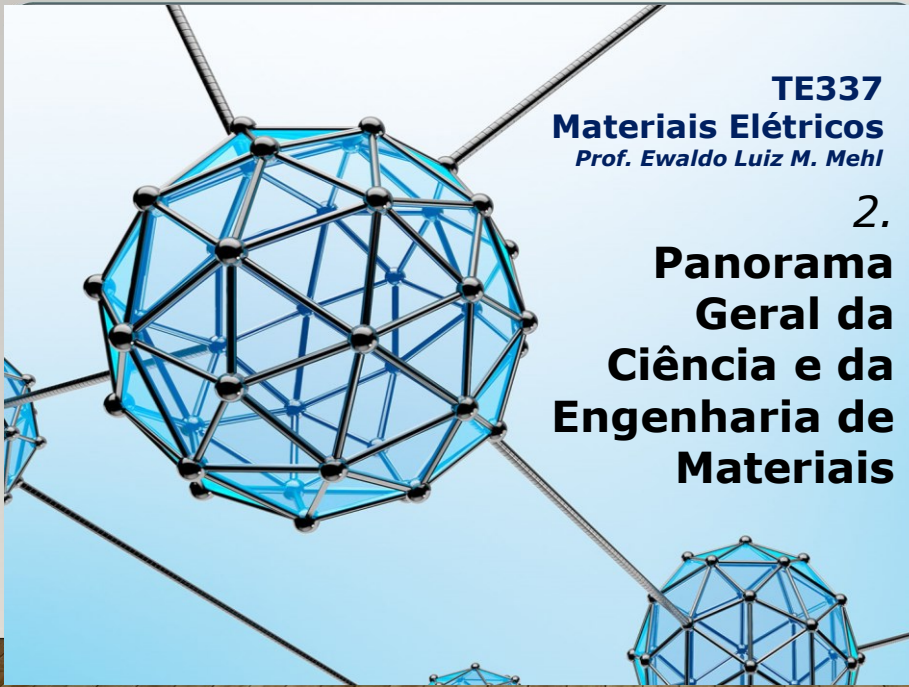




TE337
Materiais Elétricos
Prof. Ewaldo Luiz M. Mehl

2.
Panorama
Geral da
Ciência e da
Engenharia de
Materiais



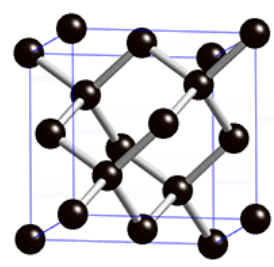

1

2. Panorama Geral da Ciência e Engenharia de Materiais

TE337
Materiais Elétricos
Prof. Ewaldo Luiz M. Mehl

Agenda:

- O que é Ciência dos Materiais
- O que é Engenharia dos Materiais
- Perspectiva Histórica dos Materiais
- Evolução dos Materiais
- Como escolher um Material?
 - Seleção dos materiais pelo Índice de Mérito
- Classificação dos Materiais
 - Classificação pela estrutura atômica
Metais – Cerâmicas – Polímeros – Compósitos – Semicondutores – Biomateriais
 - Classificação pelas Propriedades Físicas
Isolantes – Semicondutores – Condutores
 - Classificação usual para Materiais Elétricos
Condutores – Dielétricos – Semicondutores – Magnéticos
- Materiais Avançados
- Desenvolvimentos futuros

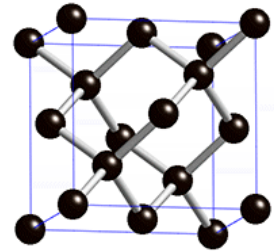


2

2. Panorama Geral da Ciência e Engenharia de Materiais

Agenda:

- O que é Ciência dos Materiais
 - O que é Engenharia dos Materiais
 - Perspectiva Histórica dos Materiais
 - Evolução dos Materiais
- 1.ª parte
- Como escolher um Material?
 - Seleção dos materiais pelo Índice de Mérito
 - Classificação dos Materiais
 - Classificação pela estrutura atômica
Metais – Cerâmicas – Polímeros – Compósitos – Semicondutores – Biomateriais
 - Classificação pelas Propriedades Físicas
Isolantes – Semicondutores – Condutores
 - Classificação usual para Materiais Elétricos
Condutores – Dielétricos – Semicondutores – Magnéticos
 - Materiais Avançados
 - Desenvolvimentos futuros
- 2.ª parte



3

3

3

Ciência dos Materiais

A **Ciência dos Materiais** é um **estudo científico** de caráter **interdisciplinar**, que utiliza conhecimentos das **Ciências Básicas** (química & física) para o **estudo das estruturas dos materiais** e a **relação entre a sua estrutura** (em escalas atômicas ou moleculares) com suas **características macroscópicas**.



4

4

Ciência dos Materiais

A Ciência dos Materiais responde às seguintes perguntas:

Porquê esta estrutura leva o material a ter tal comportamento?

Esta estrutura pode ser usada para desenvolver outro material (com melhores características)?

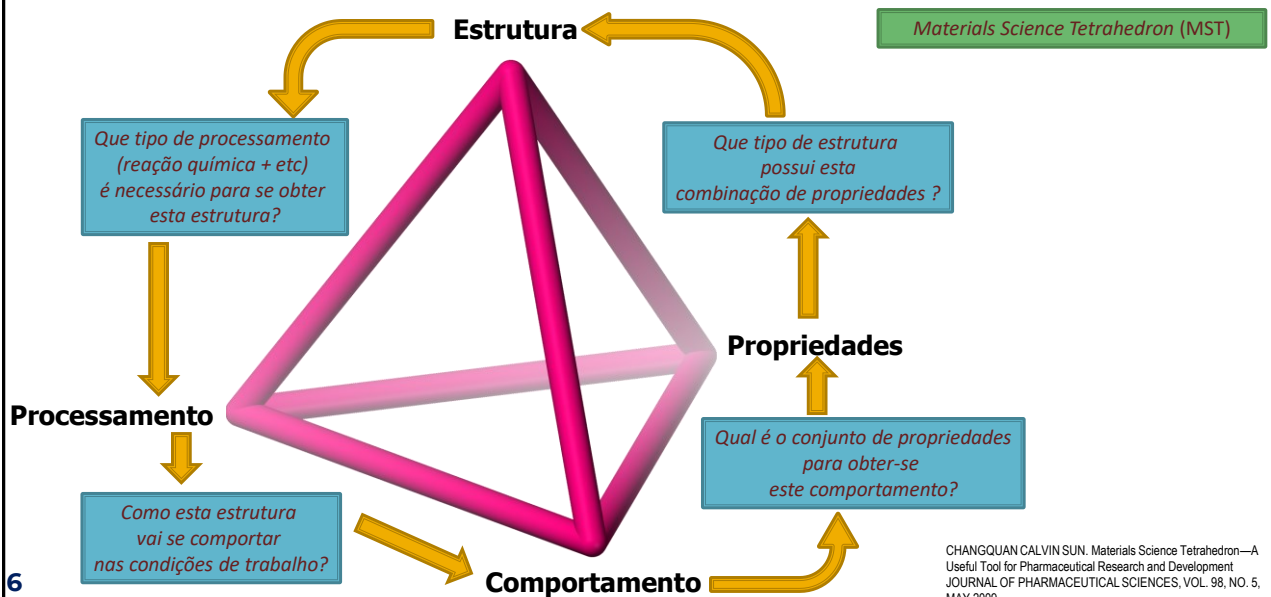
Como produzir este material? (insumos necessários & reações químicas a serem feitas)

E, algumas vezes, criam-se novos materiais!

5

5

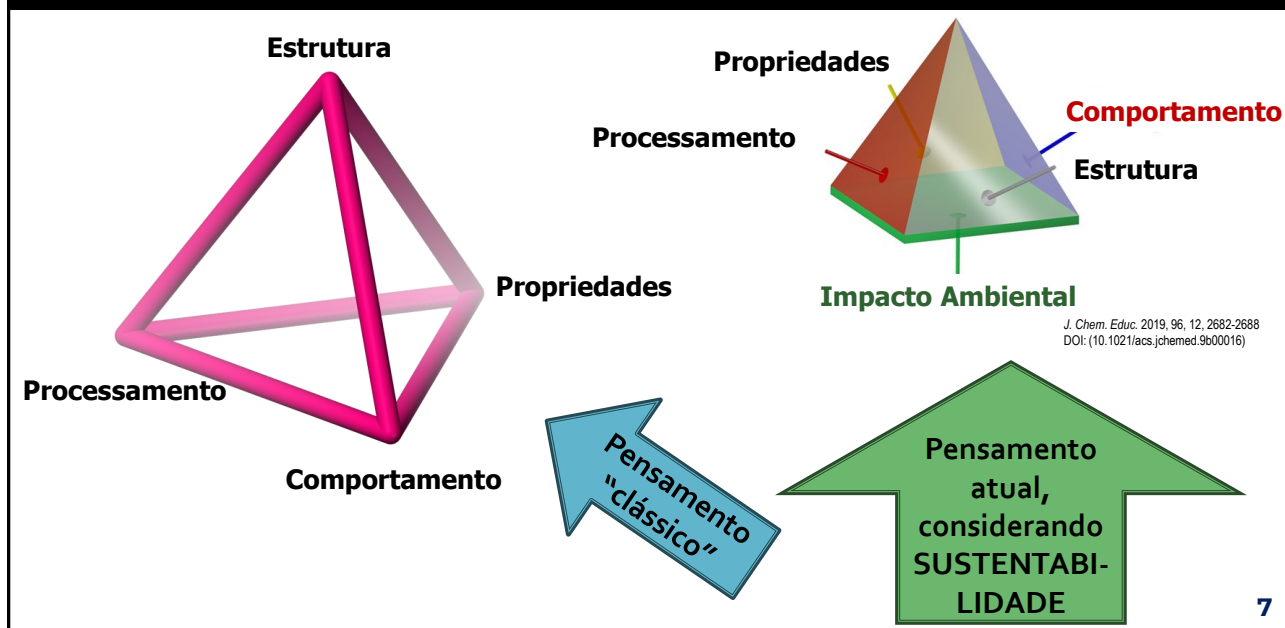
Ciência dos Materiais



6

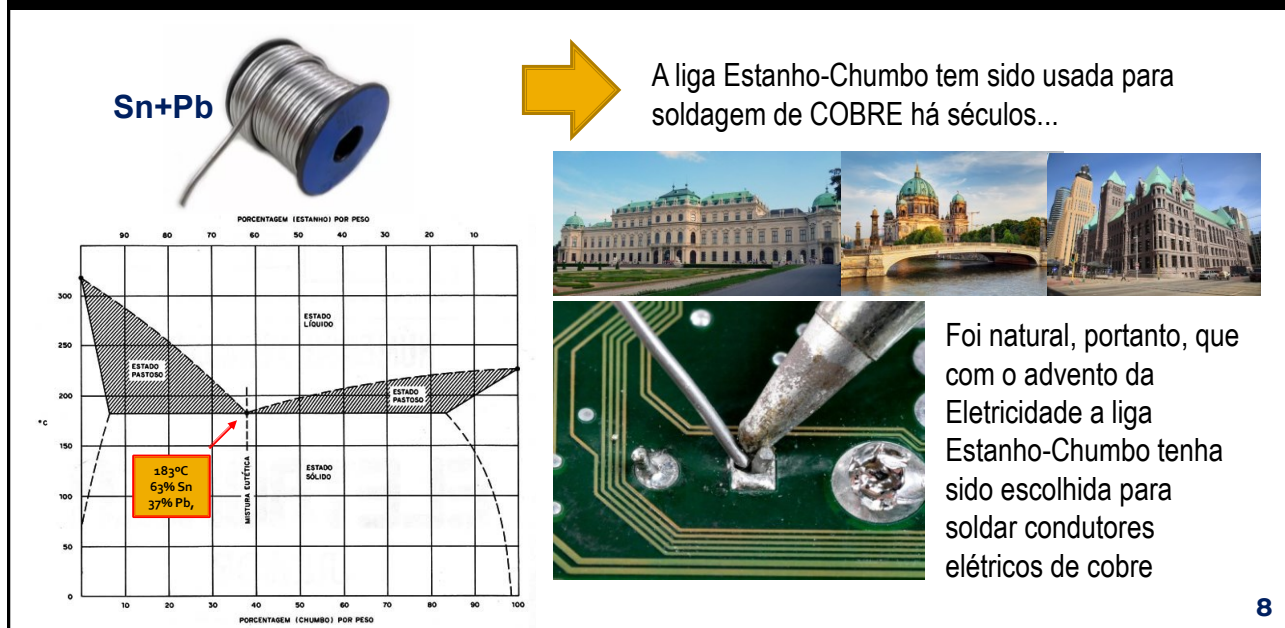
6

Tetraedro x Pirâmide da Engenharia dos Materiais



7

Exemplo de uma MÁ ESCOLHA de Materiais....



8

Exemplo de uma MÁ ESCOLHA de Materiais....



O chumbo é reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um dos elementos químicos mais perigosos à saúde humana.

- O chumbo é bio-acumulativo nos seres vivos. Nos seres humanos os principais efeitos do chumbo são no sistema nervoso (encefalopatia crônica, alterações cognitivas e de humor, neuropatia periférica) e nos rins (nefropatia com gota, insuficiência renal crônica e síndrome de Fanconi).
- Em casos mais graves, os danos cerebrais e renais podem levar à morte.
- Além disso, outros sinais e sintomas podem ser observados: fadiga; irritabilidade; distúrbios do sono; dor de cabeça; dificuldades de concentração; redução da libido; fraqueza nos dedos, pulsos e tornozelos; cólicas abdominais; anorexia; náuseas; constipação intestinal; diarreia; aumento da pressão arterial; anemia; aborto em grávidas; parto prematuro; desenvolvimento neurológico comprometido em crianças; infertilidade masculina.

<https://cevs.rs.gov.br/chumbo>

9

9



- A diretiva **RoHS** restringe o uso nos países membros da Comunidade Europeia, além do **chumbo**, do **mercúrio**, do **cádmio** e do **cromo hexavalente**, e os aditivos plásticos bifenis polibromados (**PBBs**) e éteres difenílicos polibromados (**PBDEs**).
- No caso da solda para eletrônica, as alternativas são ligas de estanho com cobre (<1%) ou estanho, cobre (0,7%) e prata (0,3%).
- Ligas de solda **RoHS** são disponíveis no Brasil com custo aproximadamente 50% mais elevado do que a solda Sn+Pb. Apesar de seu uso não ser obrigatório no Brasil, são usadas por algumas empresas, principalmente as que exportam seus produtos para a Europa.

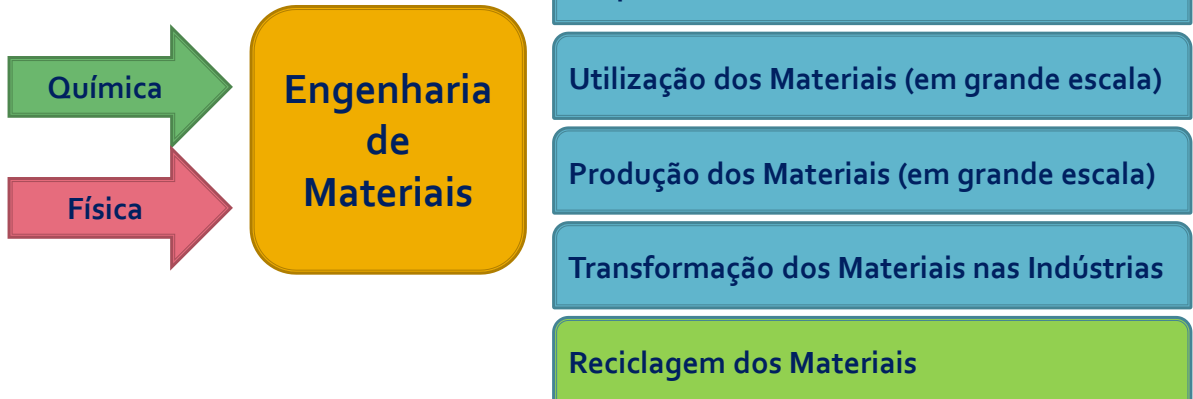


10

10

Engenharia dos Materiais

A **Engenharia de Materiais** é um ramo da engenharia em que a interdisciplinaridade da **física** e da **química** são utilizadas no **estudo das propriedades**, na **utilização** (em grande escala), na **produção** (em grande escala), na **transformação dos materiais nas indústrias** e na **reciclagem dos materiais**.



11

11

Engenharia dos Materiais

A **Engenharia dos Materiais** responde às seguintes perguntas:

- Quais são os materiais que podem ser usadas nesta aplicação?
- Qual será o desempenho deste material, quando utilizado nesta aplicação?
- Qual é o processo de fabricação deste material, em escala industrial?
- Qual é o custo de produção (ou compra) deste material, em escala industrial?
- Há viabilidade econômica de usar este material, nesta aplicação?
- Há outras alternativas de materiais, para esta aplicação?
- Qual o impacto ambiental ao se fabricar e usar este material?
- É reciclável? Como?

12

12

Perspectiva Histórica dos Materiais

Início da Engenharia de Materiais:

- “Idade da Pedra”: 2,5 milhões de anos atrás
- Caracterizada pelo uso de materiais naturais: pedra, madeira, barro, peles etc.



13

13

Perspectiva Histórica dos Materiais

A “Idade da Pedra” terminou em aproximadamente 5000 anos AC, com a desenvolvimento do **Bronze** no Oriente Médio, dando início à “Idade do Bronze”.

O **Bronze** é uma **liga** (= um metal feito de mais de um elemento químico) de **Cobre** + < 25% de **Estanho** + outros elementos.

- Pode ser deformado ou fundido em uma infinidade de formas
- Pode ter durezas diferentes, dependendo da composição da liga
- Apresenta baixa corrosão após a formação de um filme de óxido
- Há indícios históricos que o bronze foi inventado “por acaso”, quando se usou minério de cobre contaminado por estanho, proveniente da região do Monte Sinai.



14

14

Fim da “Idade do Bronze”

Batalha de Kadesh ou de Cades (1274 BC): forças do Império Egípcio, lideradas pelo faraó egípcio Ramsés II, contra as forças lideradas pelo rei hitita Hatusil III.



A Batalha de Kadesh marca ao mesmo tempo o ápice da expansão do Império Egípcio, sob o reinado de Ramsés II, e o início do declínio desta civilização milenar. Nos séculos seguintes o Egito foi sucessivamente dominado pelos assírios, pelos persas, pelos macedônios, pelos romanos e pelos árabes.

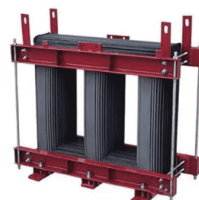
15

15

Perspectiva Histórica dos Materiais

Atualmente: A maioria dos autores considera que estamos *ainda* na **Era do Ferro!**

- Automóveis, caminhões, motocicletas, trens, navios
- Carcaça de motores elétricos: ferro fundido
- Núcleos magnéticos (motores, transformadores): aço-silício
- Construção civil: estruturas metálicas & aço do concreto armado

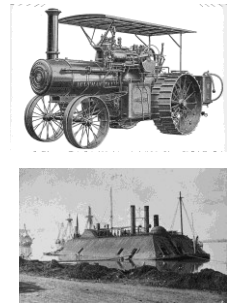


16

16

Perspectiva Histórica dos Materiais

- A **Era do Ferro** iniciou-se a aproximadamente 3000 anos AC e continua até atualmente.
- Primeiros objetos de ferro: proveniente de meteoritos (Índia e China).
- Apesar dos gregos e hititas terem dominado a fundição do ferro aproximadamente no ano 1000 AC, a Europa "esqueceu" o método de refino do ferro, que só foi redescoberto entre 1150 DC e 1350 DC.
- O uso do ferro e do aço mudou drasticamente a vida das pessoas em geral.



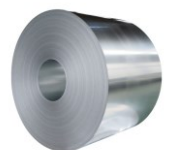
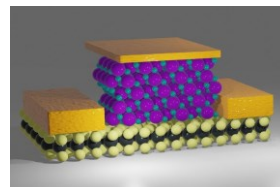
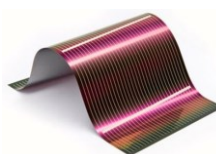
17

17

Perspectiva Histórica dos Materiais

Estamos vivendo o início da **Era dos Novos Materiais**:

- A Ciência dos Materiais conseguiu uma melhor compreensão das **relações entre as estruturas, as propriedades, o processamento e o desempenho** dos materiais.
- Está ocorrendo o projeto inteligente de NOVOS MATERIAIS.
- <https://youtu.be/aRn7hoUiKIU>
- <https://youtu.be/DUXvnuR8qAg>



18

18

Perspectiva Histórica dos Materiais

Exemplo do advento da **Era dos Novos Materiais:**

SUBSTITUTO

DO AÇO?



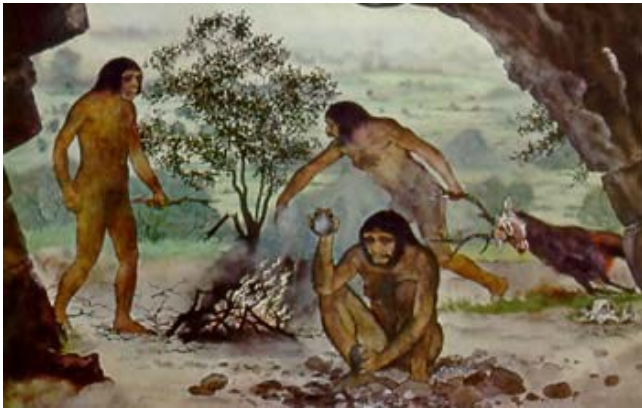
Parâmetro	Vergalhão de aço	Vergalhão de fibra de vidro	Benefícios
Resistência à tração MPa	500	1000	Mais forte
Peso metro linear 8mm	0.395K	0.080kg	Mais leve
Tamanho de Barras	12m	até 100m	Melhor aproveitamento
Durabilidade embutido no concreto	50 anos	(+) 100 anos	Mais durável
Durabilidade embutido no concreto em classe de agressividade III e IV	(+/-) 5 anos	(+) 100 anos	Mais durável
Resistência à corrosão	Não	Sim	Mais durável
Condutividade elétrica	Sim	Não	Sem riscos de acidentes
Condutividade térmica	Sim	Não	Não dissipa calor
Cobrimento de concreto em classe de agressividade III e IV	35mm a 45mm	20mm	Menor volume de concreto

19

19

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Materiais naturais	Uso dos materiais como eles se apresentam na natureza, sem modificações	Pedras e galhos de árvores



20

20

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Materiais naturais trabalhados	Os materiais naturais são modificados em seu formato. Os artefatos obtidos mantêm as propriedades físicas do material natural com o qual foi fabricado.	Machado de pedra, mesa de madeira, cadeira de madeira, tábuas



21

21

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Materiais naturais sinterizados	Os materiais naturais sofrem processos térmicos que mudam suas características. O artefato obtido tem propriedades físicas diferentes do material natural que lhe deu origem.	Cerâmica, Porcelana, Vidro, Tijolo, Telhas, Cimento



22

22

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Metais	O material natural sofre oxirredução (geralmente por processo térmico) que o purifica. O material não se apresenta na natureza nesta forma. As propriedades físicas do material obtido são muito diferentes daquelas observadas em qualquer material natural.	Cobre, ferro, alumínio, ouro, prata

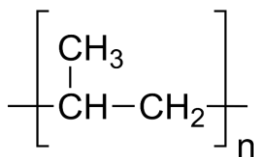


23

23

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Moléculas sintéticas	Materiais naturais sofrem processos químicos complexos, que rearranjam seus átomos na forma de cadeias moleculares não existentes na natureza. As propriedades físicas obtidas são inexistentes na natureza.	Polímeros (borracha, plásticos); medicamentos

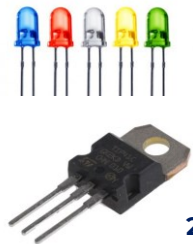
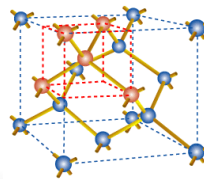
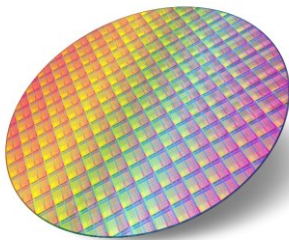


24

24

Evolução dos Materiais

Era	Característica	Exemplo
Cristais sintéticos	Materiais naturais sofrem processos químicos, térmicos e elétricos complexos, que rearranjam seus átomos na forma de cristais não existentes na natureza. As propriedades físicas obtidas são inexistentes na natureza (e surpreendentes!).	Semicondutores: silício, germânio, GaAs, InGaAsP, SiC



25

25

Evolução dos Materiais

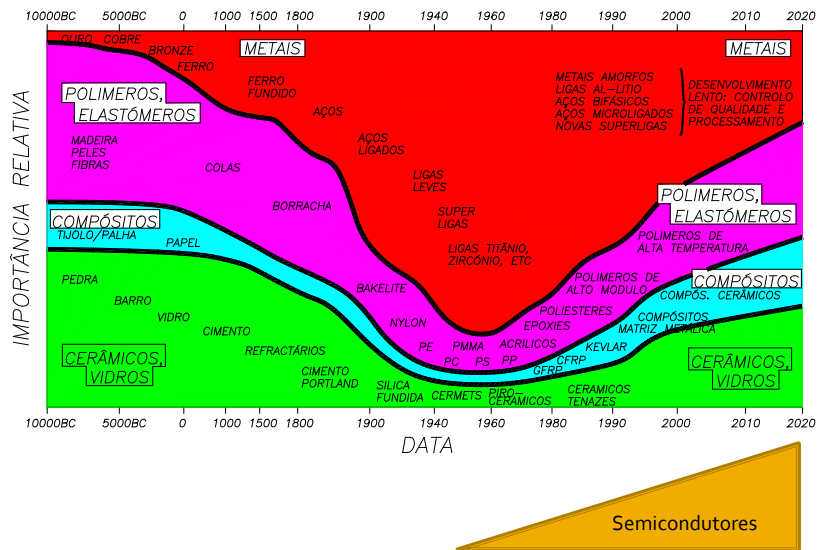
Era	Característica	Exemplo
FUTURO (?) Átomos sintéticos	Cristais sintéticos e naturais sofrem bombardeamento de prótons e nêutrons que modificam seus núcleos atômicos, criando isótopos estáveis. As propriedades físicas obtidas são inimagináveis!	?



26

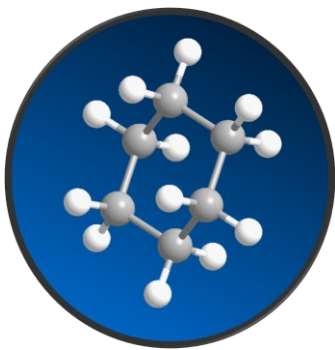
26

Evolução dos Materiais



27

Próxima aula:



Panorama Geral da Ciência e Engenharia dos Materiais [2.ª Parte]

28

Créditos

- ASKELAND, Donald R, WRIGHT, Wendeli J. **Science and Engineering of Materials**, Si Edition, 2015. Cengage Learning.
- DONAHUE, Craig J. **Reimagining the Materials Tetrahedron** Journal Chem. Educ. 2019, 96, 12, 2682–2688, July 8, 2019 <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00016>
Copyright © 2019 American Chemical Society and Division of Chemical Education, Inc.

© Ewaldo Luiz de Mattos Mehl, 2025



29