Introdução a Ciência e Engenharia e Ciência dos Materiais

Introdução aos Materiais

Prof. Vera L Arantes

2021

Coca-Cola
CLASSIC

Coca-Cola

Coca-Cola

Perspective Histórica

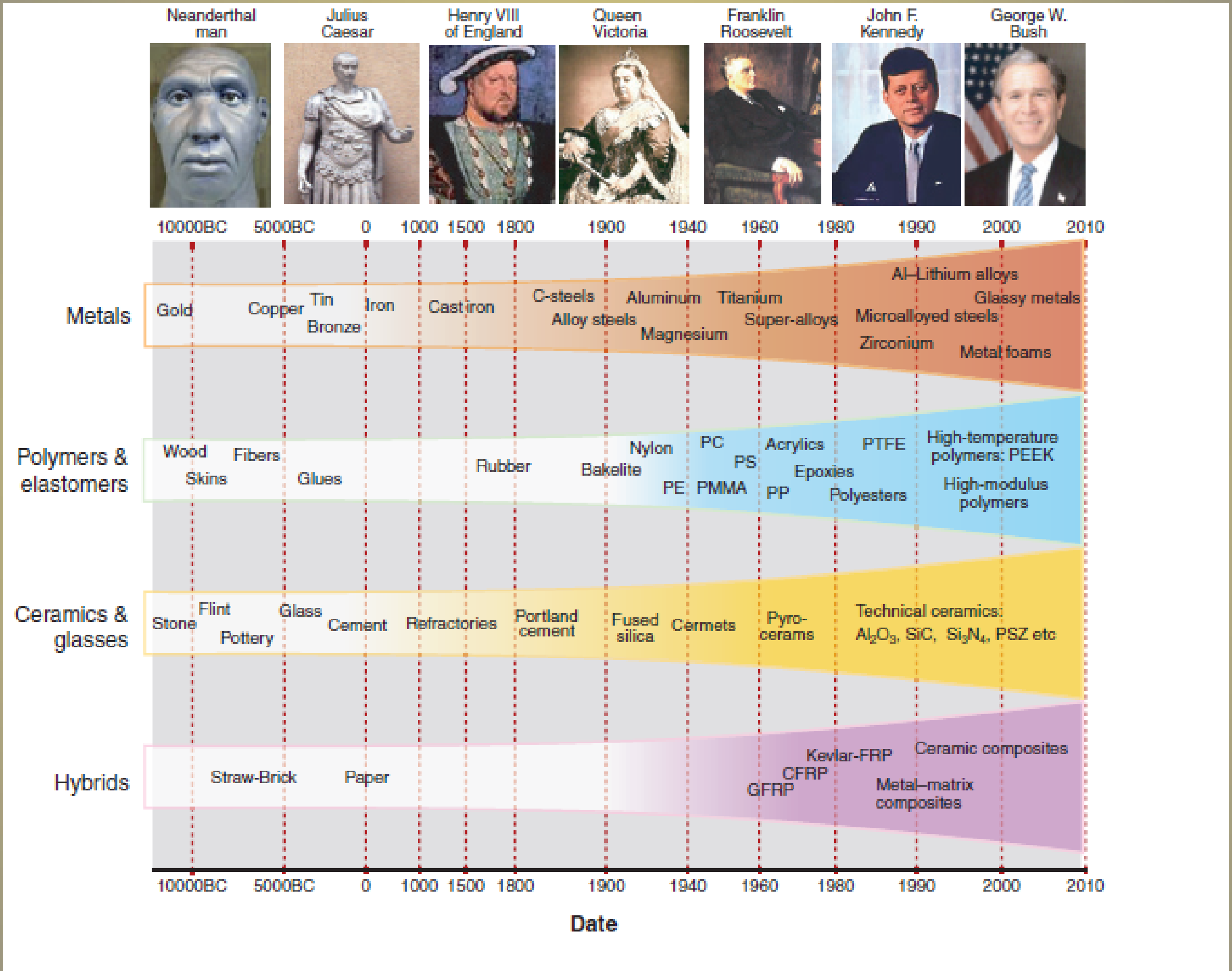
- Idade da Pedra: 2.000.000
  acabou ~5000 anos atrás.

- Idade do Bronze (Oriente Médio) .

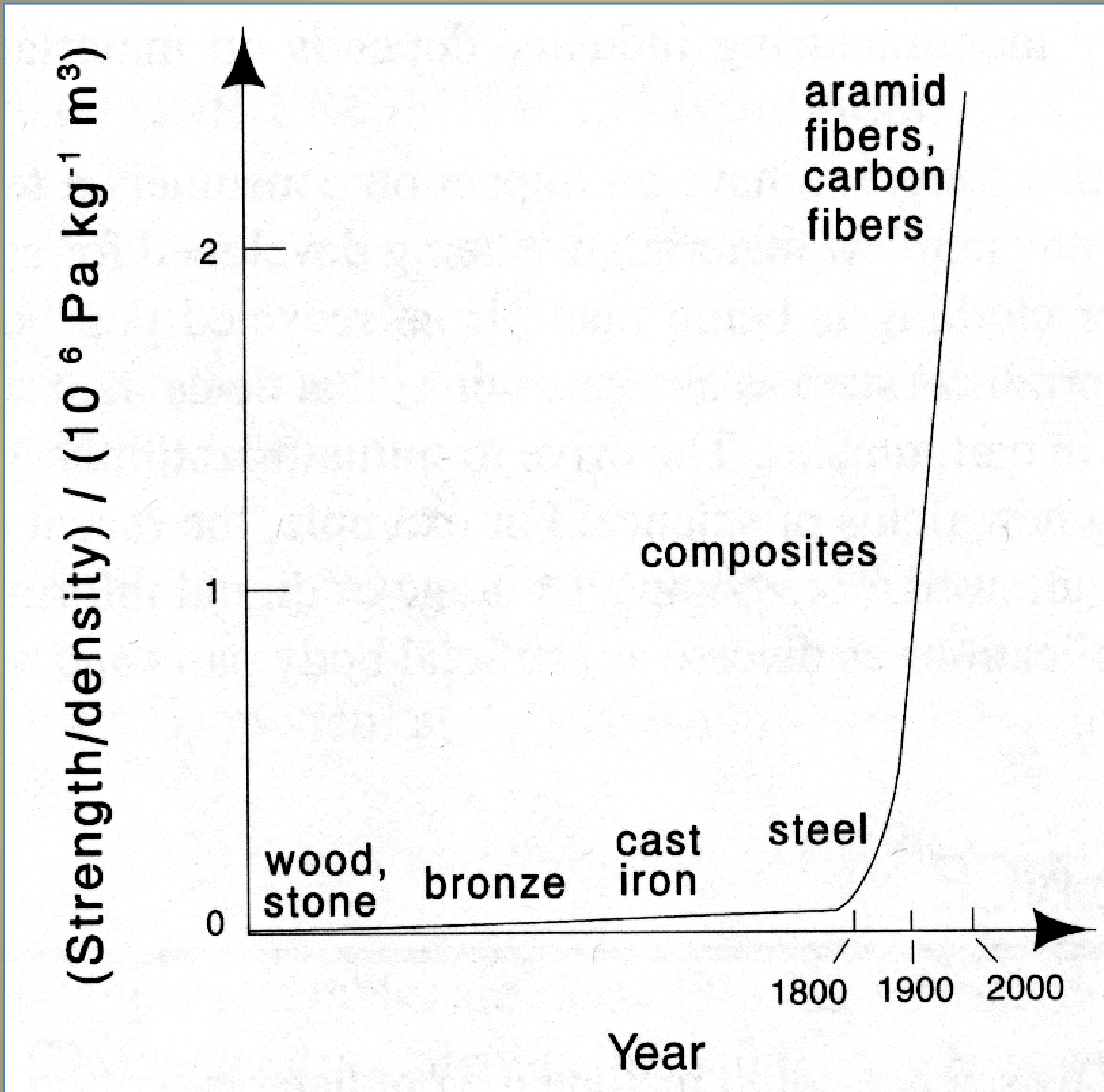
- O que é o Bronze?

- Idade do Ferro: iniciou-se 3000 anos atrás.

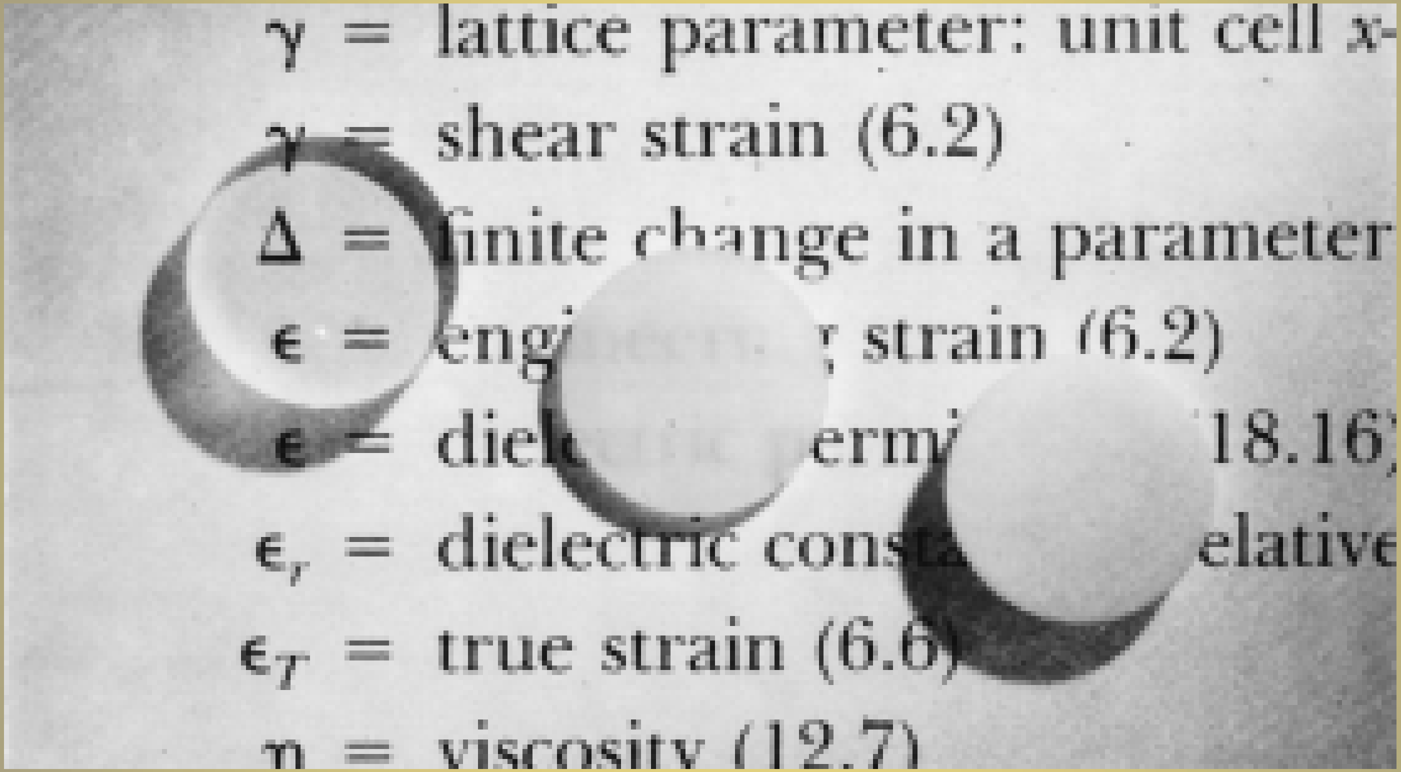
- Idade dos Materiais Avançados : Design "inteligente dos Materiais"



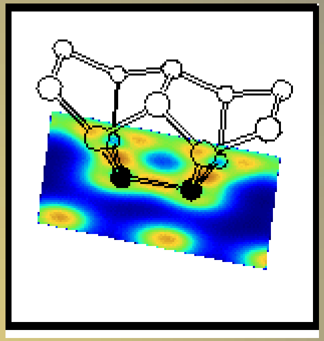
Neanderthal man
Julius Caesar
Henry VIII of England
Queen Victoria
Franklin Roosevelt
John F. Kennedy
George W. Bush
10000BC 5000BC 0 1000 1500 1800 1900 1940 1960 1980 1990 2000 2010
Metals
Gold
Copper
Tin
Bronze
Iron
Cast iron
C-steels
Alloy steels
Aluminum
Magnesium
Titanium
Super-alloys
Al–Lithium alloys
Glassy metals
Microalloyed steels
Zirconium
Metal foams
Polymers & elastomers
Wood
Skins
Fibers
Glues
Rubber
Bakelite
Nylon
PE
PC
PS
PMMA
Acrylics
Epoxies
PP
PTFE
Polyesters
High-temperature polymers: PEEK
High-modulus polymers
Ceramics & glasses
Stone
Flint
Pottery
Glass
Cement
Refractories
Portland cement
Fused silica
Cermets
Pyro-cerams
Technical ceramics: Al_2O_3, SiC, Si_3N_4, PSZ etc
Hybrids
Straw-Brick
Paper
GFRP
CFRP
Kevlar-FRP
Ceramic composites
Metal–matrix composites
Date


(Strength/density) / (10^6 Pa kg^{-1} m^3)
2
1
0
aramid fibers, carbon fibers
composites
steel
cast iron
bronze
wood, stone
1800
1900
2000
Year

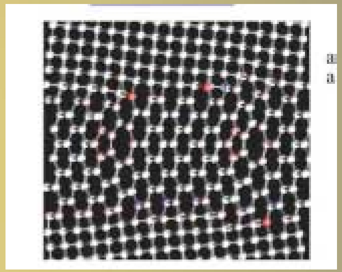
Ciência dos Materiais X Engenharia dos Materiais



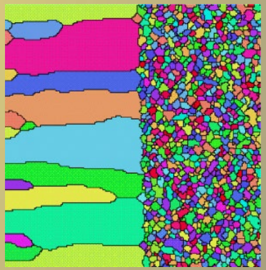
Estrutura



- **Nível sub-atômico** : estrutura atômica dos átomos individuais que definem o tipo de ligação química



- **Nível atômico**: arranjo dos átomos



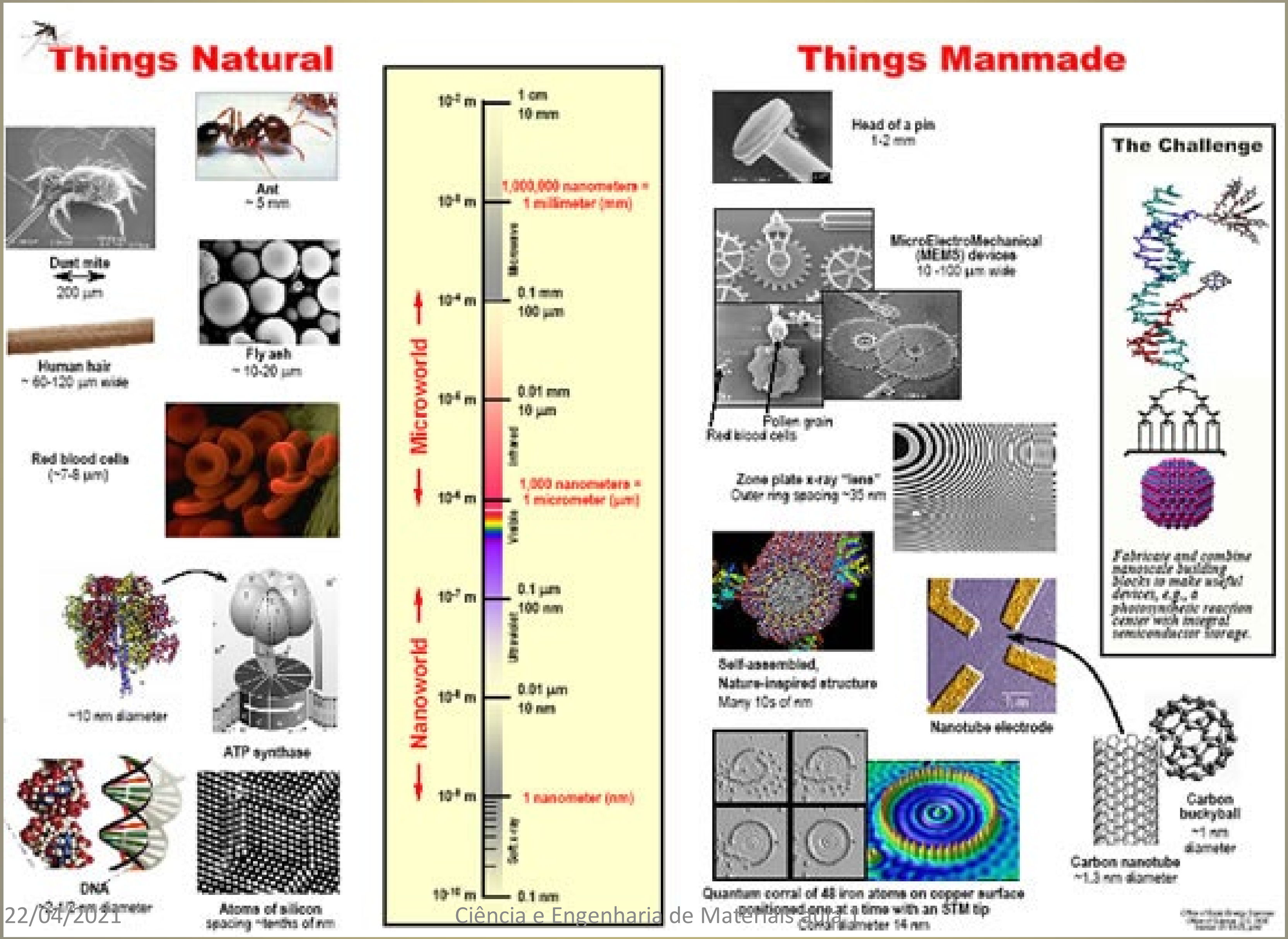
- **Estrutura microscópica**: arranjo de grãos dentro do material
- **Estrutura macroscópica**

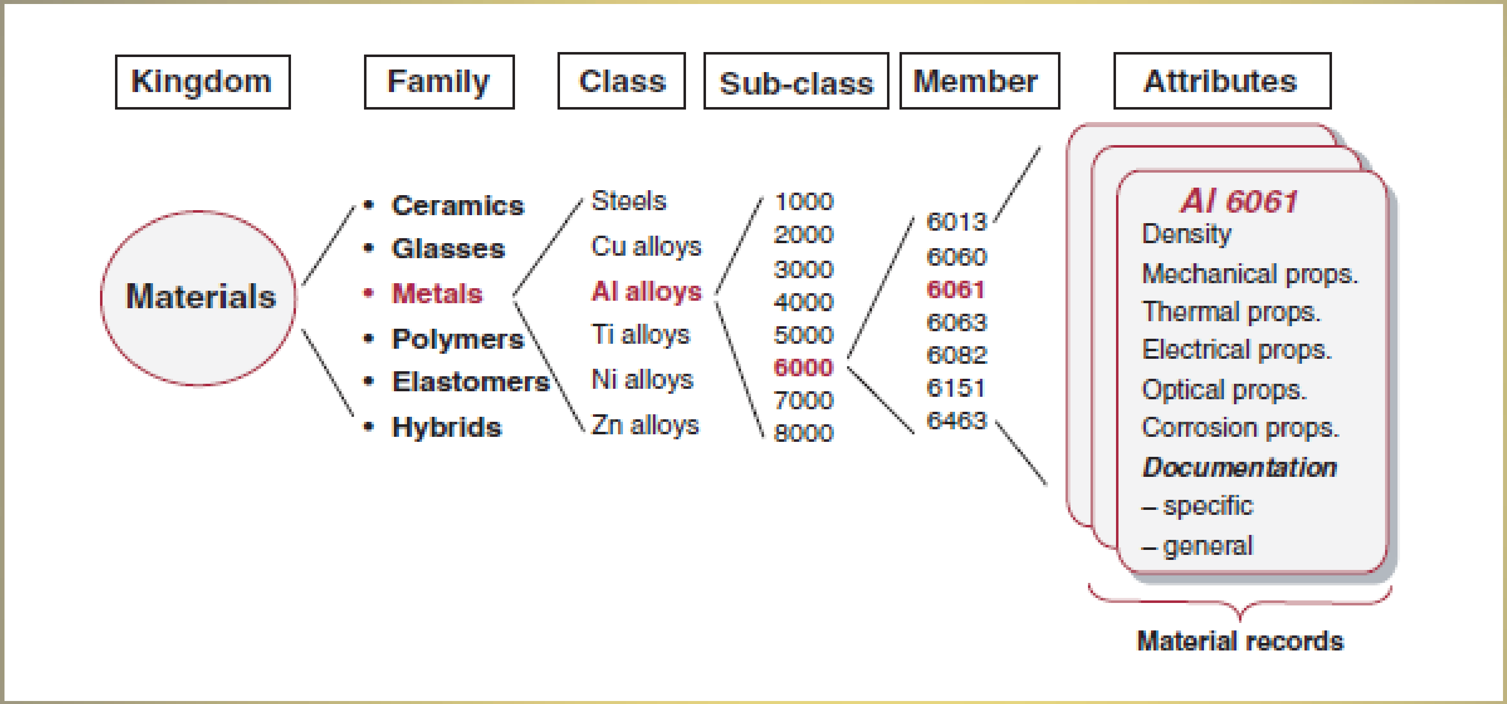
Ordens de grandeza

- Angstrom = 1Å = 1/10,000,000,000 metro = 10^{-10} m
- Nanômetro = 10 nm = 1/1,000,000,000 metro = 10^{-9} m
- Micrômetro = 1µm = 1/1,000,000 metro = 10^{-6} m
- Milímetro = 1mm = 1/1,000 metro = 10^{-3} m

- Distância interatômica ~ poucos Å
- Fio de cabelo ~ 50 µm

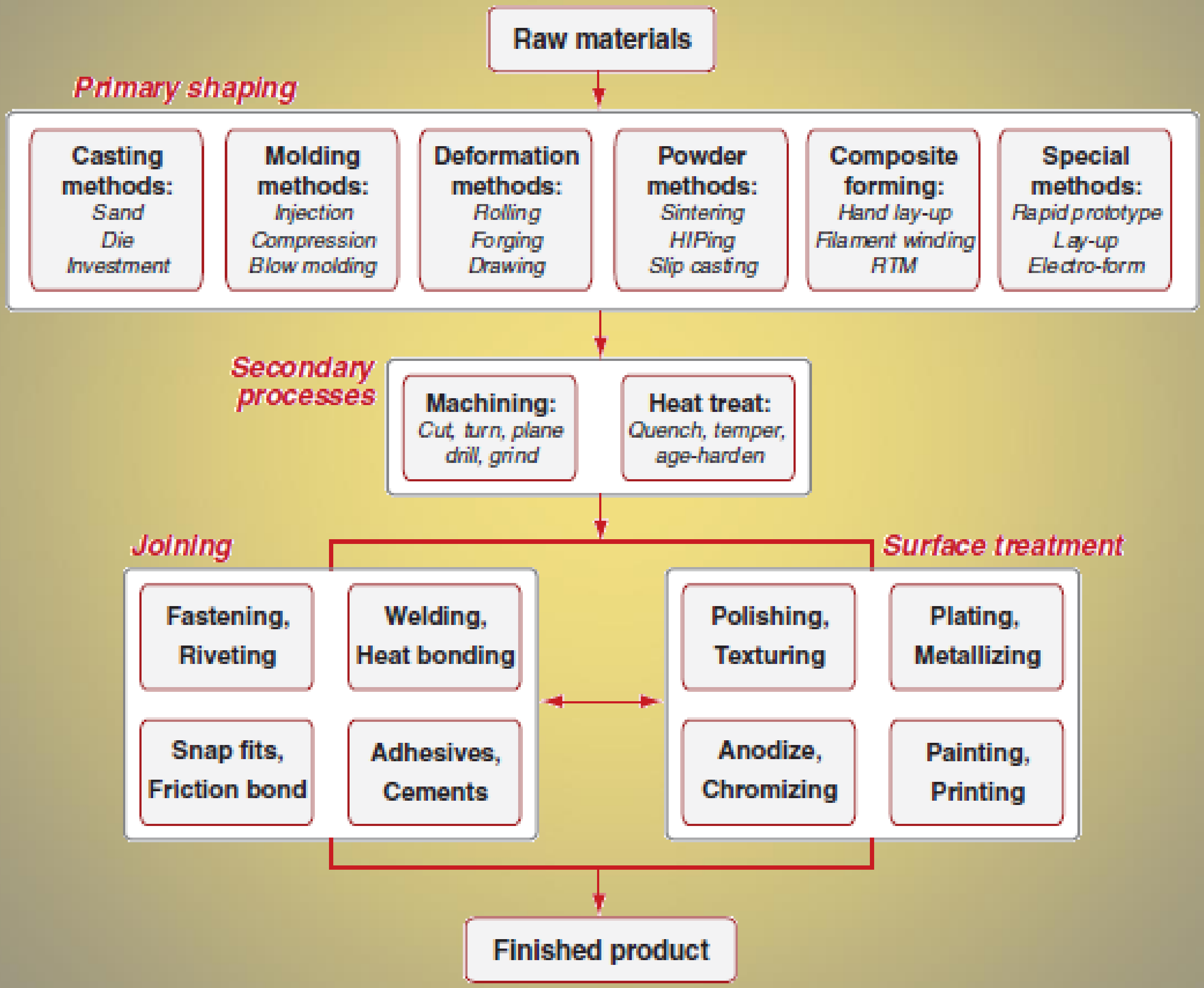
Escala das coisas



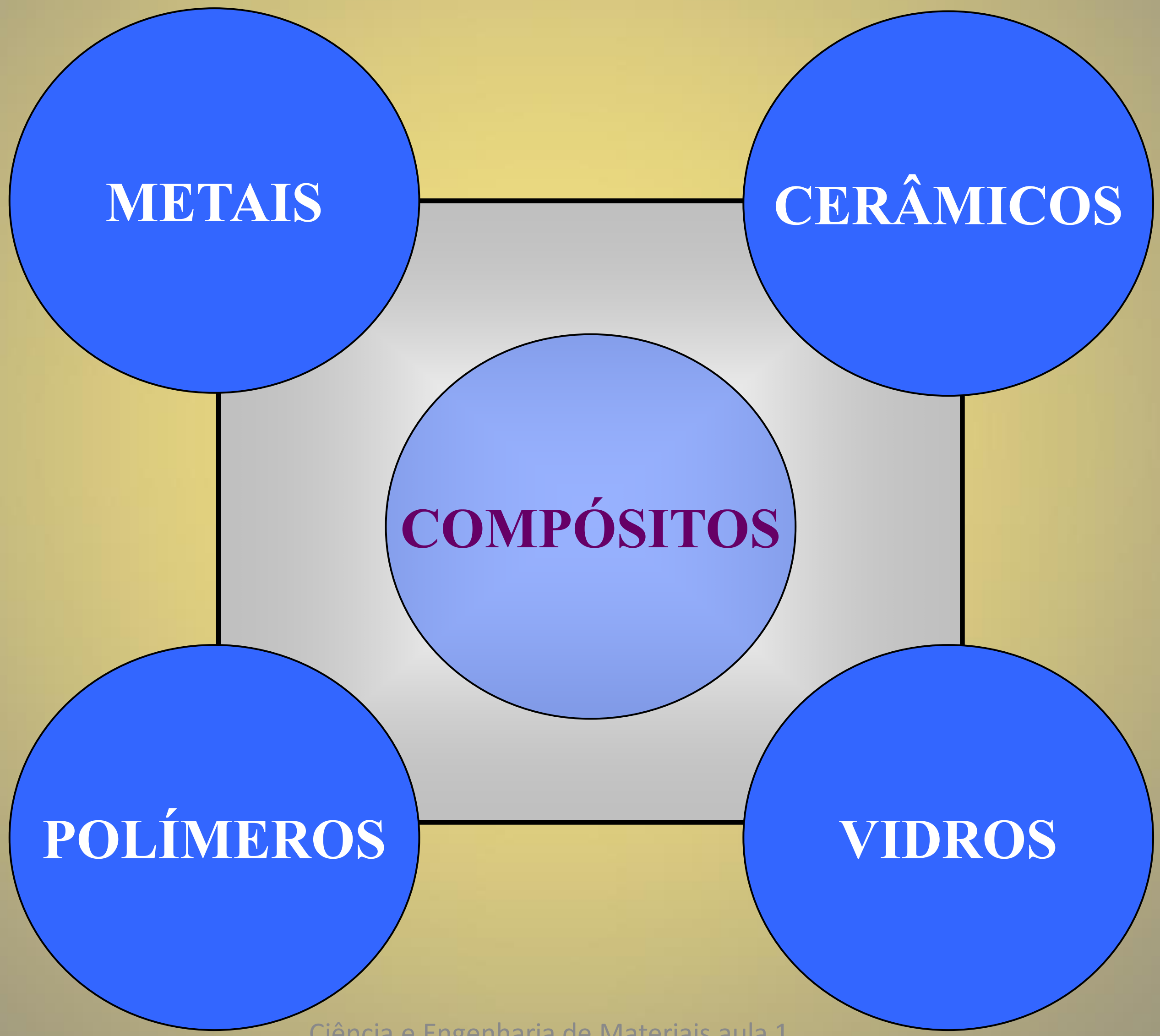

Kingdom
Family
Class
Sub-class
Member
Attributes
Materials
• Ceramics
• Glasses
• Metals
• Polymers
• Elastomers
• Hybrids
Steels
Cu alloys
Al alloys
Ti alloys
Ni alloys
Zn alloys
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
6013
6060
6061
6063
6082
6151
6463
Al 6061
Density
Mechanical props.
Thermal props.
Electrical props.
Optical props.
Corrosion props.
Documentation
– specific
– general
Material records


Metals
Ceramics
Hybrids
Polymers
Glasses
Elastomers

Processamento



FAMÍLIAS DE MATERIAIS DE ENGENHARIA



QUANTOS MATERIAIS DIFERENTES EXISTEM ?

Entre 40000 e 80000
diferentes, contando as variantes
de tratamento térmico e composição
de cada material

AÇOS (INÓX, FERRAMENTAS), LIGAS DE AL & TI, SUPERLIGAS

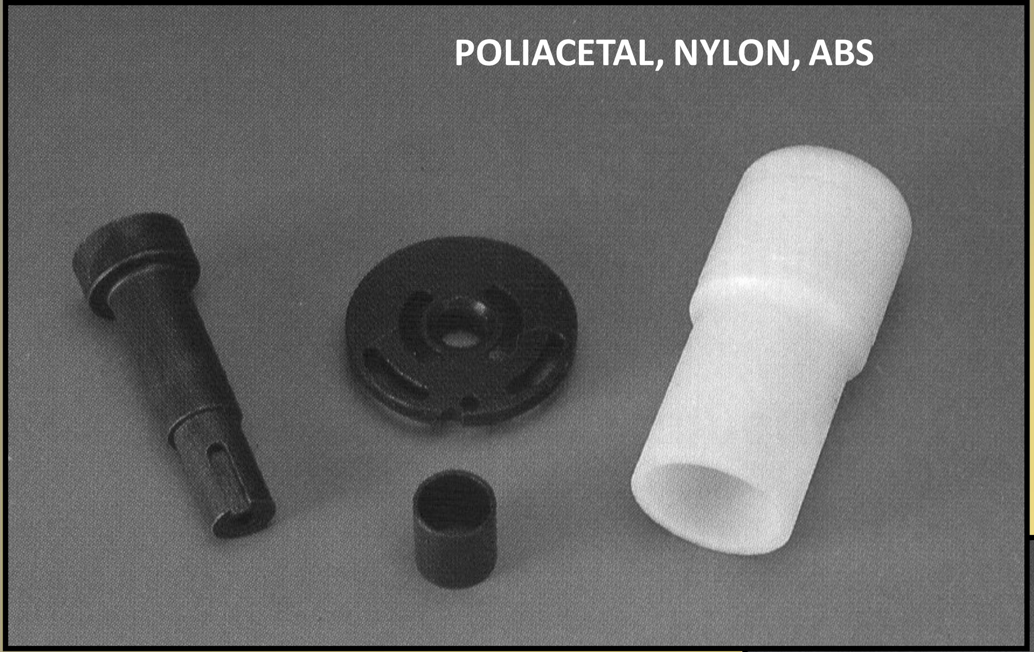
METAIS

Vantagens: **resistência mecânica, rigidez, tenacidade à fratura, temperatura e ambiente de uso, formabilidade/ductilidade, condutividade térmica e elétrica, reciclagem;**
Desvantagens: **processamento, corrosão, reatividade, densidade (propriedades específicas)**

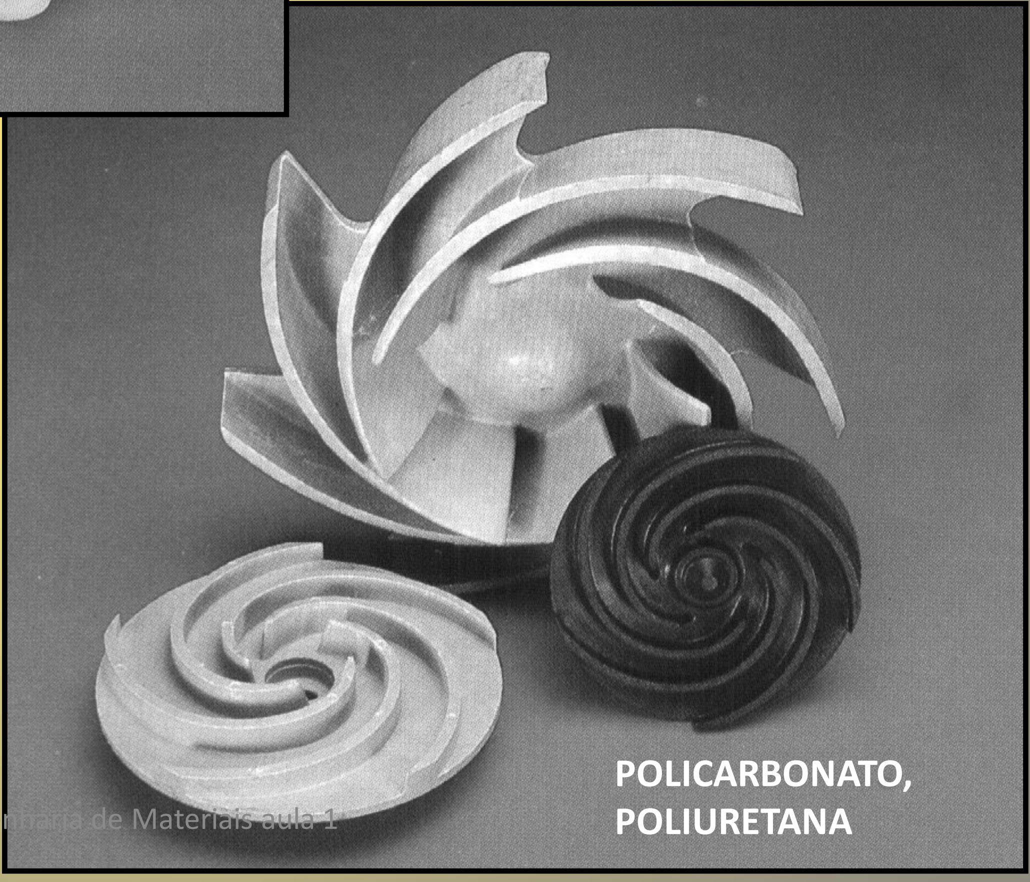
CERÂMICOS

Vantagens: **resistência à compressão, rigidez, temperatura e agressividade do ambiente de serviço, densidade (propriedades específicas), isolantes térmicos e elétricos;**
Desvantagens: **tenacidade à fratura (frágeis), processamento, custo, reciclagem**

POLÍMEROS

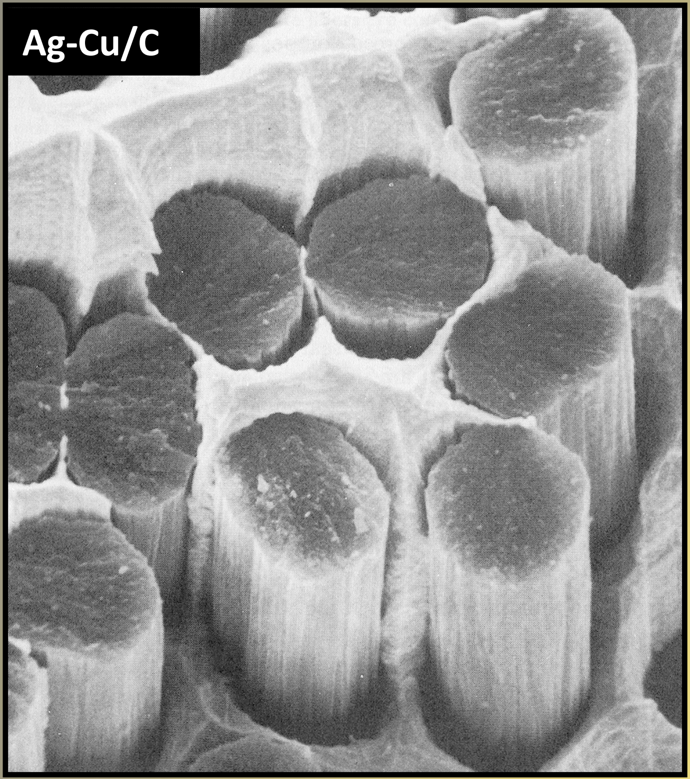


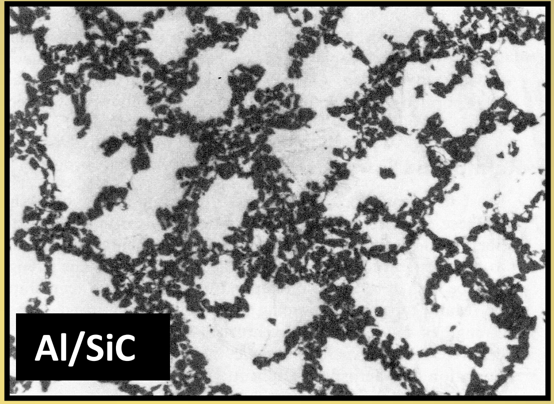
Vantagens: custo, processabilidade/fabricação, resistência à corrosão, densidade (propriedades específicas), isolantes térmicos e elétricos, dutilidade dos termo-plásticos;
Desvantagens: baixa resistência mecânica, rigidez, temperatura e meio de aplicação (UV e solventes), fragilidade dos termo-rígidos, reciclagem

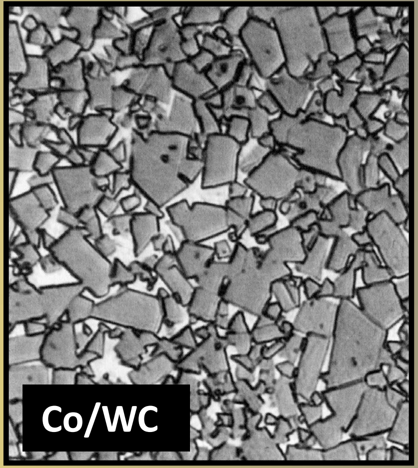


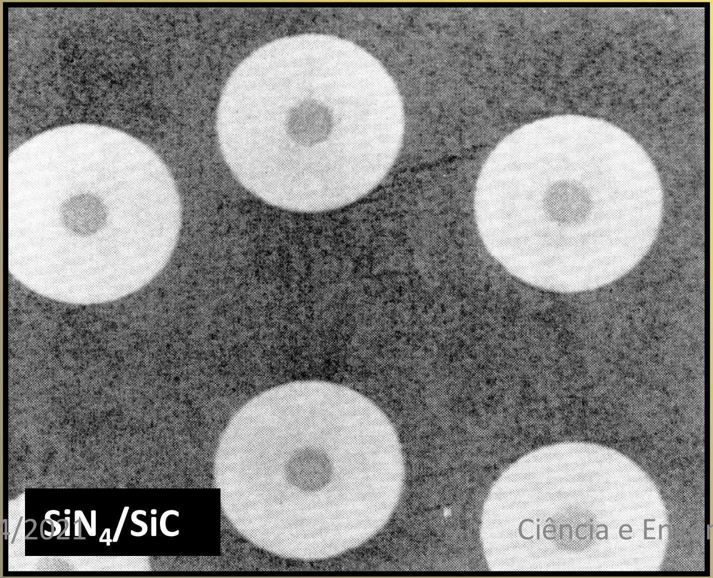
Vantagens: **adequação ao uso (compatibilização-otimização de propriedades individuais);**
Desvantagens: **processamento, custo, reciclagem**

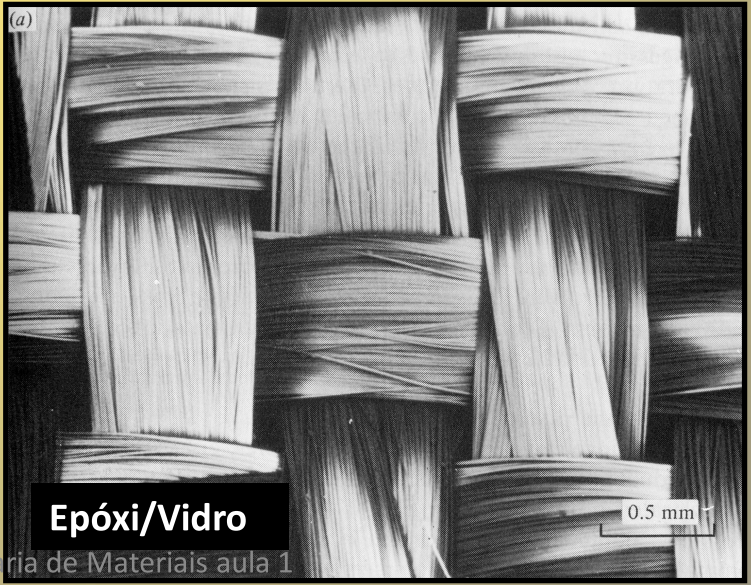
COMPÓSITOS



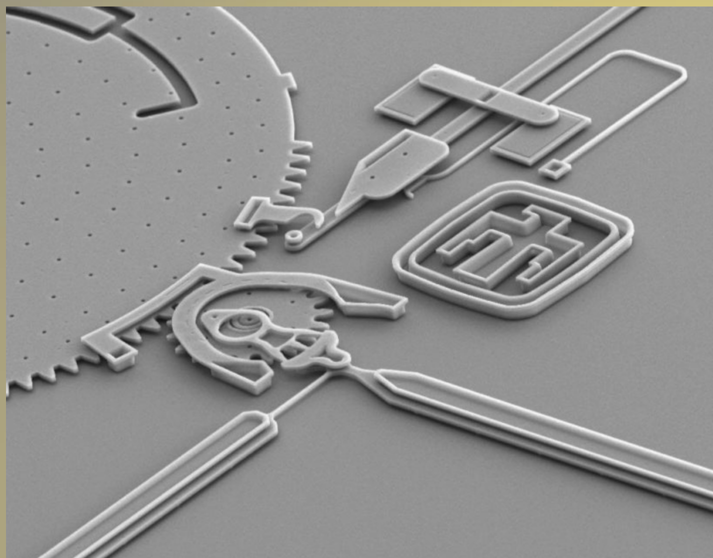




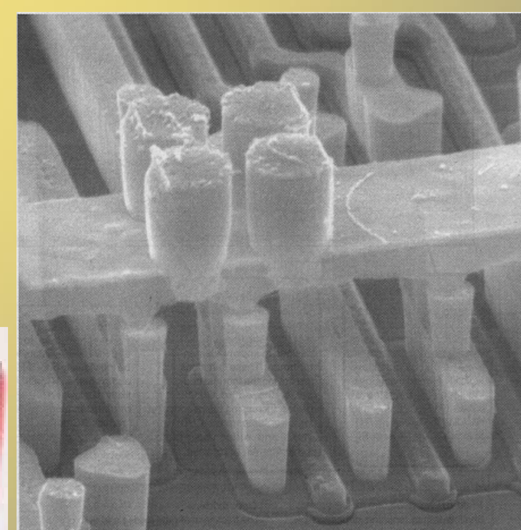




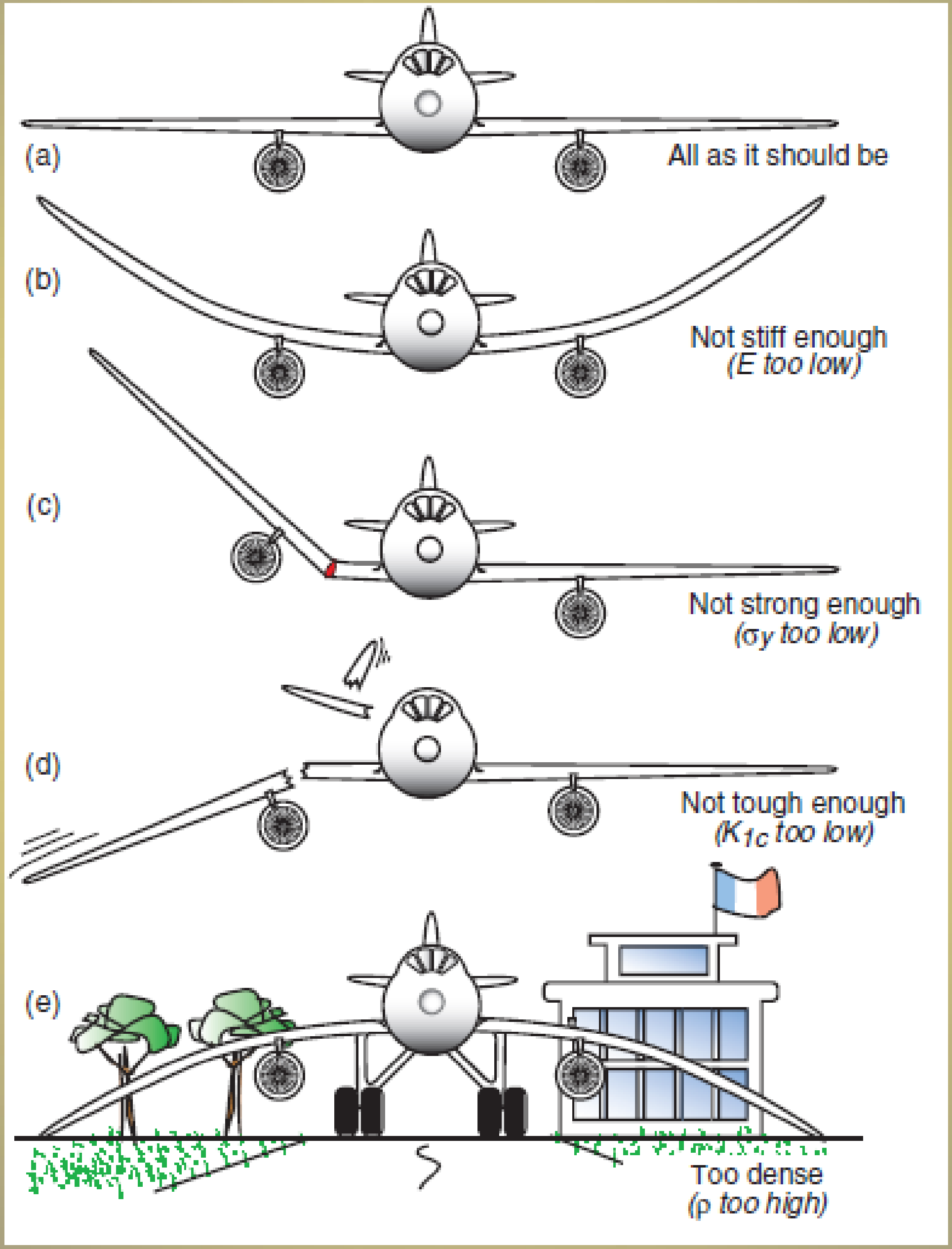
Semi-condutores

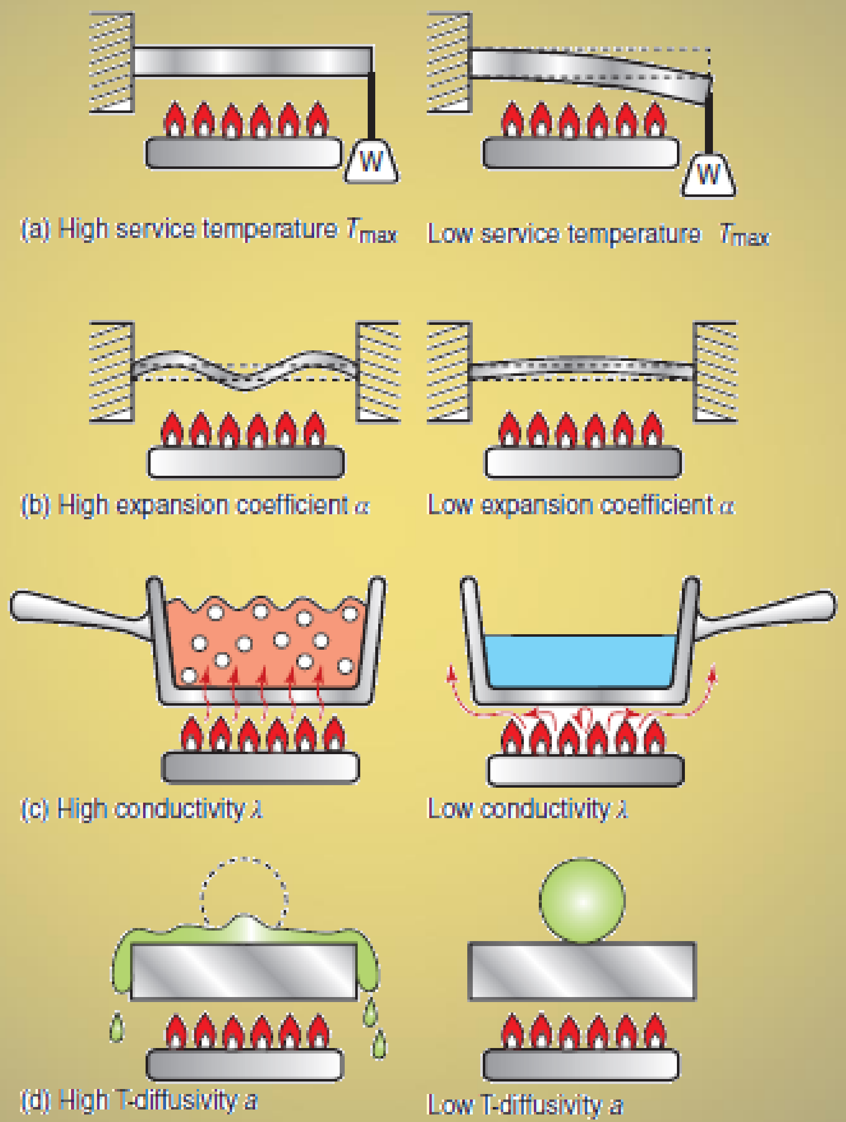


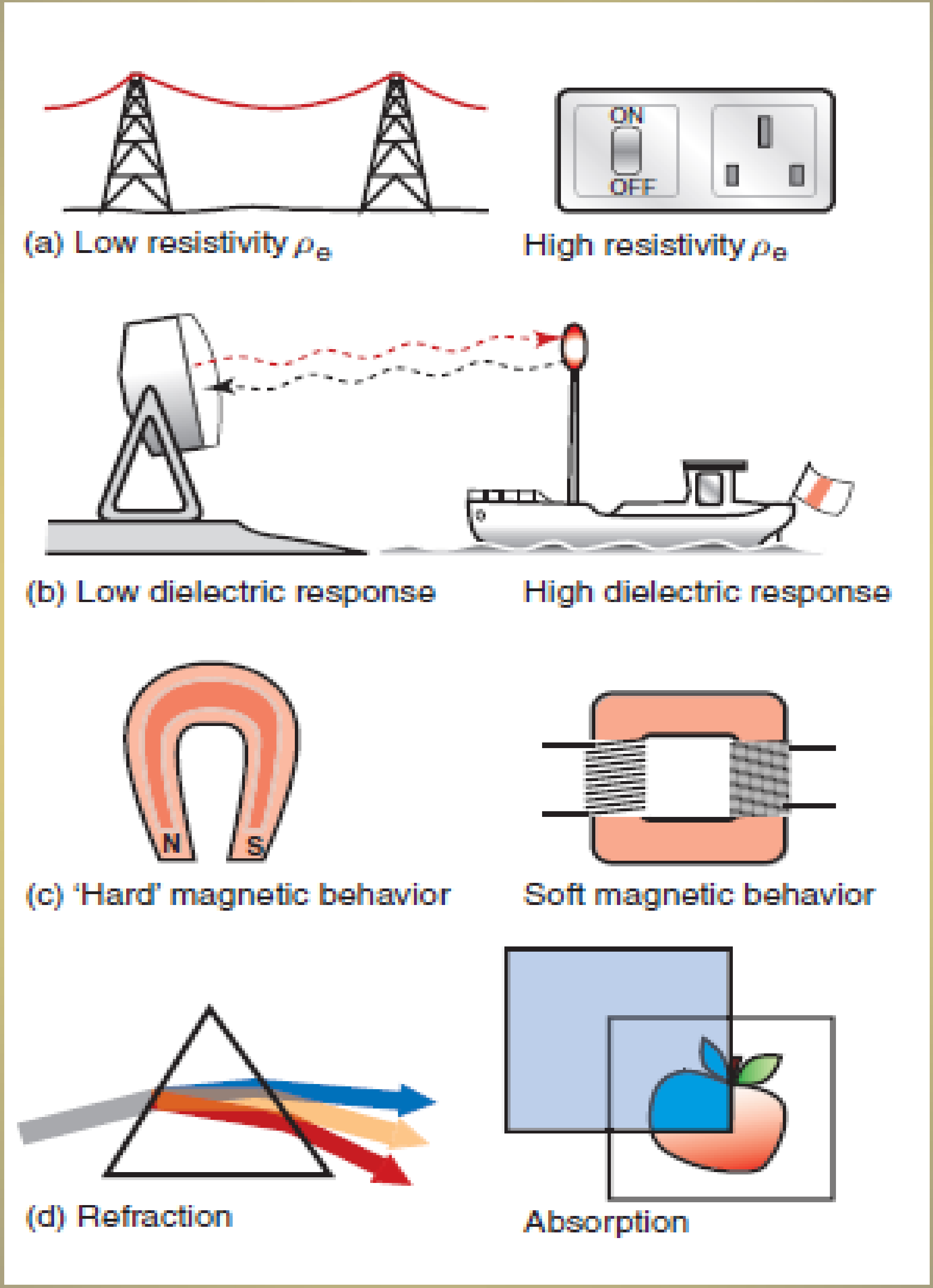
MEMS

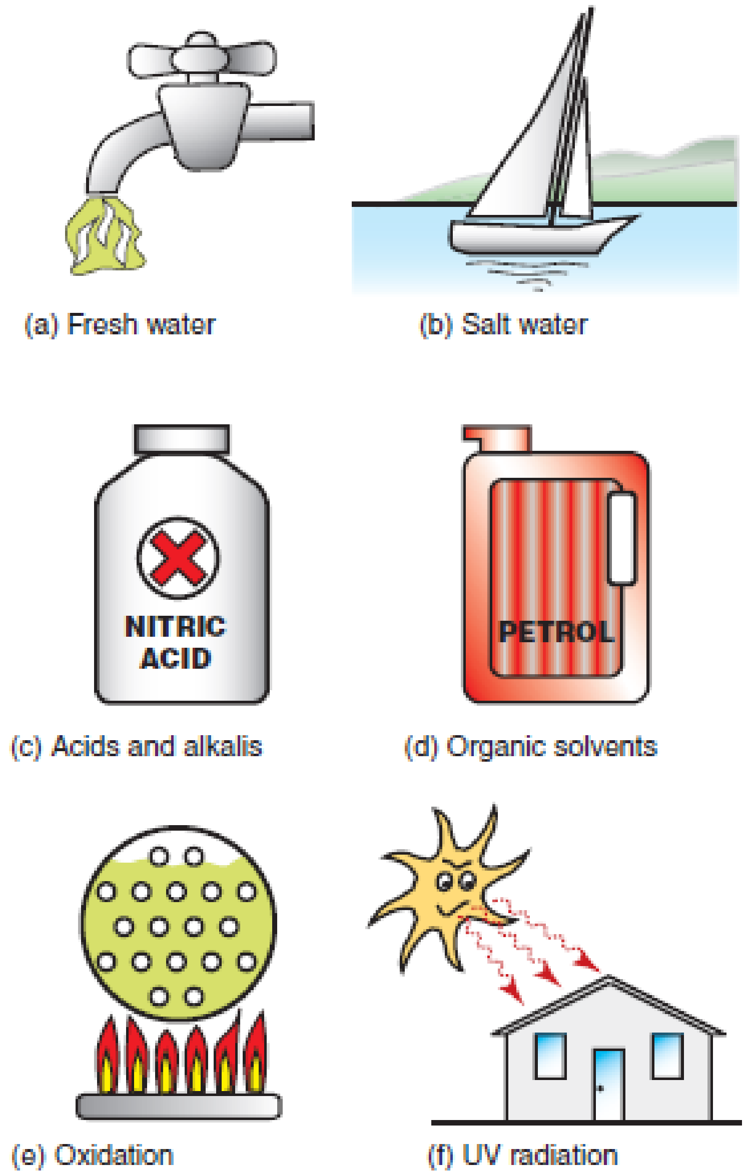


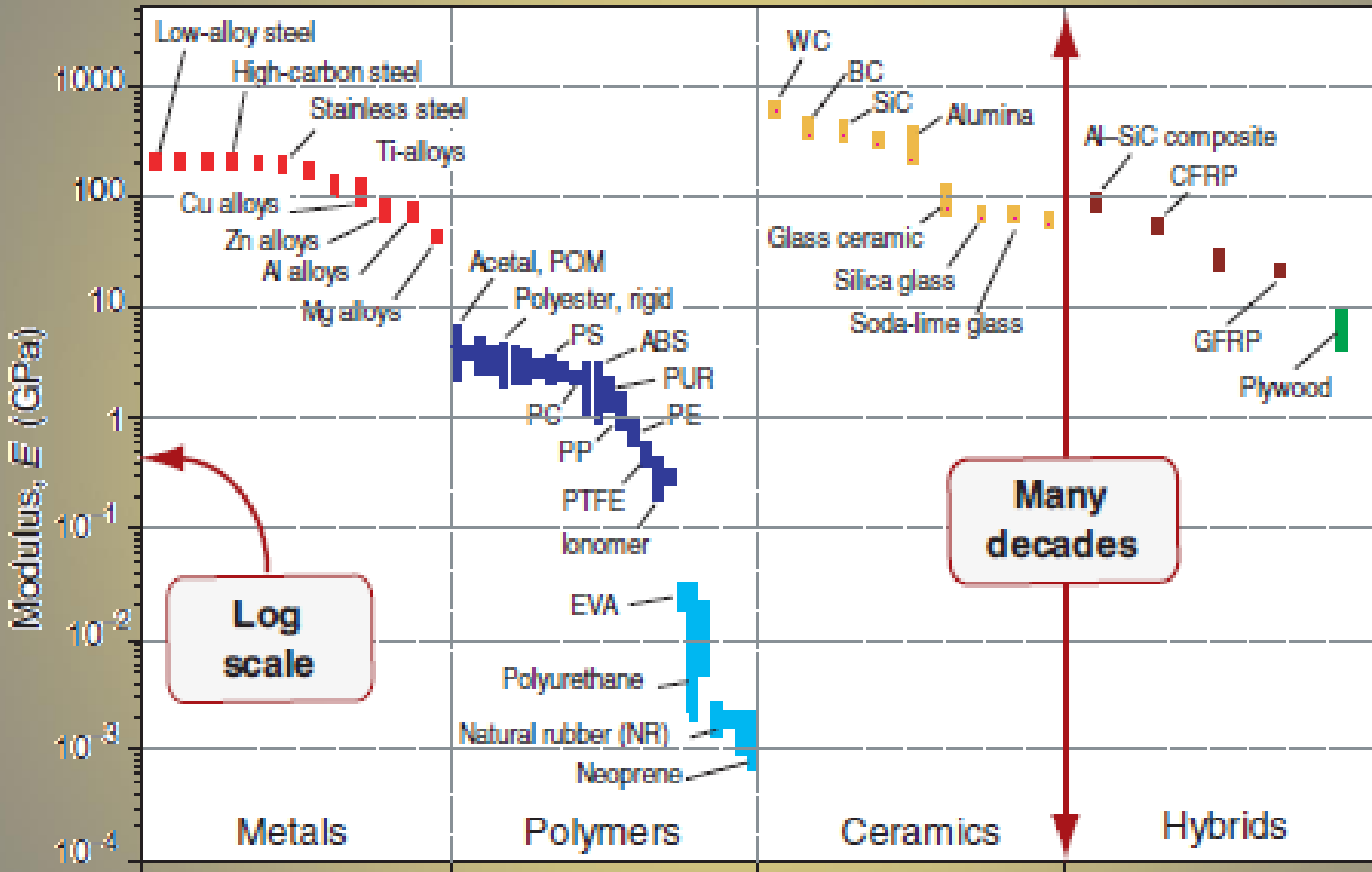
Propriedades




W
W
(a) High service temperature T_{max}
Low service temperature T_{max}
(b) High expansion coefficient α
Low expansion coefficient α
(c) High conductivity λ
Low conductivity λ
(d) High T-diffusivity a
Low T-diffusivity a

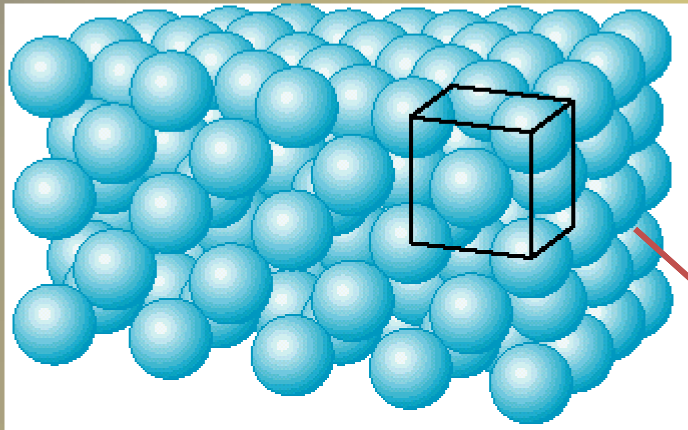

ON
OFF
(a) Low resistivity ρ_e
High resistivity ρ_e
(b) Low dielectric response
High dielectric response
N
S
(c) 'Hard' magnetic behavior
Soft magnetic behavior
(d) Refraction
Absorption


NITRIC
ACID
PETROL
(a) Fresh water
(b) Salt water
(c) Acids and alkalis
(d) Organic solvents
(e) Oxidation
(f) UV radiation

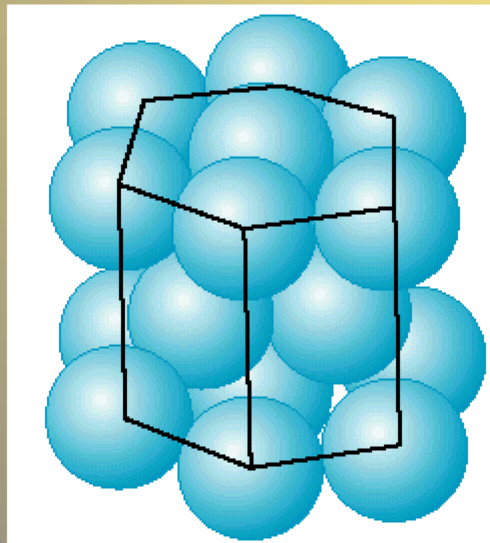


Modulus, E (GPa)
10000
1000
100
10
1
10⁻¹
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴
Low-alloy steel
High-carbon steel
Stainless steel
Ti-alloys
Cu alloys
Zn alloys
Al alloys
Mg alloys
Acetal, POM
Polyester, rigid
PS
ABS
PUR
PC
PE
PP
PTFE
Ionomer
EVA
Polyurethane
Natural rubber (NR)
Neoprene
WC
BC
SiC
Alumina
Glass ceramic
Silica glass
Soda-lime glass
Al–SiC composite
CFRP
GFRP
Plywood
Log scale
Many decades
Metals
Polymers
Ceramics
Hybrids

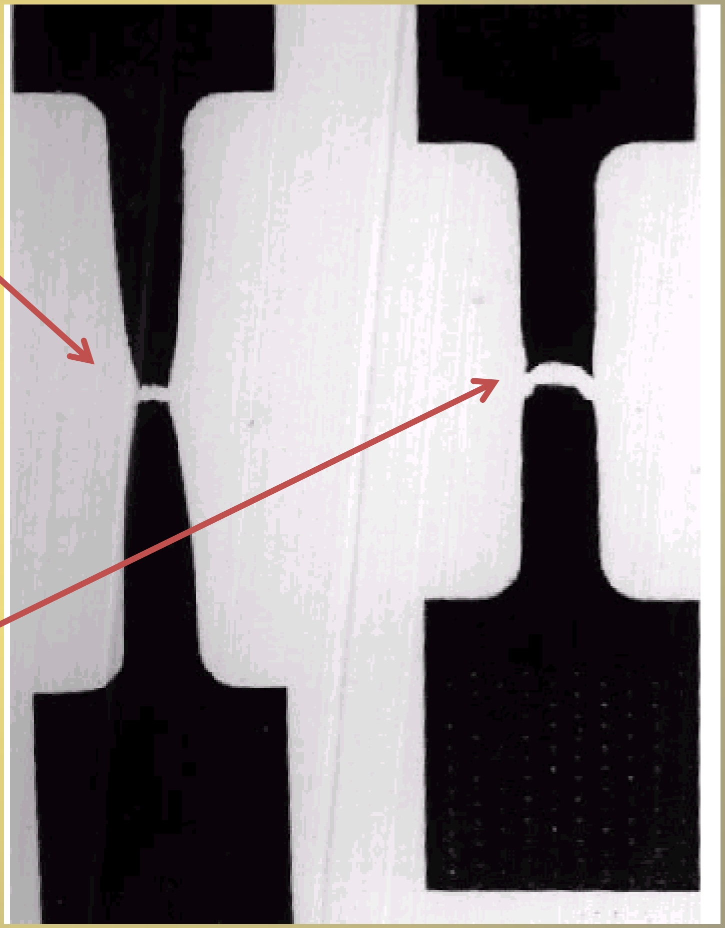
Seleção de Materiais

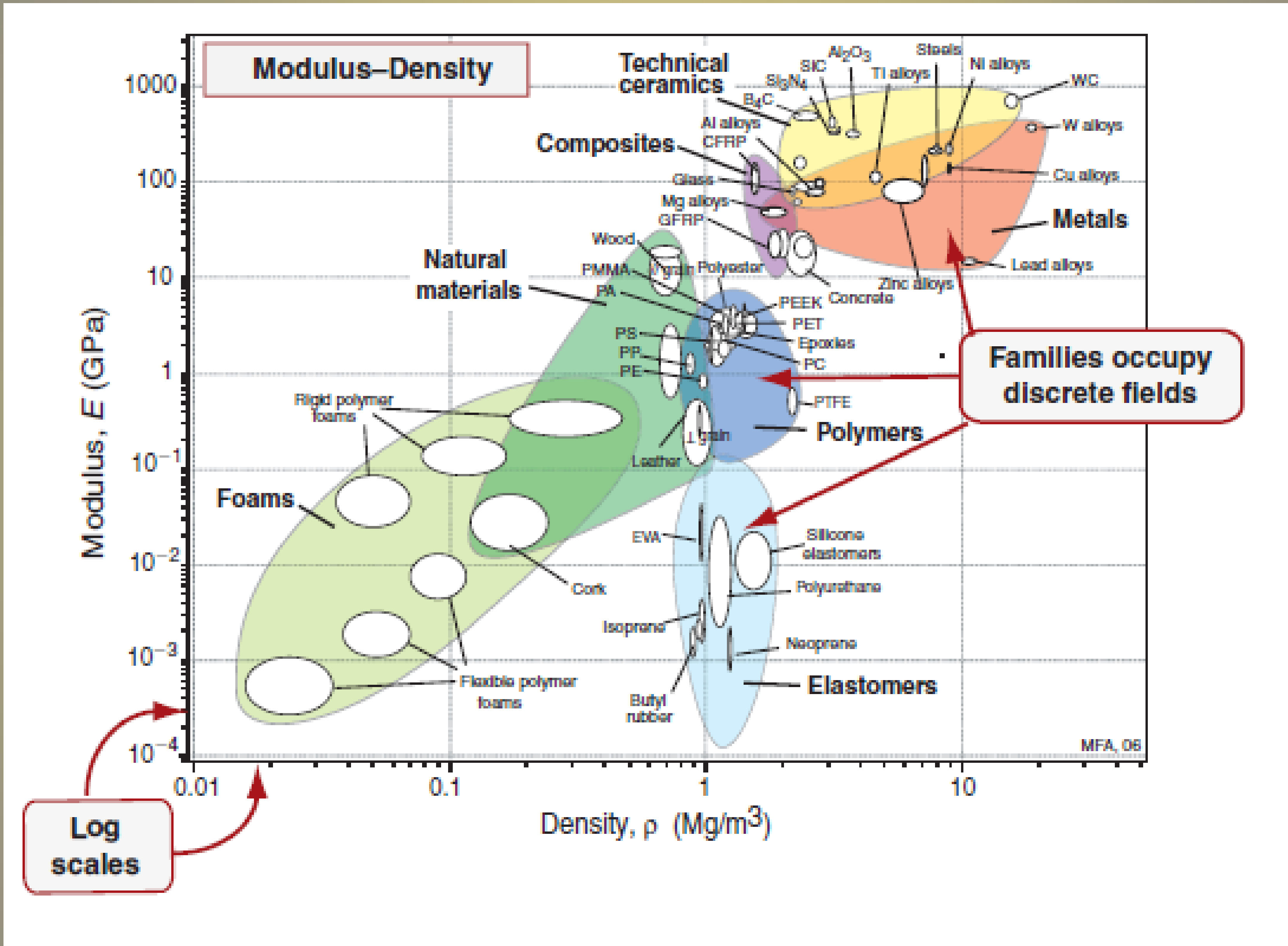


(a) Aluminum

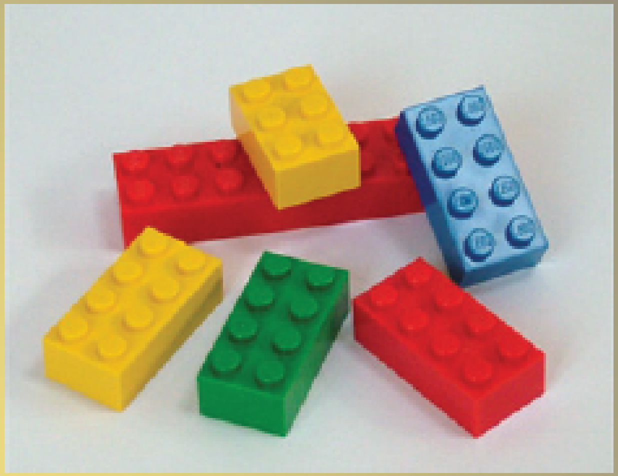


(b) Magnesium




Modulus–Density
Technical ceramics
Composites
Natural materials
Foams
Polymers
Elastomers
Metals
Families occupy discrete fields
Log scales
Modulus, E (GPa)
Density, ρ (Mg/m3)
MFA, 06

Acrylonitrile–butadiene–styrene (ABS)



The Material

ABS (acrylonitrile–butadiene–styrene) is tough, resilient and easily molded. It is usually opaque, although some grades can now be transparent, and it can be given vivid colors. ABS–PVC alloys are tougher than standard ABS and, in self-extinguishing grades, are used for the casings of power tools.

General properties

Density	1e3	–	1.2e3	kg/m^3
Price	2	–	2.7	USD/kg

Mechanical properties

Young's modulus	1.1	–	2.9	GPa
Hardness—Vickers	5.6	–	15	HV
Elastic limit	19	–	51	MPa
Tensile strength	28	–	55	MPa
Compressive strength	31	–	86	MPa
Elongation	1.5	–	1e2	%
Endurance limit	11	–	22	MPa
Fracture toughness	1.2	–	4.3	$MPa.m^{1/2}$

Thermal properties

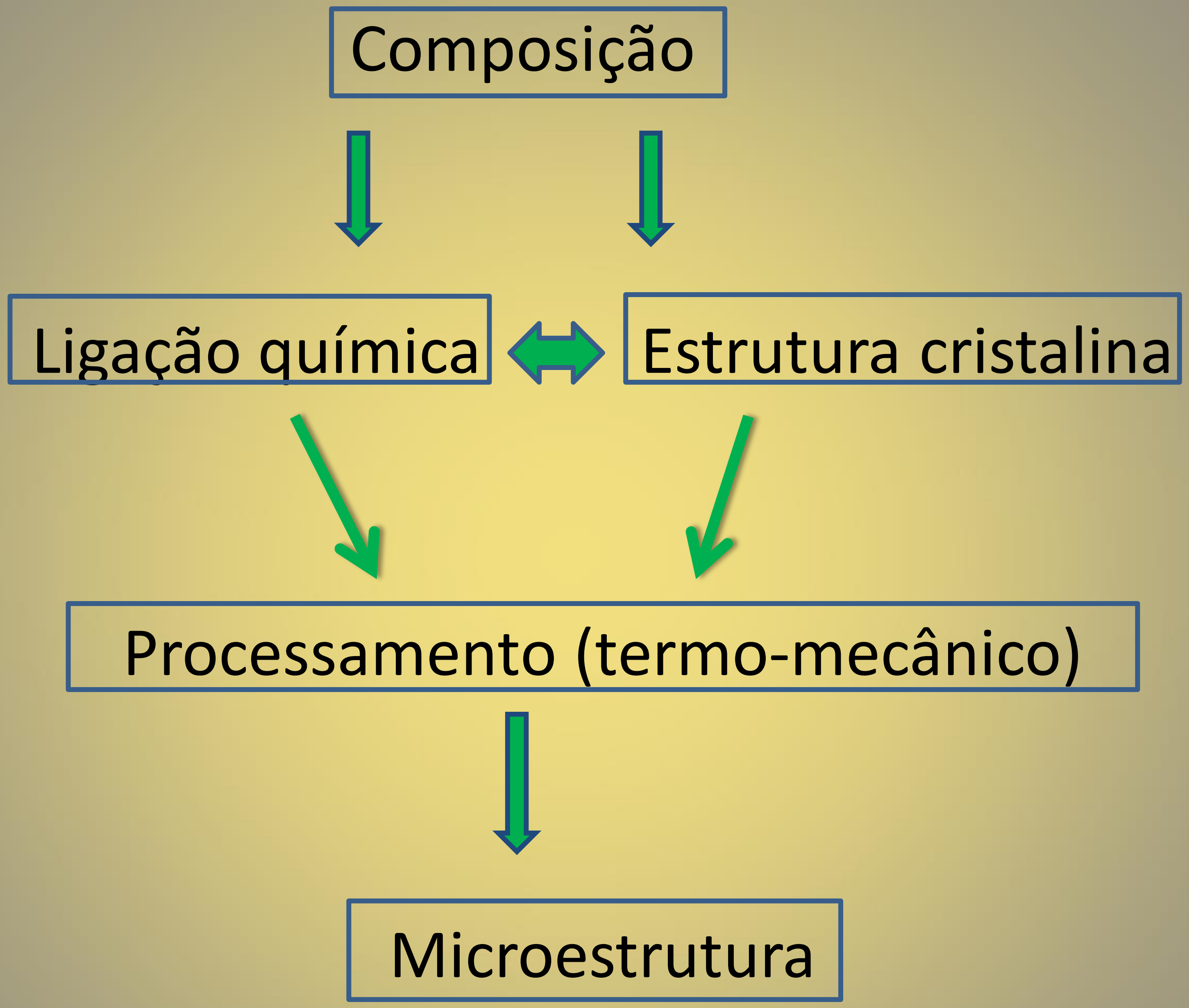
Thermal conductivity	0.19	–	0.34	W/m.k
Thermal expansion	85	–	230	µ.strain/°C
Specific heat	1400	–	1900	J/kg.K
Glass temperature	88	–	130	°C
Max service temp.	62	–	90	°C

Electrical properties

Resistivity	2.3e21	–	3e22	µohm.cm
Dielectric constant	2.8	–	2.2	

Typical uses

Safety helmets; camper tops; automotive instrument panels and other interior components; pipe fittings; home-security devices and housings for small appliances; communications equipment; business machines; plumbing hardware; automobile grilles; wheel covers; mirror housings; refrigerator liners; luggage shells; tote trays; mower shrouds; boat hulls; large components for recreational vehicles; weather seals; glass beading; refrigerator breaker strips; conduit; pipe for drain-waste-vent (DWV) systems.


Composição
Ligação química
Estrutura cristalina
Processamento (termo-mecânico)
Microestrutura

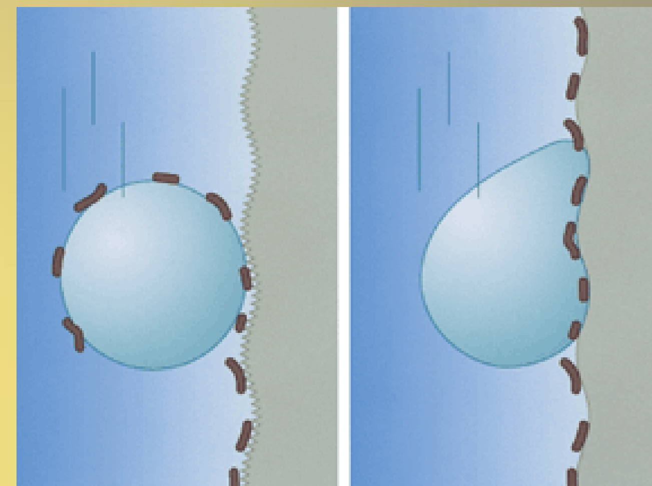
FUTURO e TENDÊNCIAS

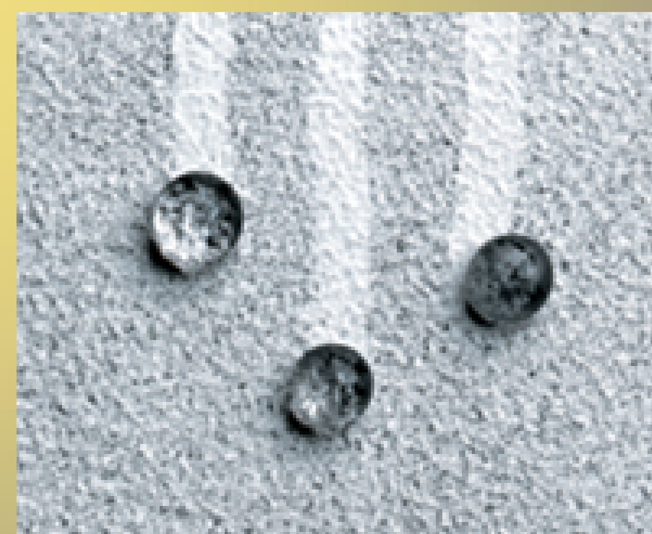
- **Miniaturização**
- **Materiais “inteligentes”**
- **Materiais inspirados na natureza**
- **Eco-materiais**
- **Materiais com Gradiente Funcional**

- Baterias “leves” com altas densidades de armazenamento, turbinas para uso a 2500^{o}C, supercondutores para emprego a temperatura ambiente, sensores químicos de alta sensibilidade para agricultura, consumíveis como tecidos que não precisa “passar “a ferro, etc.

Miniaturização

Materiais inspirados pela natureza





Materiais inteligentes

Tecidos que purificam o ar que respiramos: Baseada em foto-catalisadores, pequenas partículas que são incorporadas no tecido, este tecido reage com as moléculas de oxigénio da atmosfera, dando origem a radicais livres, que por sua vez transformam os poluentes do ar em substâncias químicas não nocivas à saúde.

Materiais inteligentes

Os primeiros testes estão sendo feitos com esferas e rolamentos construídos com esferas **piezocerâmicas.** As esferas foram colocadas entre o chassi e uma estrutura metálica que se conforma ao chassi de um veículo de testes.

Essas "**esferas inteligentes**" podem ser controladas eletronicamente para contrabalançar e neutralizar as vibrações que o veículo sofre enquanto roda.

Assim, o carro passa a ter um mecanismo ativo, controlado por computador, que anula a vibração tão logo ela seja detectada.

Mas há outras possibilidades: em vez de anular as vibrações, o material piezoelétrico pode aproveitá-las para gerar energia elétrica e alimentar as baterias de um veículo híbrido ou elétrico.