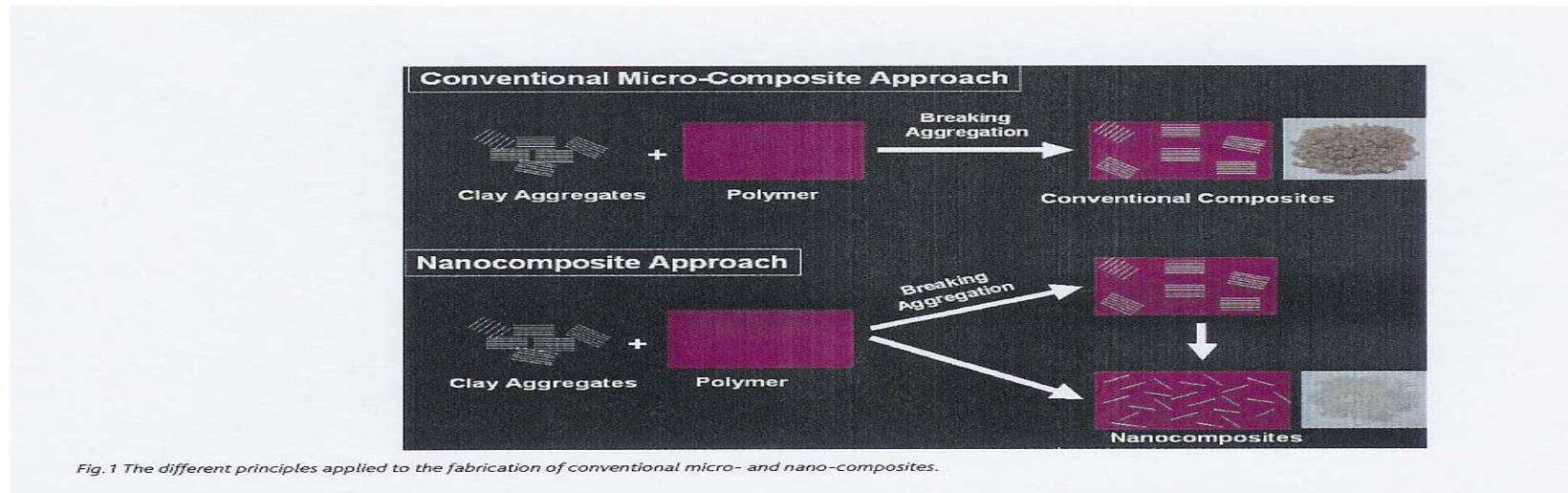
Nanocompósitos poliméricos

Nanopartículas de reforço mais usadas:

- *silicatos com estruturas lamelares*
- *nanotubos de carbono - tenacidade próxima dos valores máximos previstos e possuem significativa flexibilidade*



Nanocompósitos poliméricos com argilas (clays)



Fonte: *Materials Today*, November 2004

Nanopartículas de argila - melhoram a resistência ao fogo e as propriedades mecânicas

Os compósitos podem ser opticamente transparentes, porque as dimensões das partículas são « λ_{vis} .

Problemas de adesão porque a maioria dos polímeros são hidrofóbicos e não são compatíveis com argilas hidrofílicas.

Só para pequenos teores de partículas de reforço se tem verificado que as propriedades mecânicas dos nanocompósitos polímeros/argilas são melhores do que as dos compósitos convencionais reforçados com fibras

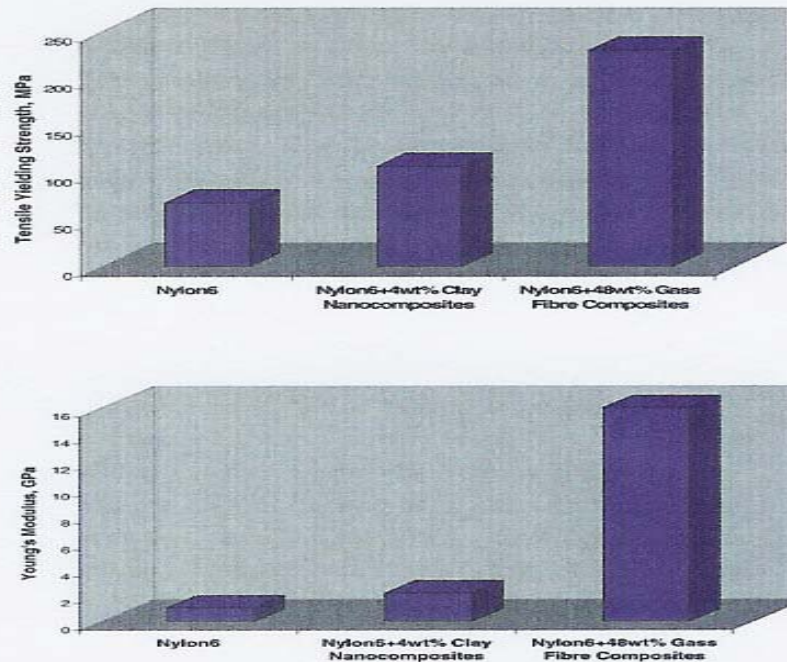


Fig. 2 Comparison of the tensile strength and modulus of the best clay/nylon-6 nanocomposites and a glass fiber reinforced nylon-6 composite with 48 wt% fiber content. The properties of the original nylon-6 are also shown.

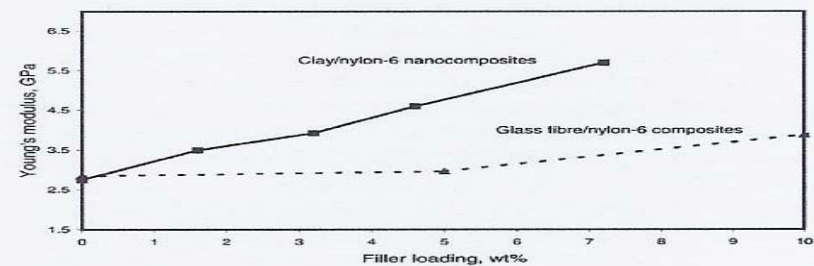


Fig. 3 Comparison of the Young's modulus of clay/nylon-6 nanocomposites and glass fiber reinforced nylon-6 composites with low filler loading. The chart was plotted based on the data published by Fornes and Paul⁴.

Metais e cerâmicos reforçados com nanotubos de carbono

Fabrico:

- *Como obter uma dispersão uniforme ?*
- *Possibilidade de degradação dos nanotubos durante a sinterização (cerâmicos)*
- *Formação de nanotubos no interior de poros*

Propriedades: Resultados mistos!



Fig. 1 High-resolution scanning electron micrograph of CNT-MgAl₂O₃ composite powders showing good distribution of CNTs in a continuous network between the oxide grains and increased agglomeration of CNTs into bundles with increasing CNT content. (Reprinted with permission from¹². © 2004 Elsevier Ltd.)