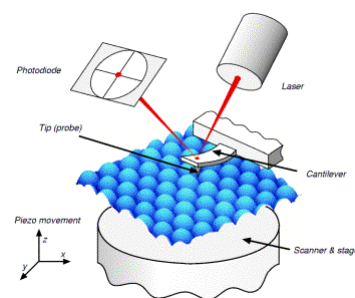
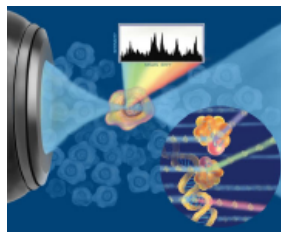


# INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS

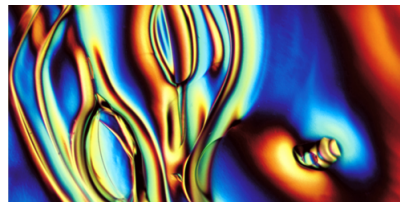


## Materiais

- Materiais são substâncias com as quais se fazem “coisas”
- Os materiais são parte integrante da nossa vida, uma vez que os produtos que usamos diariamente são feitos de materiais
  - Exs: madeira, betão, tijolo, aço, plástico, vidro, borracha, alumínio, cobre, papel...

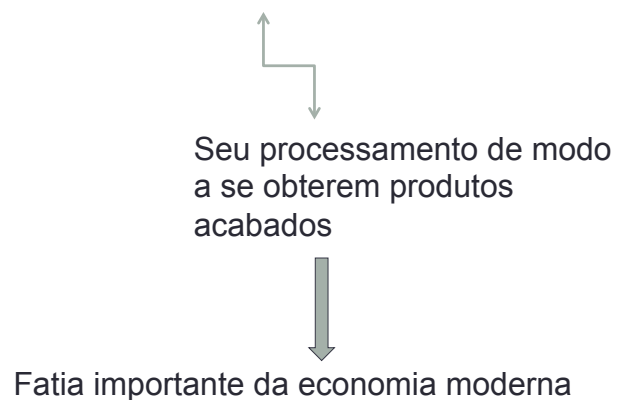
## Materiais

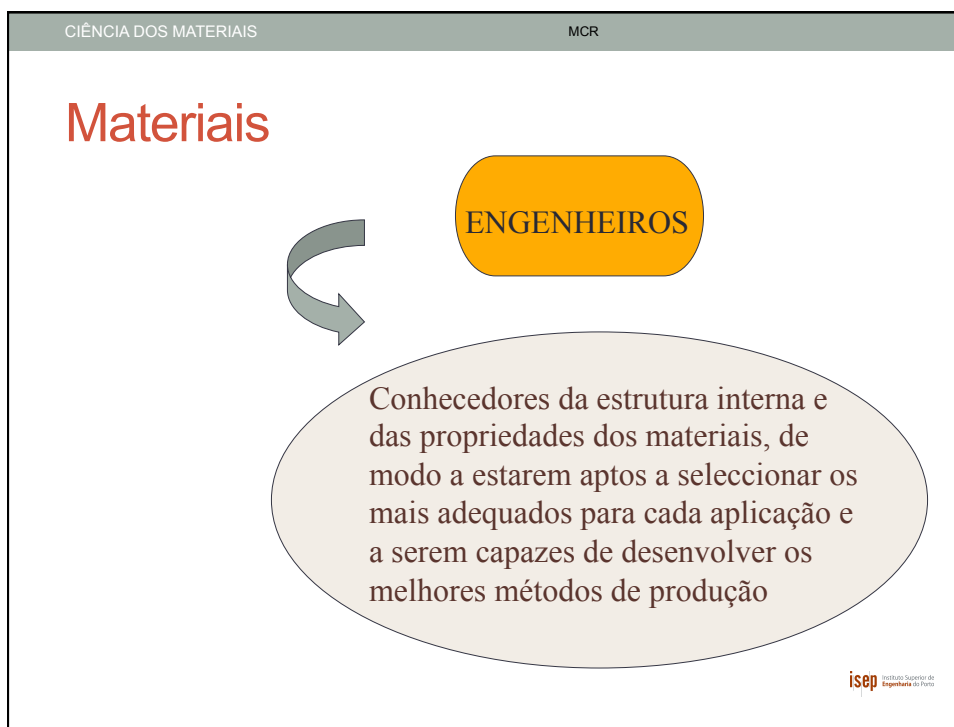
- Como resultado das actividades de investigação e desenvolvimento tecnológico, novos materiais são frequentemente criados
  - Exs. menos comuns: *cristais líquidos, ligas com memória de forma....*



## Materiais

### Produção de materiais





CIÊNCIA DOS MATERIAIS MCR

## Engenheiros de Materiais

- Conceber a maioria dos produtos acabados
- Definir as tecnologias necessárias para a sua produção
  - Os engenheiros de IDT procuram criar novos materiais ou modificar as propriedades de materiais já existentes
  - Os engenheiros projectistas usam materiais - já existentes, modificados ou novos - para conceber e criar novos produtos ou sistemas

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

## A investigação de novos materiais é uma actividade ininterrupta!

- Por ex:
  - Os **engenheiros mecânicos** procuram materiais utilizáveis a temperaturas cada vez mais elevadas, para que os motores a jacto possam operar com maior eficiência
  - Os **engenheiros electrotécnicos** procuram novos materiais supercondutores, que permitam operar os equipamentos electrónicos de modo ainda mais rápido e a temperaturas cada vez mais elevadas

## A pesquisa de novos materiais é uma actividade ininterrupta!

- Por ex:
  - Os **engenheiros aeroespaciais** pretendem materiais com uma maior relação resistência/peso, a fim de os utilizar em aviões e em veículos espaciais
  - Os **engenheiros químicos** pretendem mais materiais com elevada resistência à corrosão

## Concluindo...

- Os engenheiros de todas as especialidades deveriam possuir certos conhecimentos básicos e aplicados de engenharia de materiais, de modo a serem capazes de exercer a sua actividade mais eficientemente sempre que há questões relacionadas com a utilização de materiais!

## Ciência e Engenharia de Materiais

- **Ciência de Materiais:**  
visa fundamentalmente a descoberta de conhecimentos básicos nos domínios da **estrutura interna**, das **propriedades** e do **processamento de materiais**
- **Engenharia de Materiais:**  
dedica-se essencialmente à **aplicação** desses conhecimentos científicos, de modo a que os materiais possam ser convertidos em produtos úteis ou desejados pela sociedade

## Ciência e Engenharia de Materiais

- A **Ciência de Materiais** situa-se num dos extremos do espectro de conhecimentos sobre os materiais (do lado do conhecimento dito *fundamental*)
- **Engenharia de Materiais** situa-se no outro extremo (do lado do conhecimento dito *aplicado*) não existindo no entanto uma linha de demarcação entre os dois conceitos

## Tipos de materiais

- Os materiais de Engenharia são divididos em três classes:
  - materiais metálicos
  - materiais poliméricos
  - materiais cerâmicos
- Sub-grupos:
  - materiais compósitos
  - materiais electrónicos (grande importância em Engenharia)

## Materiais metálicos



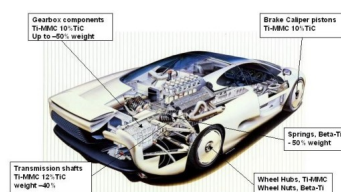
- São substâncias inorgânicas que contêm um ou mais elementos metálicos e podem também conter alguns elementos não-metálicos
  - Exs: cobre, alumínio, níquel, titânio
- Exs. de elementos não metálicos que podem fazer parte da composição de materiais metálicos:
  - carbono, azoto e oxigénio



## Materiais metálicos

### Ex: Titânio

Titanium alloys for chassis components



## Liga Metálica

- Uma **liga metálica** consiste numa combinação de dois ou mais metais ou de um metal (ou metais) com um não-metal (ou não metais)
  - Ex: aço ao carbono

## Metais e ligas metálicas

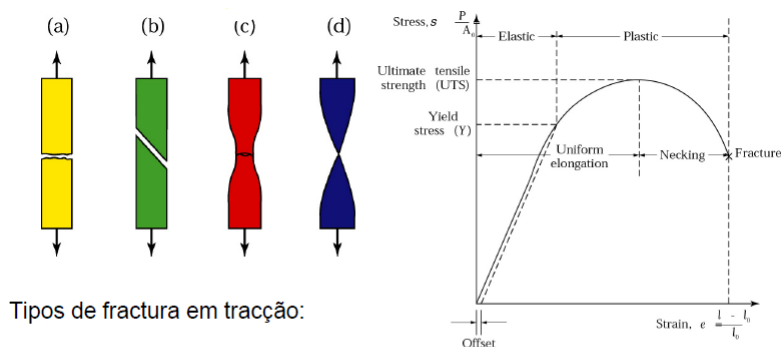
- Dividem-se em duas classes:
  - **Materiais metálicos ferrosos:**
    - Contêm uma percentagem elevada de ferro, tais como os aços e os ferros fundidos
  - **Materiais metálicos não ferrosos:**
    - Materiais que não contêm ferro ou em que o ferro surge apenas em muito pequena quantidade. Exs: alumínio, cobre, zinco, titânio, níquel, assim como as respectivas ligas



## Propriedades dos materiais metálicos

- Os metais são geralmente **bons condutores térmicos e eléctricos**
- Muitos metais são relativamente **resistentes e dúcteis** à temperatura ambiente
  - Ductilidade: capacidade de um material sofrer deformação plástica sem rotura nem fissuração.
- Muitos mantêm uma **boa resistência mecânica** mesmo a **temperaturas elevadas**

## Tipos de fractura em metais



Tipos de fractura em tracção:

- (a) fractura frágil em metais policristalinos;
- (b) fractura em corte em metais monocristalinos dúcteis;
- (c) fractura dúctil em metais policristalinos;
- (d) fractura completa/ dúctil em metais policristal. com 100% de redução de área.

Curva típica tensão-deformação obtida num ensaio de tracção

## Materiais poliméricos

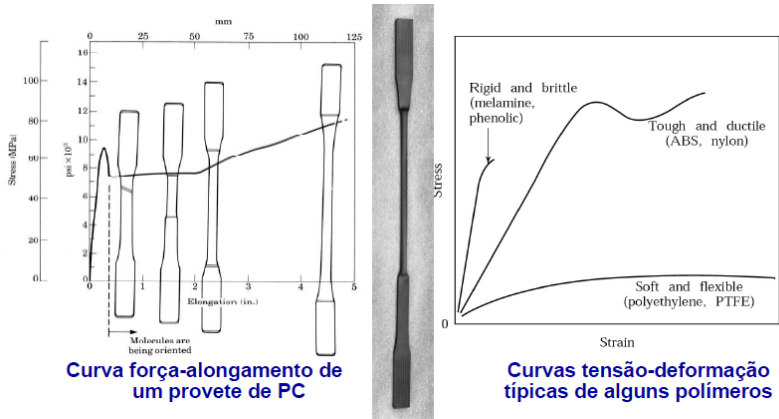
- São materiais constituídos por cadeias (normalmente longas) ou redes de moléculas orgânicas



## Propriedades dos materiais poliméricos

- A maioria dos materiais poliméricos é **não-cristalina**, embora alguns sejam constituídos por **misturas de regiões cristalinas e não-cristalinas**
- A **resistência mecânica** e a **ductilidade** variam bastante de polímero para polímero
- São geralmente **maus condutores de electricidade** sendo mesmo alguns, **bons isoladores**
- Em geral possuem **densidades baixas** e **amaciam ou decompõem-se a temperaturas relativamente baixas**

## Propriedades dos polímeros



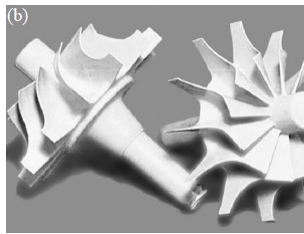
Provette de tracção de PEAD (Polietileno de alta densidade), mostrando o alongamento uniforme (zona estreita e longa do provete)

## Materiais cerâmicos

- São materiais inorgânicos constituídos por elementos metálicos e não- metálicos ligados quimicamente entre si



(a) Alumina de alta resistência para aplicações a altas temperaturas



(b) Rotores de turbinas a gás em nitreto de silício

## Propriedades dos materiais cerâmicos

- Podem ser **cristalinos** ou **não-cristalinos**, ou **misturas dos dois tipos**
- A maioria possui **elevada dureza** e **grande resistência mecânica a altas temperaturas** mas têm tendência a ser **frágeis**
- **Isolantes** térmicos e eléctricos

## Exemplos de utilização de materiais cerâmicos

- Revestimento de fornos para fusão de metais
  - Pelo facto de serem isolantes, resistentes ao calor e ao desgaste
- Painéis do vaivém espacial *space shuttle*
  - Os painéis de ladrilhos cerâmicos protegem termicamente a estrutura interna de alumínio do vaivém, quer durante a subida quer na reentrada na atmosfera da Terra ( $T \approx 1260^{\circ}\text{C}$ )
- Aplicação em motores
  - Devido ao seu baixo peso, grande resistência mecânica e elevada dureza, boa resistência quer ao calor quer ao desgaste, baixo coeficiente de atrito e propriedades isolantes

## Materiais compósitos

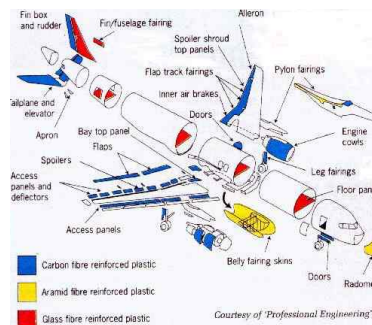
- São misturas de dois ou mais materiais
- A maioria dos materiais compósitos consiste numa mistura de um material de **reforço** ou de **enchimento**, devidamente seleccionado, com um material compatível que serve de **ligante** (ou **matriz**), de modo a se obterem determinadas características e propriedades
- Geralmente, os componentes não se dissolvem uns nos outros e podem ser fisicamente identificados pelas interfaces que os separam

## Tipos de compósitos

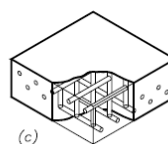
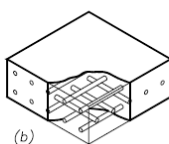
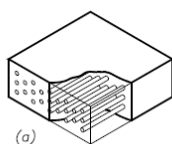
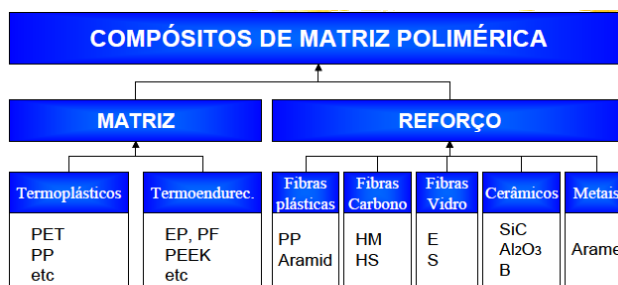
- Fibrosos:
  - formados por fibras no seio de uma matriz
- Partículas:
  - formados por partículas no seio de uma matriz

## Exemplos de utilização de materiais compósitos

- Reactores e parte das asas de aviões
  - compósito de fibra de carbono numa matriz de resina epoxídica
- Componentes de ligação em campos petrolíferos
  - PPS (sulfureto de polifenileno) reforçado por fibras de vidro



## Materiais compósitos-Exemplos



## Materiais compósitos- Exemplos






1. Estrutura (esqueleto) da raquete produzida num metal de baixo ponto de fusão em fundição de precisão.

2. Demonstração da forma de enchimento do esqueleto com o material polimérico.

3. Retirada da raquete após a injeção do compósito

4. Secção transversal da raquete, após a retirada do esqueleto metálico, originando uma estrutura oca.

**Compositos para raquetes:**

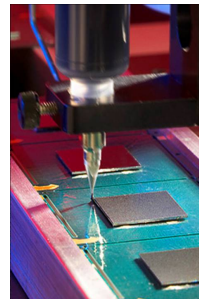
- matriz - termoendurecível (ex: resina epóxi)
- reforço - fibra de carbono

## Materiais electrónicos

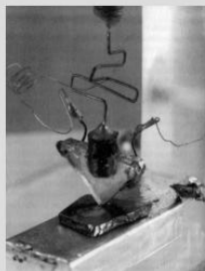
- Não constituem um grupo importante em termos de volume de materiais, mas são um grupo extremamente importante em termos de tecnologias avançadas
- O material electrónico mais importante é o **silício puro**, o qual é modificado de várias formas, a fim de se alterarem as suas características eléctricas
- Outro exemplo: **germânio**

## Exemplos de utilização de materiais electrónicos

- Circuitos electrónicos
  - Um grande número de circuitos electrónicos pode ser miniaturizado num *chip* de silício, isto é, num cristal de silício, com a forma de um quadrado com cerca de 0,635 cm (1/4 de polegada) de lado



## Materiais electrónicos



Ge based point contact transistor, 1947  
Stuff, Ivan Amato

### Decade of Introduction of Materials Computer Chips

1950's: Germanium

1960's: Silicon

1970's: Arsenides

### Optical Devices

1960's: Gallium Arsenide

1970's: Other Arsenides

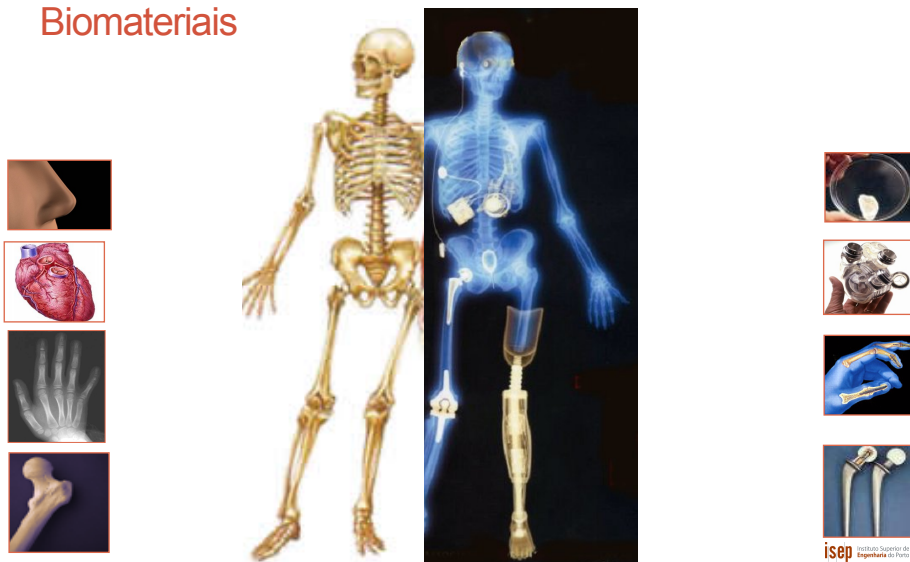
1980's: Nitrides

1990's: Organics



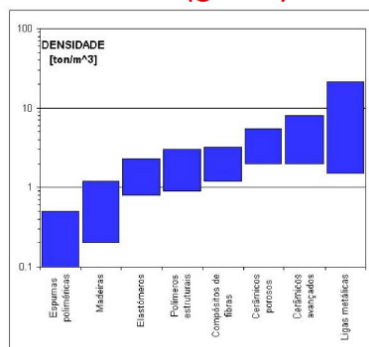


## Exs. de Aplicações de Materiais- Biomateriais

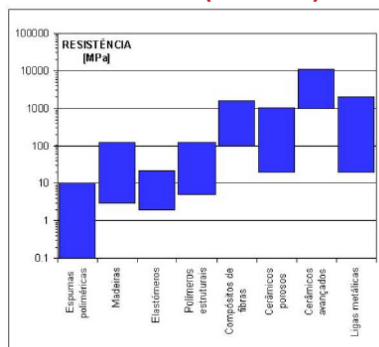


## Propriedades dos materiais - comparação

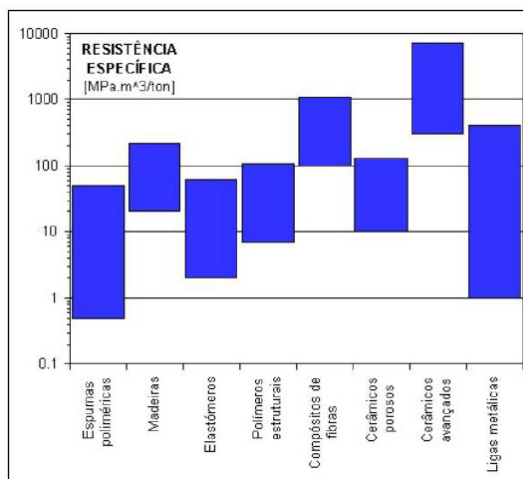
**Densidade ( $\text{g/cm}^3$ )**



**Resistência ( $\text{N/mm}^2$ )**

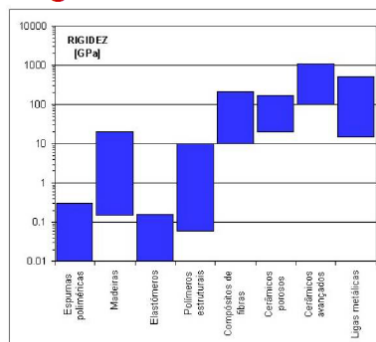


## Propriedades dos materiais - comparação

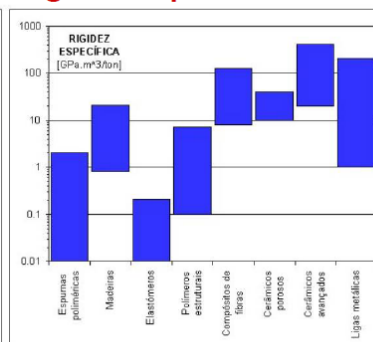


## Propriedades dos materiais - comparação

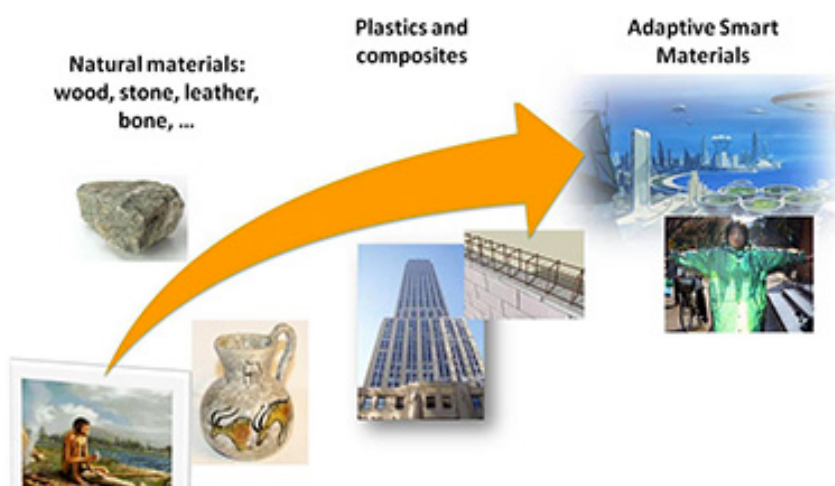
### Rigidez



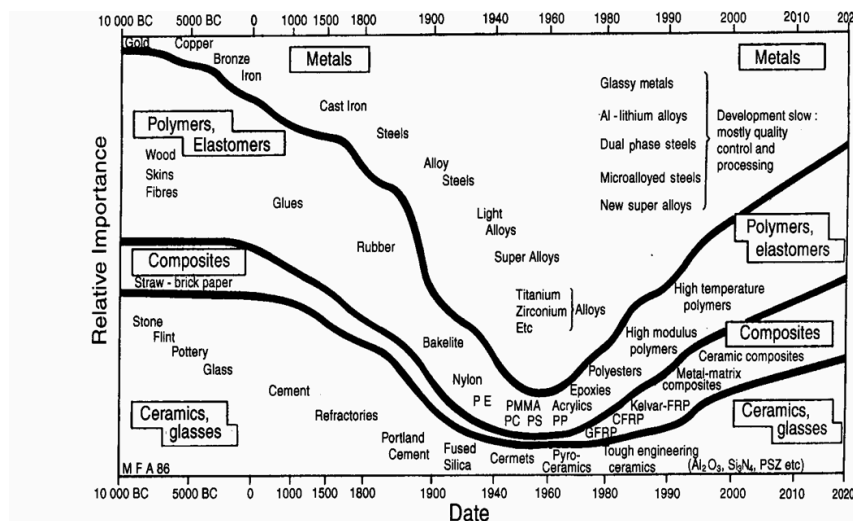
### Rigidez específica



## Evolução da utilização de materiais



## Competição entre materiais



## Tendências futuras na utilização de materiais

### • Metais

- Metais tradicionais como o aço, Fe, Cu, Al, Zn, Mg, etc, acompanharão a evolução da economia
- Melhoramento das ligas ao nível do controlo da composição química, dos tratamentos térmicos e das técnicas de processamento
- Novas e melhores ligas aeroespaciais, tais como as ligas à base de Ni, no sentido de aumentar a resistência mecânica e a resistência à corrosão a altas temperaturas
- Desenvolvimento de novas técnicas de processamento como a prensagem isostática a quente e o forjamento isotérmico
- Implementação a maior escala da pulverometalurgia

## Tendências futuras na utilização de materiais

### ■ Cerâmicos

- Cerâmicos tradicionais – argilas, vidros, etc – taxa de crescimento pouco significativa
- Cerâmicos técnicos – nitretos (ex:  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), óxidos (ex:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), carbonetos (ex:  $\text{SiC}$ ) – em elevada expansão
- Cerâmicos técnicos: aplicações a altas temperaturas, em meios agressivos, resistência ao desgaste, aplicações na electrónica, etc
- Desenvolvimento de novas técnicas de processamento dos cerâmicos
- Necessidade de melhorar a resistência ao impacto
- Desenvolvimento de metodologias de ligação dos cerâmicos a metais para aplicação a altas temperaturas

## Tendências futuras na utilização de materiais

### ■ Polímeros

- Classe de materiais com maior taxa de crescimento
- Substituição dos materiais tradicionais, tipo vidro e metais, nos sectores da embalagem e da construção
- Desenvolvimento de novas formulações para melhorar o desempenho a “altas temperaturas”, diminuição da inflamabilidade, etc.

## Tendências futuras na utilização de materiais

### ■ Materiais Compósitos

- Materiais com maior taxa de desenvolvimento
- Grande aplicação na indústria aeronáutica
- Exs: fibras de vidro-resinas epoxídicas, grafite-resinas epoxídicas

## Tendências futuras na utilização de materiais

### ■ Materiais Electrónicos

- Consumo crescente de silício, arsenieto de gálio e de outros materiais semi-condutores utilizados na microelectrónica
- Circuitos integrados para computadores, sistemas robotizados, etc

## Características exigidas aos materiais do futuro

- Elevado desempenho
- Baixa densidade e elevada resistência
- Resistência a altas temperaturas
- Materiais que sejam menos perigosos para o ambiente e mais fáceis de serem reciclados ou regenerados

## Causas de falhas de peças de equipamentos em serviço

- Selecção incorrecta de materiais: **40%**
- Defeitos de produção: **15%**
- Tratamento térmico incorrecto: **15%**
- Falha de projecto: **11%**
- Condições imprevistas de operação: **8%**
- Controle inadequado das condições de trabalho: **6%**
- Problemas de inspecção e controlo de qualidade: **3%**
- Troca equivocada de materiais: **2%**