



PME 3430

Materials para Construção Mecânica

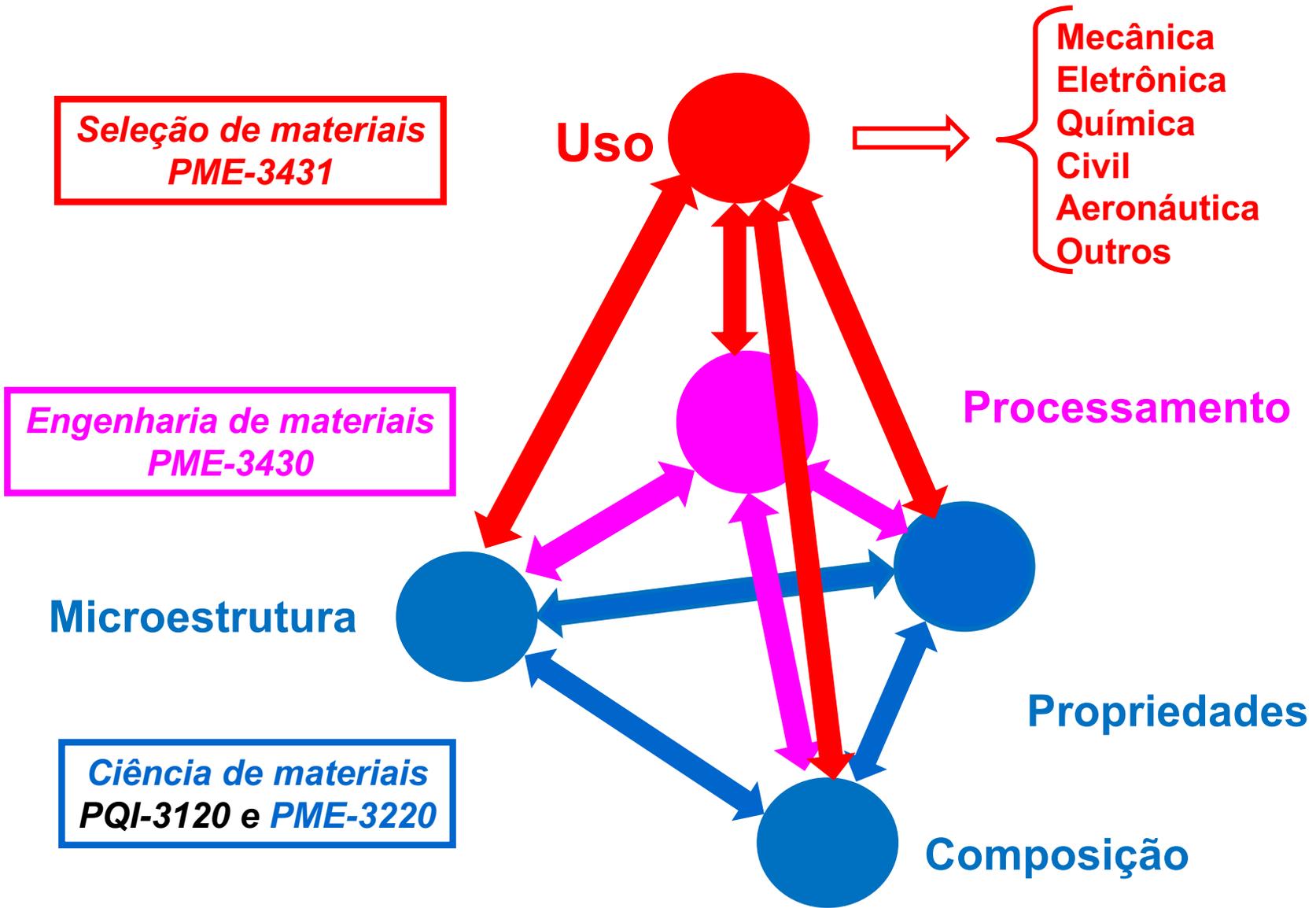
Profs. Drs.: Newton K. Fukumasu, Deniol K. Tanaka & Amilton Sinatora

Livro Texto:

CALLISTER, William D., *Materials science and engineering: an introduction*. 8ed. New York: John Wiley, 2009. 122p. ISBN-13: 978-0-471-73696-7



Ciência, engenharia e seleção de materiais



Material



Disciplina de Materiais

PQI 3120 - Química Tecnológica

PME 3220

Propriedade e Estrutura de Materiais

PME 3430

Materiais para construção Mecânica

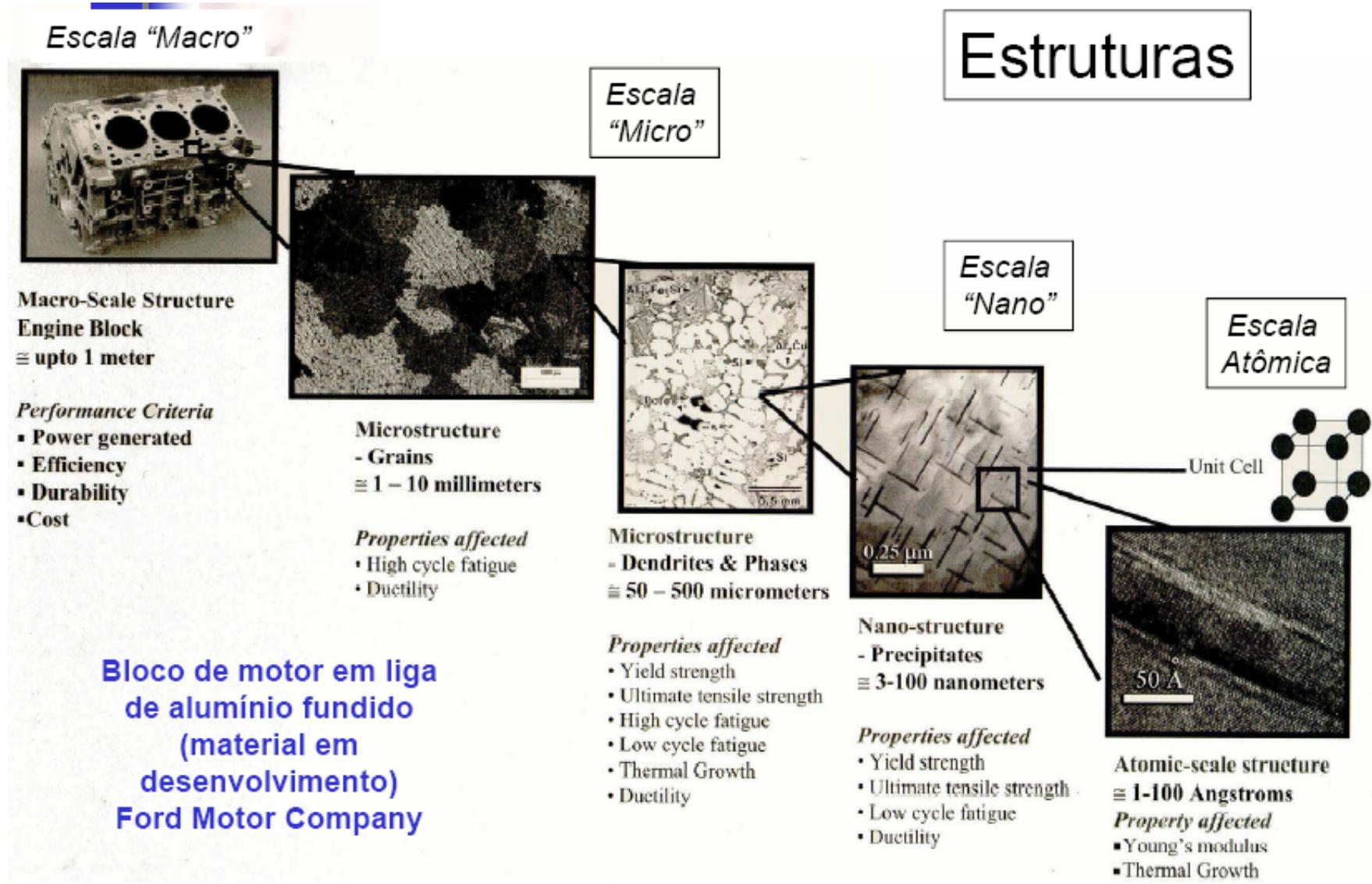
PME 3431

Seleção de Materiais

Construção de protótipo

PME 3584
Análise de Falhas

Visão multi-escala dos materiais em engenharia



Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/pmt5783/01%20Ciencia%20dos%20Materiais_Apresentacao.pdf>. Acesso em jun 2011.



Cronograma de Atividades – 1º Semestre 2017

Proposta – 2

Aula	Data	Tópico do Programa
01	08/03	Apresentação da disciplina, critérios de avaliação e revisão de conceitos
02	15/03	Definição dos temas de trabalho e revisão de conceitos
03	22/03	Processamento de ligas metálicas (fundição)
04	29/03	Processamento de ligas metálicas (laminação e forjamento)
05	05/04	Tratamento térmico de ligas metálicas (diagrama TTT)
-	12/04	SEMANA SANTA – Não haverá aula
06	19/04	Tratamento de superfícies de ligas metálicas (químico e mecânico)
07	26/04	Processamento de polímeros (polimerização, borrachas e vulcanização)
08	03/05	Polímeros avançados (vítreos, piezos)
09	10/05	PROVA – P1 e entrega de TRABALHOS – T1
10	17/05	Processamento de cerâmicas (fundição e sinterização)
11	24/05	Processamento de cerâmicas (tratamento térmico)
12	31/05	Cerâmicas avançadas (piezos e termo-elétricos)
13	07/06	Recobrimentos cerâmicos (carbonetos, nitretos, óxidos)
14	14/06	Compósitos metal/cerâmicos (ferramentaria)
15	21/06	Compósitos polímero/cerâmicos (fibras de carbono, aramida)
16	28/06	Entrega de TRABALHOS – T2
17	05/07	PROVA – P2
18	07/07	PROVA Substitutiva



Provas

- ❖ Individual
- ❖ Duração de 100 minutos
- ❖ Dissertativa

- ❖ **Primeira prova P1 – 10 de maio 2017**
- ❖ **Segunda prova P2 – 28 de junho 2017**

- ❖ Nota final calculada como:
 - ❖ Nota final = $0,3 (P1+P2) + 0,2 (T1+T2)$

- ❖ Prova substitutiva: fechada, com substituição da P1 ou P2



Trabalho

- **Grupo de 6 (seis) alunos**
 - ❖ **Se $\neq 6$: -2 na nota do trabalho**
 - ❖ **EXCESSÃO: somente uma turma com $\neq 6$**
- **T1 - máximo de 10 (dez) páginas tamanho A4**
 - ❖ **Se >10 : -2 na nota T1**
 - ❖ **Data da entrega: 10 de maio de 2017**
- **T2 - Máximo de 20 (vinte) páginas tamanho A4**
 - ❖ **Se >20 : -2 na nota T2**
 - ❖ **Data da entrega: 28 de junho de 2017**
- **Tipo “Times New Roman 12 pts”**
- **Espaçamento “pelo menos 12 pts”**
- **Texto conforme: “Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses” ***
- **NÃO ENCADERNAR (apenas grampear)**
 - ❖ **Se encadernar : -2 na nota do trabalho**



Trabalho

- ❖ Trabalho em duas partes:
 - ❖ T1 entrega em 10 de maio de 2017
 - ❖ T2 entrega em 28 de junho de 2017

- ❖ Primeira parte: pesquisa de uma peça/sistema
 - ❖ A seleção de um componente é semi-aberta (depende do aval do professor)
 - ❖ Descrição funcional desse componente (Por que ele é feito com os materiais escolhidos? Quais os requisitos desse componente? Quais os carregamentos? Quais os processos de fabricação?)

- ❖ Segunda parte: ?



Revisão de conceitos

- ❖ **Tipos de materiais**
 - ❖ **Metálicos**
 - ❖ **Poliméricos**
 - ❖ **Cerâmicos**
 - ❖ **Compósitos**
- ❖ **Ligações atômicas**
 - ❖ **Iônica**
 - ❖ **Covalente**
 - ❖ **Metálica**
 - ❖ **Van der Waals**
- ❖ **Estrutura dos materiais**
 - ❖ **Cristalina**
 - ❖ **Não cristalina**
 - ❖ **Amorfa**
 - ❖ **Microestrutura**
- ❖ **Diagrama de fases**
 - ❖ **Microconstituintes dos materiais**
- ❖ **Propriedades dos materiais**
 - ❖ **Físicas**
 - ❖ **Mecânicas**
 - ❖ **Falha**



Materiais metálicos

❖ **Propriedades**

- ❖ **Ligação:**
- ❖ **Densidade:**
- ❖ **Rigidez:**
- ❖ **Propriedades térmicas:**
- ❖ **Propriedades elétricas:**
- ❖ **Propriedades ópticas:**
- ❖ **Resistência mecânica:**
- ❖ **Resistência à falha:**
- ❖ **Resistência ao desgaste:**

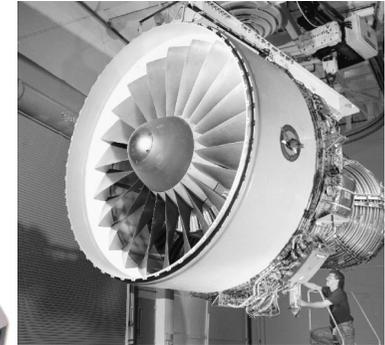
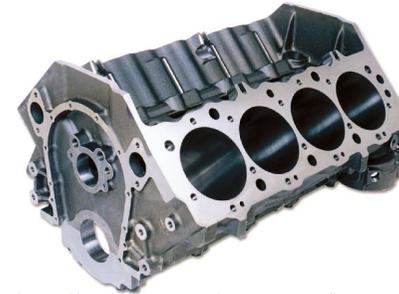




Materiais metálicos

❖ Composição

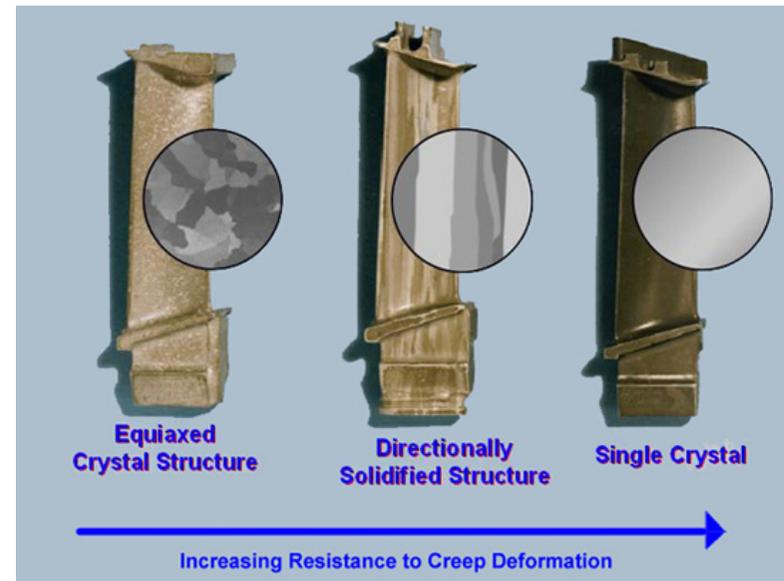
- ❖ Combinação de elementos **metálicos** e **não metálicos**
- ❖ Ligas ferrosas (**Fe**+M, M = C, Cr, Ni, Ti, Mo, Nb, Si...)
- ❖ Ligas não ferrosas (**Al**, **Cu**, **Zn**...)



<http://www.superchevy.com/how-to/engines-drivetrain/1101chp-aftermarket-engine-blocks/#photo-01>
acessado em 03/2017

❖ Aplicação

- ❖ Motores
- ❖ Turbinas
- ❖ Compressores
- ❖ Geladeiras
- ❖ Painelas



https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/creep/other_metals.php acessado em 03/2017



Materiais poliméricos

❖ **Propriedades**

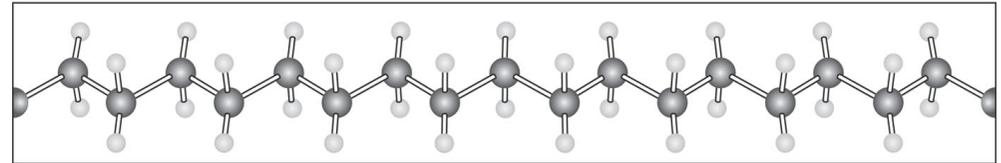
- ❖ **Ligação:**
- ❖ **Densidade:**
- ❖ **Rigidez:**
- ❖ **Propriedades térmicas:**
- ❖ **Propriedades elétricas:**
- ❖ **Propriedades ópticas:**
- ❖ **Resistência mecânica:**
- ❖ **Resistência à falha:**
- ❖ **Resistência ao desgaste:**



Materiais poliméricos

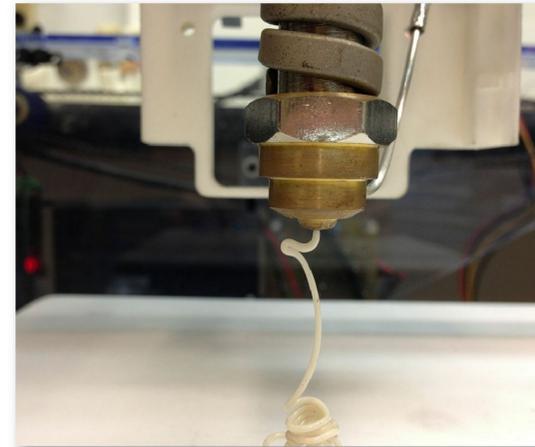


- ❖ **Composição**
 - ❖ Moléculas **orgânicas** dispostas em **cadeias**
 - ❖ Podem ser cristalinos e/ou amorfos



- ❖ **Aplicação**
 - ❖ Garrafas PET
 - ❖ Sistemas de absorção de energia
 - ❖ Nova geração de materiais para manufatura aditiva

● C ● H



http://www.eesc.usp.br/portaleesc/index.php?option=com_content&view=article&id=1934:manufatura-aditiva-o-futuro-do-mercado-industrial-de-fabricacao-e-inovacao&catid=115&Itemid=164 acessado em 03/2017



Materiais cerâmicos

❖ Propriedades

- ❖ Ligação:**
- ❖ Densidade:**
- ❖ Rigidez:**
- ❖ Propriedades térmicas:**
- ❖ Propriedades elétricas:**
- ❖ Propriedades ópticas:**
- ❖ Resistência mecânica:**
- ❖ Resistência à falha:**
- ❖ Resistência ao desgaste:**





Materiais cerâmicos

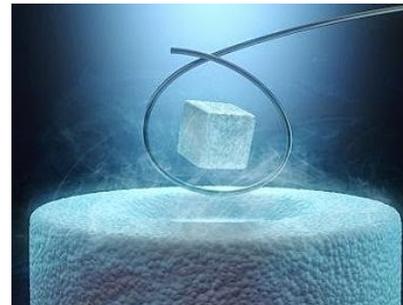


❖ Composição

- ❖ Materiais inorgânicos
(**Silicatos, Carbonetos, Nitretos, Óxidos**)
- ❖ Podem ser cristalinos e/ou amorfos

❖ Aplicação

- ❖ Isolamento térmico
- ❖ Resistência ao desgaste
- ❖ Supercondutividade



https://en.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle_the_rmal_protection_system acessado em 03/2017



Materiais compósitos

- ❖ **União de diferentes mundos**
 - ❖ **Metal/cerâmico**
 - ❖ **Metal/polímero**
 - ❖ **Polímero/cerâmico**

- ❖ **Propriedades**
 - ❖ **Densidade:**
 - ❖ **Rigidez:**
 - ❖ **Resistência mecânica:**

 - ❖ **Resistência a falha:**
 - ❖ **Resistência ao desgaste:**



Materiais compósitos

❖ **Composição**

- ❖ **Mistura de dois** ou mais **tipos de materiais**
- ❖ **Matriz + partículas** e/ou **fibras** e/ou **lâminas**



<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2013/02/o-que-e-concreto-armado/> acessado em 03/2017

❖ **Aplicação**

- ❖ **Concreto armado**
- ❖ **Asas e longarinas de aeronaves**
- ❖ **Casco de navios e fuselagens**
- ❖ **Pneu**
- ❖ **Ferramentas de produção**
- ❖ **Engrenagens**

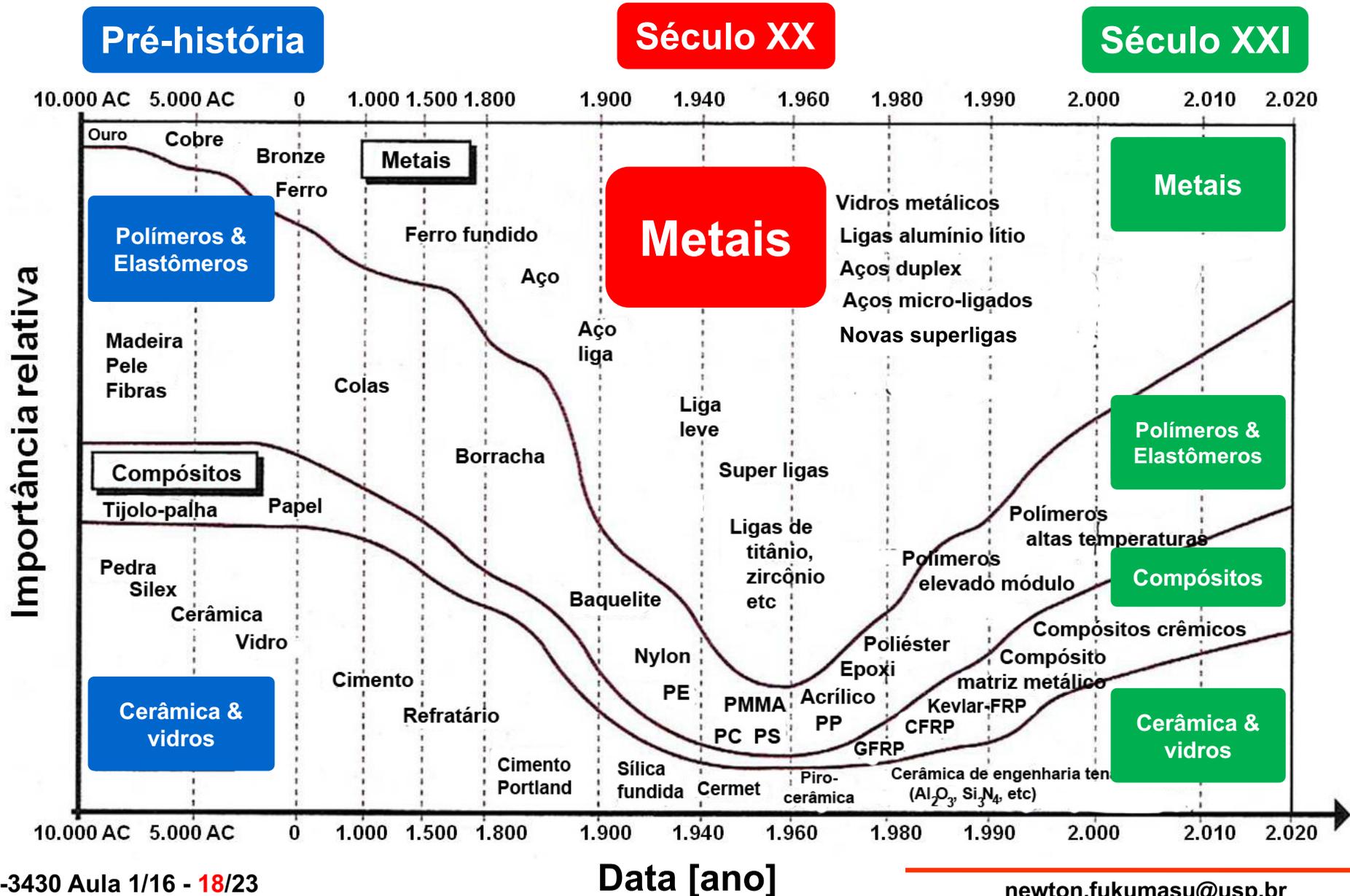


<http://goodaero.com/jsq/goodaero.nsf/Products?Open> acesso 03/2017



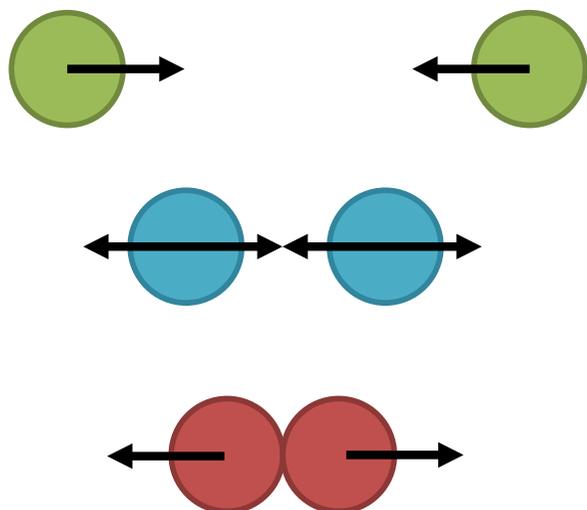
Uso de materiais

Materiais são substituídos em função do custo e desempenho

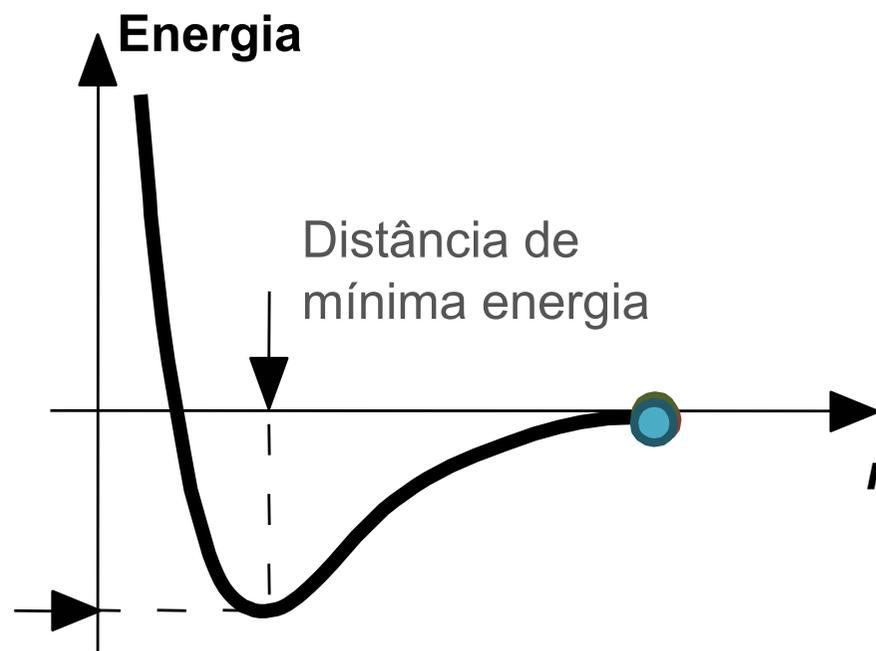




Ligações atômicas



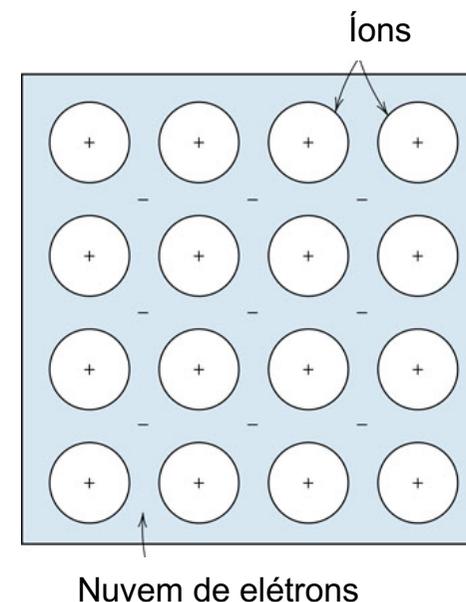
Mínima
energia de
ligação



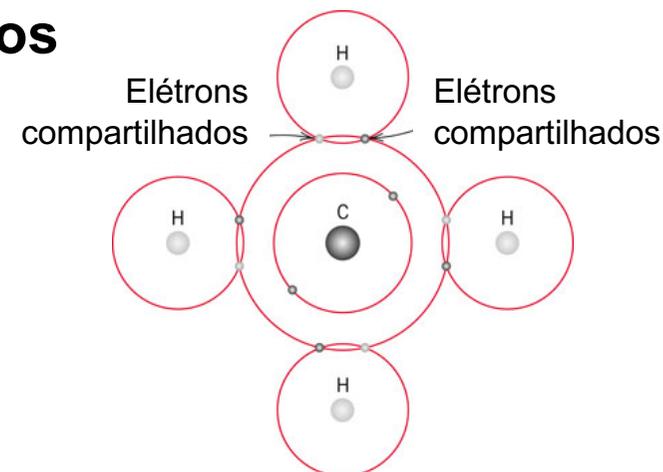


Ligações atômicas

- ❖ Ligação **metálica**
 - ❖ Elementos **metálicos**
 - ❖ Elétrons livres (**nuvem de elétrons**)
 - ❖ Ligação **não direcional**
 - ❖ Energia de ligação variável



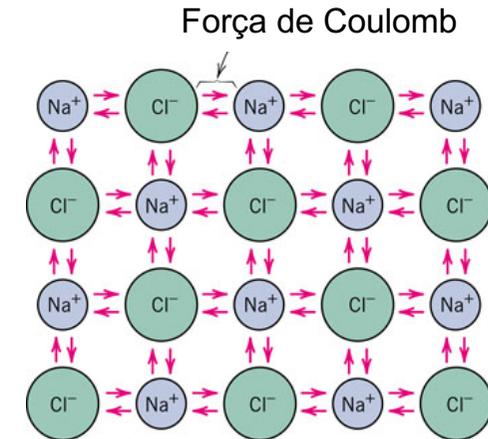
- ❖ Ligação **covalente**
 - ❖ Elementos **não metálicos**
 - ❖ **Elétrons compartilhados** entre os átomos
 - ❖ Ligação **direcional**
 - ❖ Energia de ligação variável



Ligações atômicas

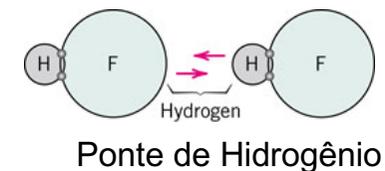
❖ Ligação iônica

- ❖ Elementos **metálicos** com **não metálicos**
- ❖ Formação de Íons (**doação/recepção**)
- ❖ Ligação **não direcional**
- ❖ **Alta energia** de ligação
- ❖ **Alta temperatura** de fusão



❖ Ligações **secundárias** ou de **Van der Waals**

- ❖ Dipolo induzido
- ❖ Dipolo induzido e permanente
- ❖ Dipolo permanente
 - ❖ **Pontes de hidrogênio**





Estrutura dos materiais

❖ **Cristalino**

- ❖ Estrutura **organizada** espacialmente
- ❖ Periodicidade de **longo** alcance
- ❖ Materiais metálicos, cerâmicos e alguns polímeros

❖ **Não cristalino (vítreo)**

- ❖ Estruturas de **resfriamento rápido**
- ❖ Periodicidade de **curto** alcance
- ❖ Materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos

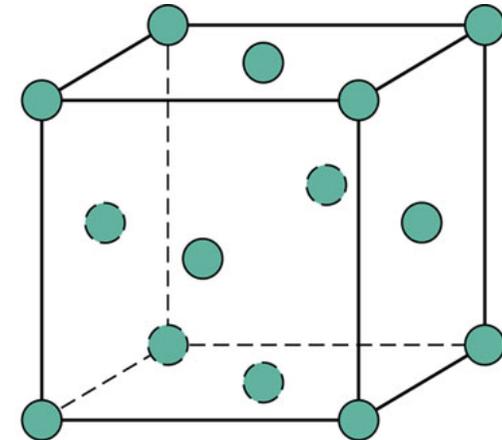
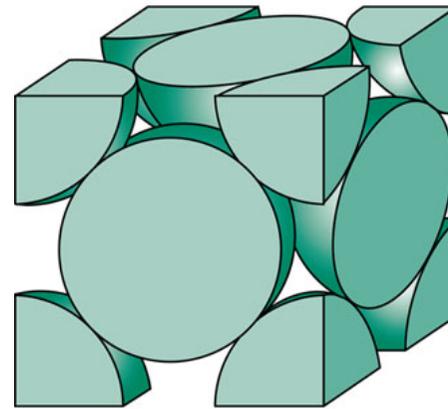
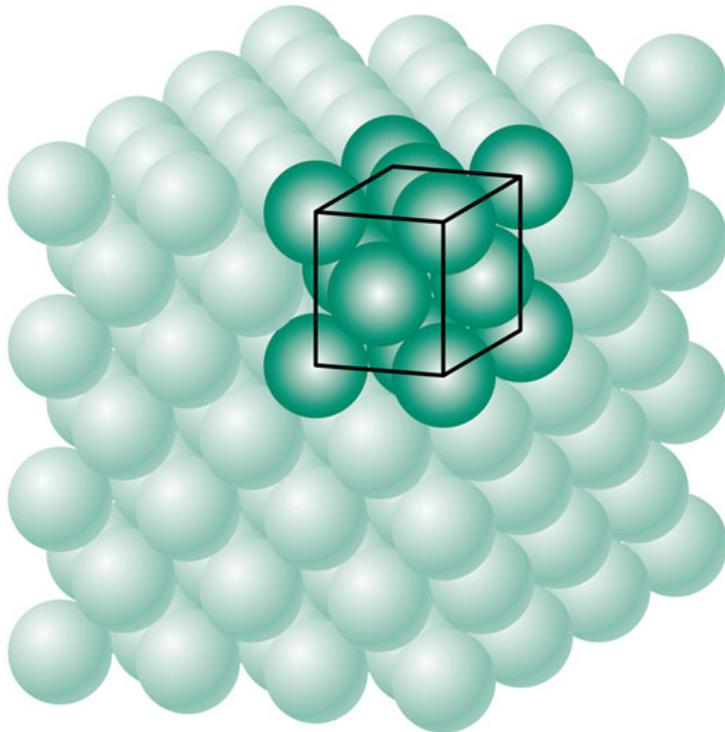
❖ **Amorfo**

- ❖ Estruturas **complexas**
- ❖ **Sem periodicidade** de curto ou longo alcance
- ❖ Materiais cerâmicos e poliméricos



Estrutura dos materiais

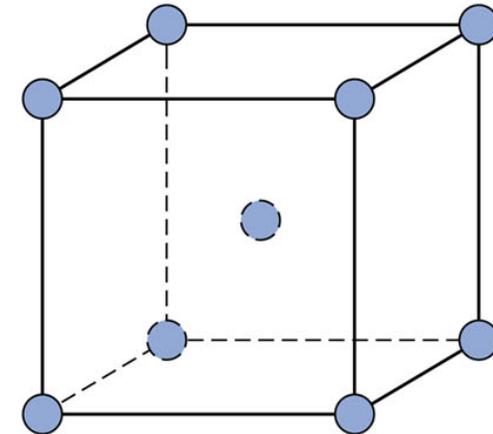
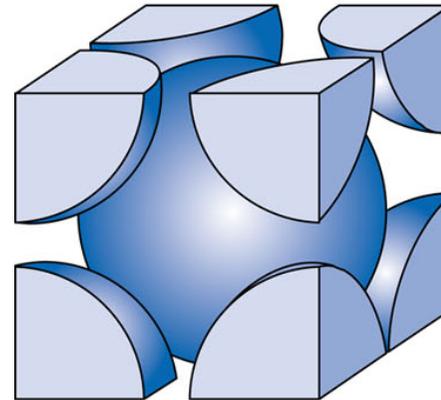
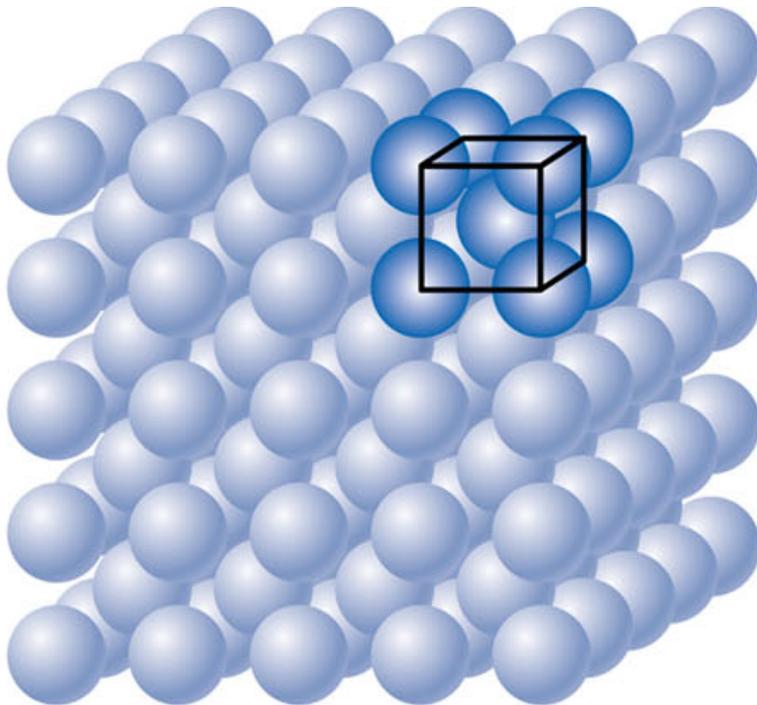
- ❖ Materiais cristalinos
 - ❖ Arranjos espaciais bem definidos
 - ❖ Materiais metálicos
 - ❖ **Cúbica de face centrada (CFC)**





Estrutura dos materiais

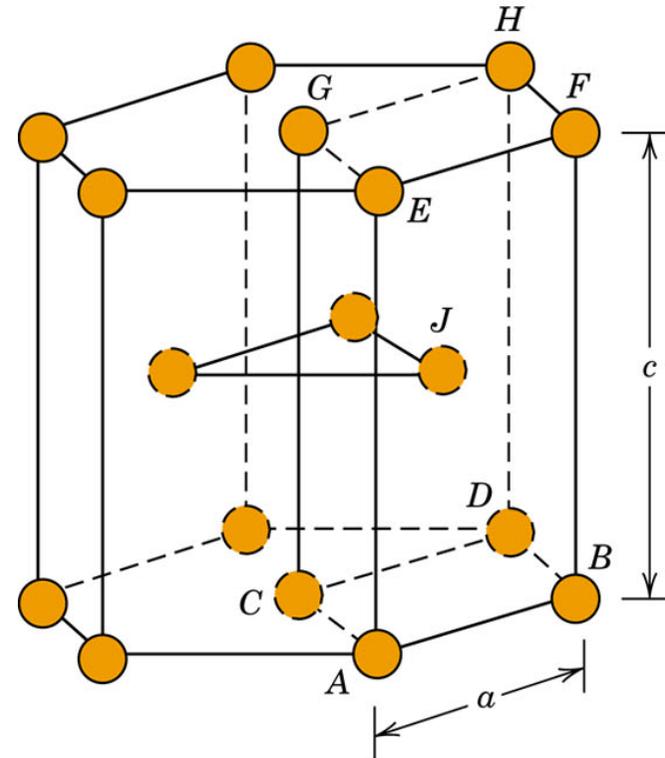
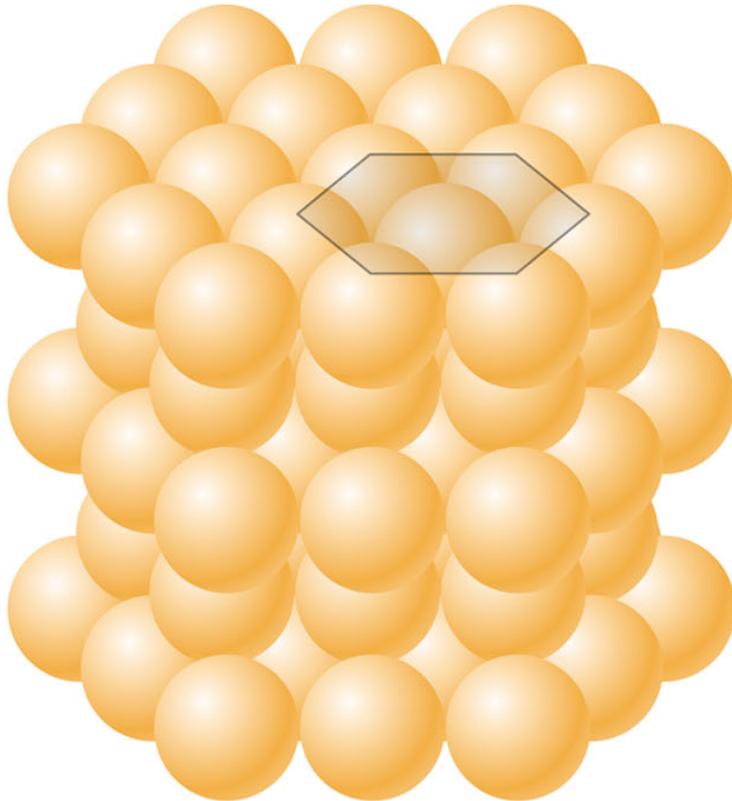
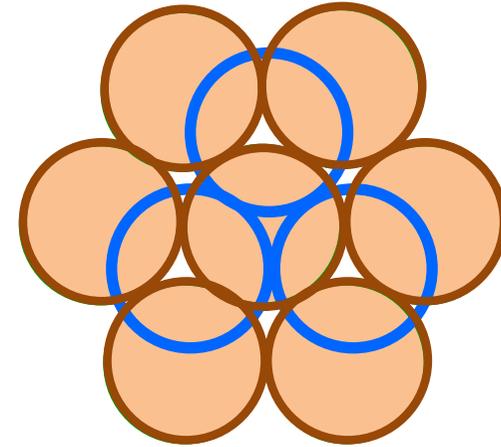
- ❖ Materiais cristalinos
 - ❖ Arranjos espaciais bem definidos
 - ❖ Materiais metálicos
 - ❖ **Cúbica de corpo centrada (CCC)**





Estrutura dos materiais

- ❖ Materiais cristalinos
 - ❖ Arranjos espaciais bem definidos
 - ❖ Materiais metálicos
 - ❖ Hexagonal Compacta (HC)



Estrutura dos materiais

❖ Monocristal

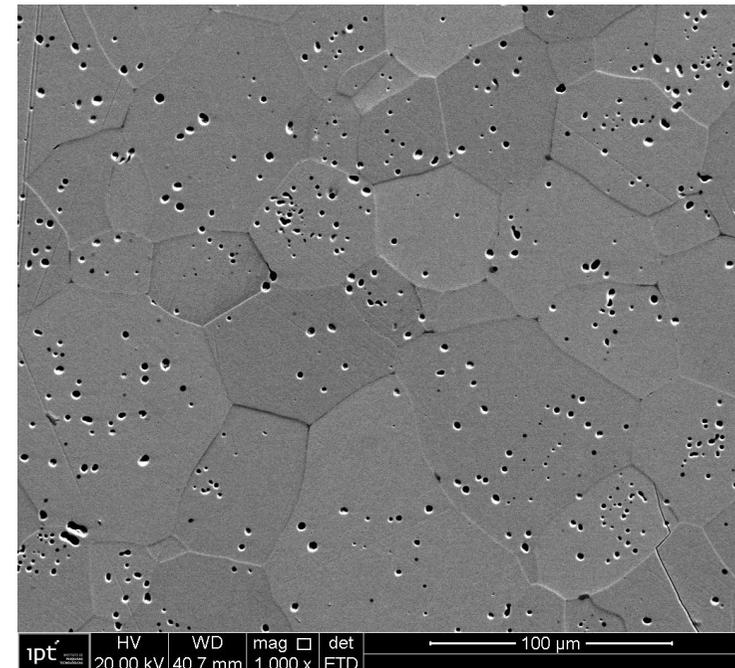
- ❖ Apresenta arranjo **periódico** e **repetição** de **longo alcance**
- ❖ **Formato** geométrico **regular**
- ❖ **Propriedades** dependem da **orientação**



<http://www.fabreminerals.com/> acessado em 03/2017

❖ Policristal

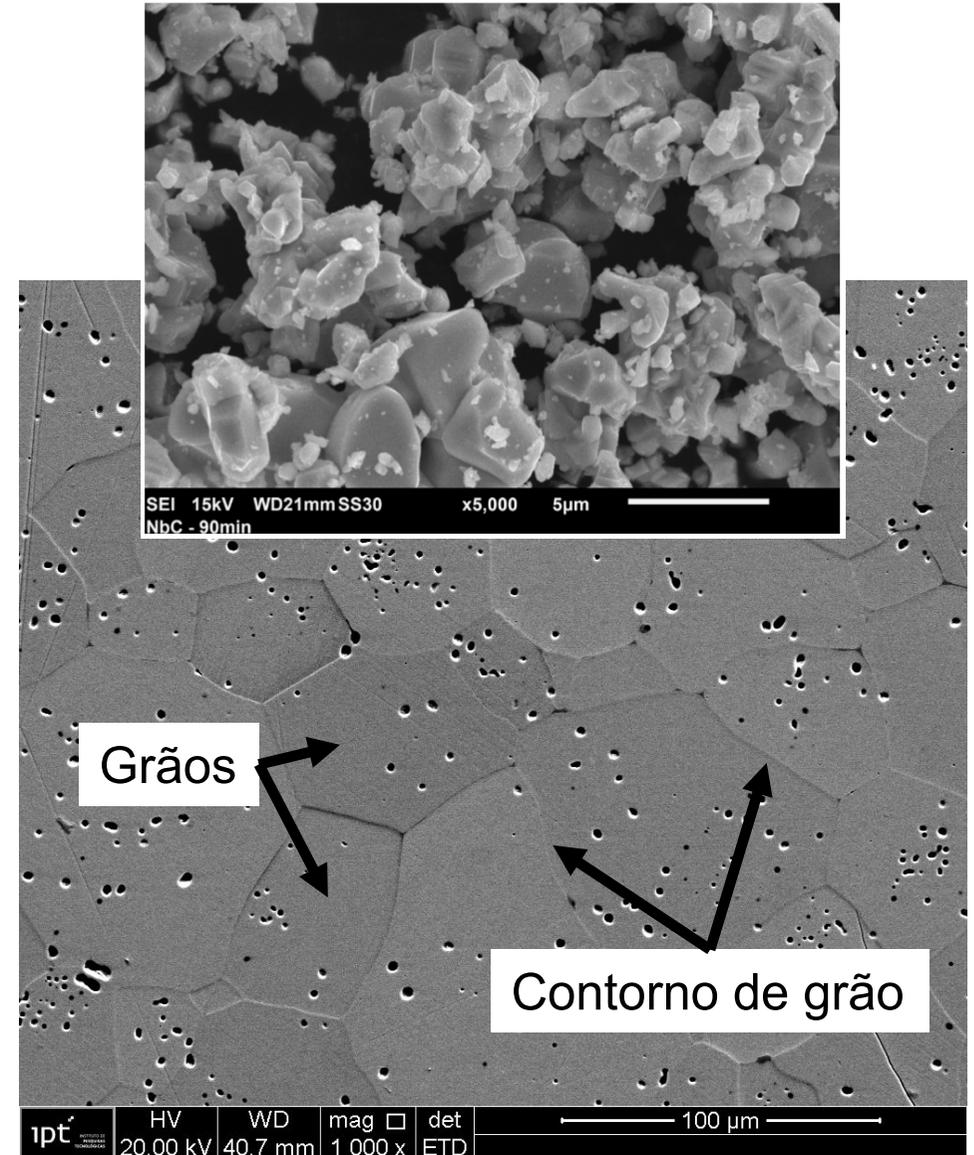
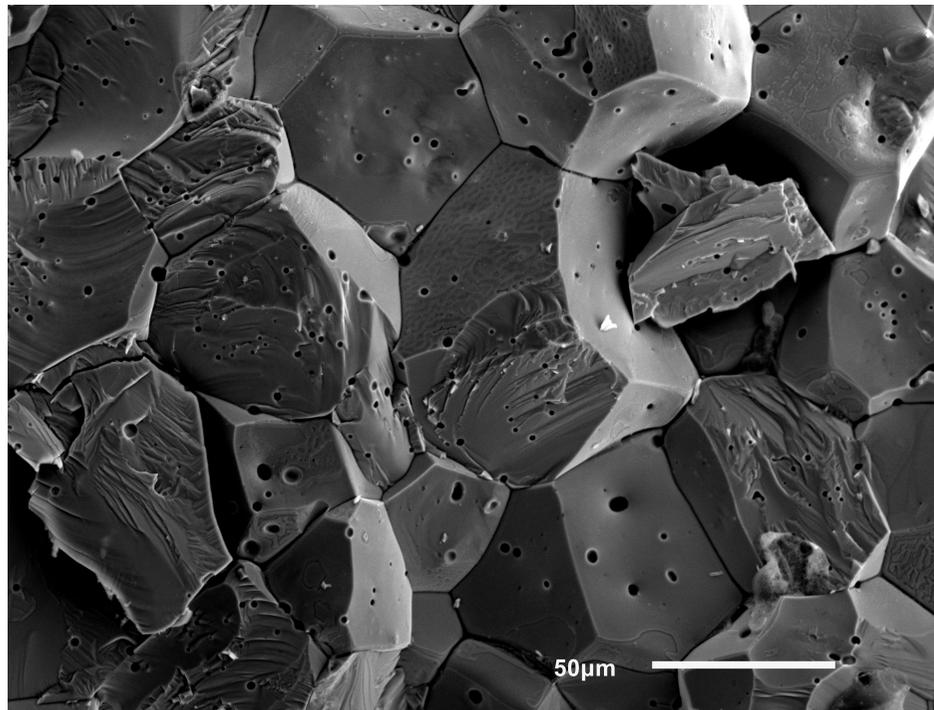
- ❖ **Aglomerado** de pequenos **monocristais** ou grãos
- ❖ Formação durante o processo de **solidificação/sinterização**
- ❖ Direções **aleatórias** induzem propriedades **isotrópicas**





Estrutura dos materiais

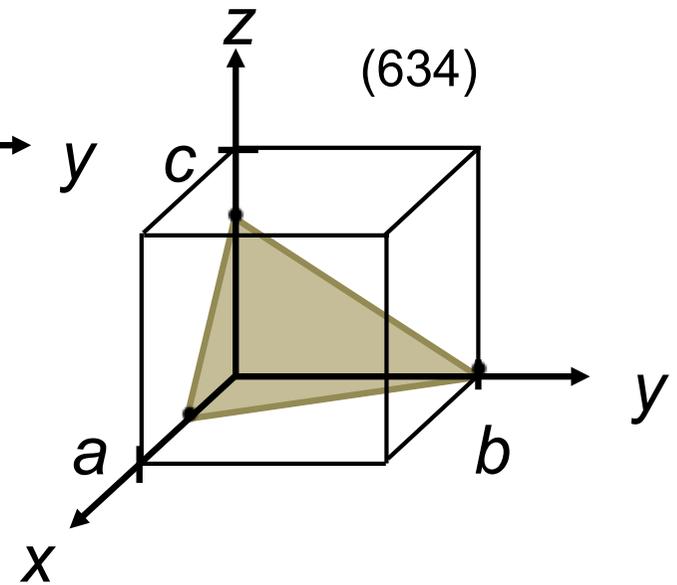
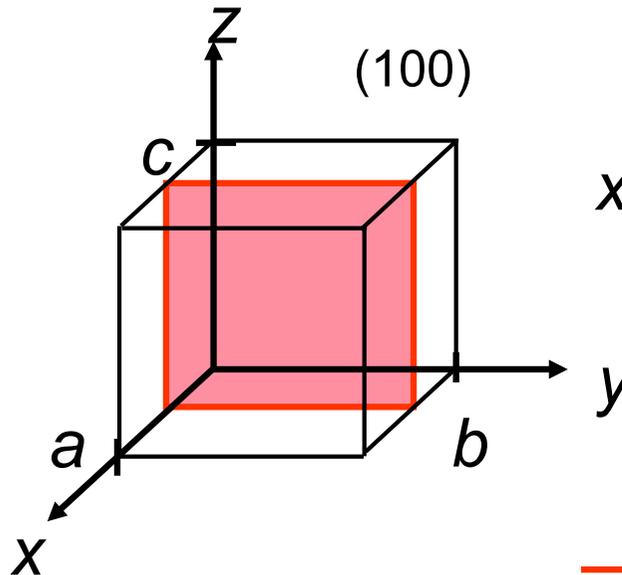
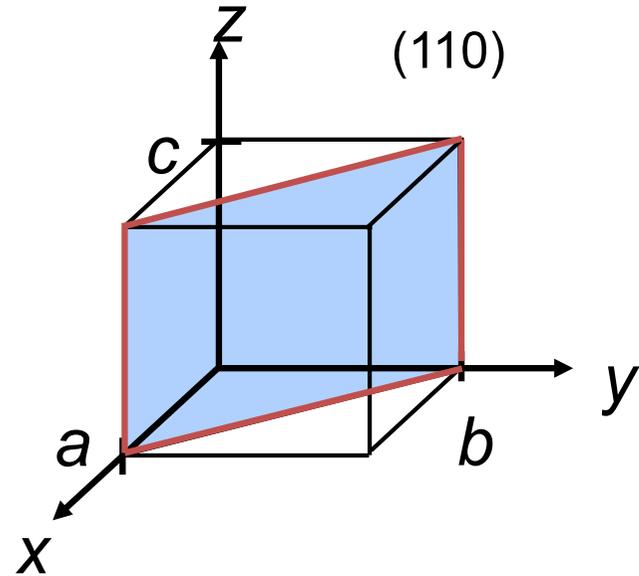
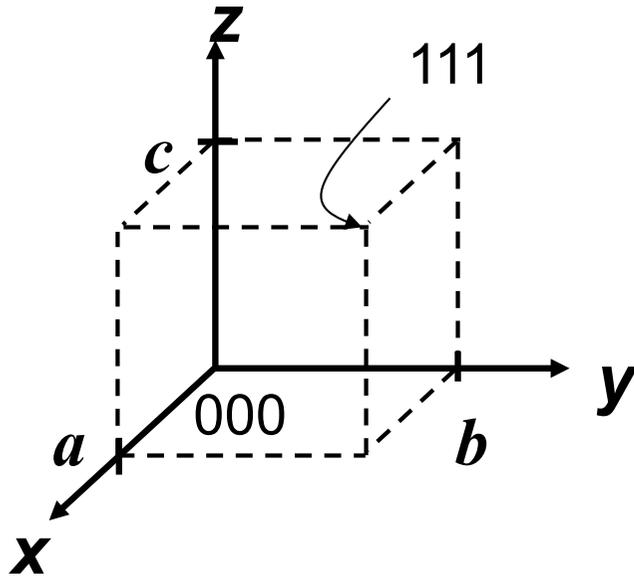
- ❖ Material policristalino
 - ❖ Carboneto de Nióbio cúbico
 - ❖ Sinterizado





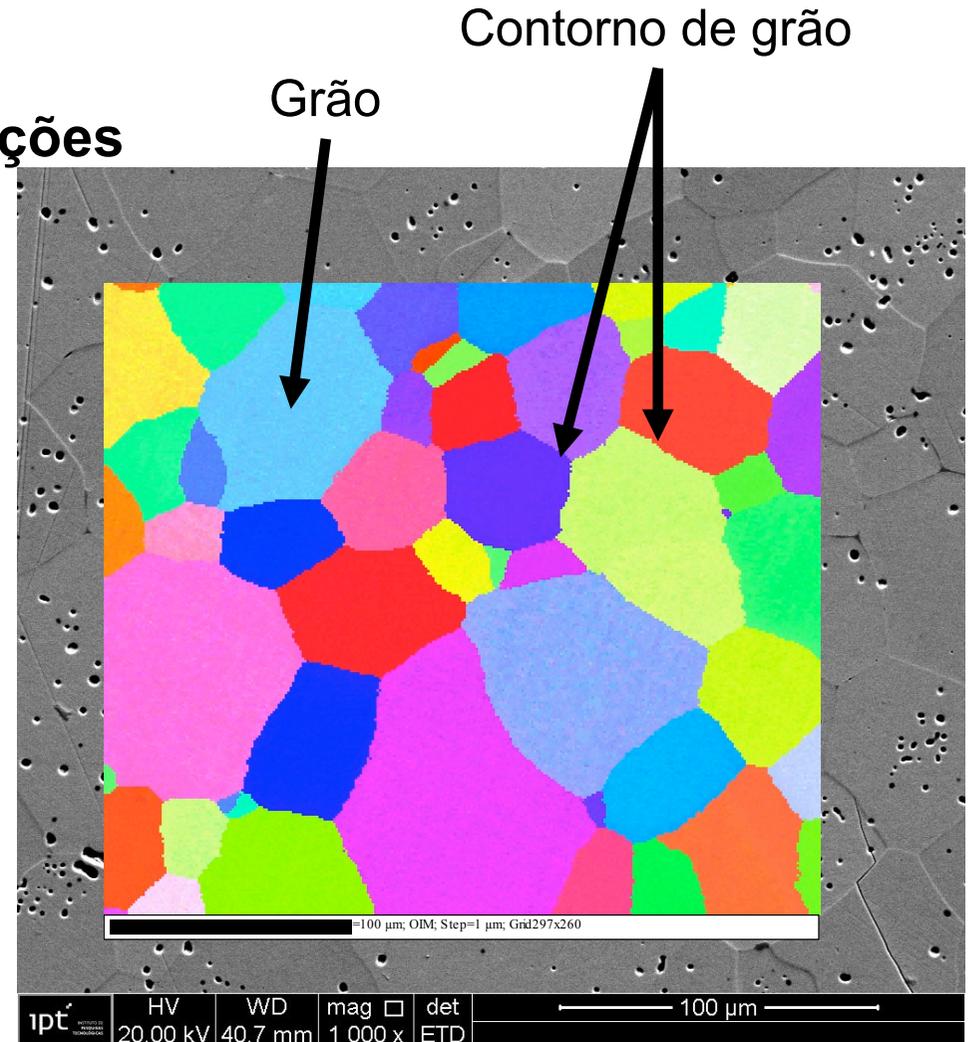
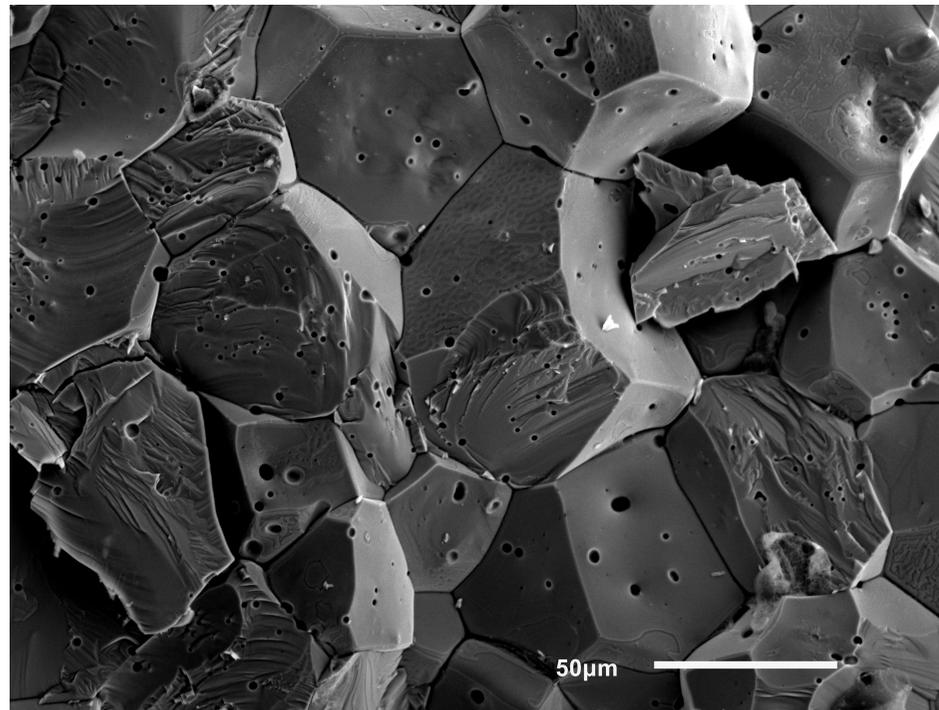
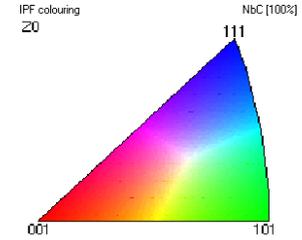
Estrutura dos materiais

- ❖ Direções e planos cristalinos
- ❖ Índices de Miller



Estrutura dos materiais

- ❖ Material policristalino
- ❖ Carboneto de Nióbio cúbico
- ❖ Sinterizado
- ❖ Grãos com diferentes orientações

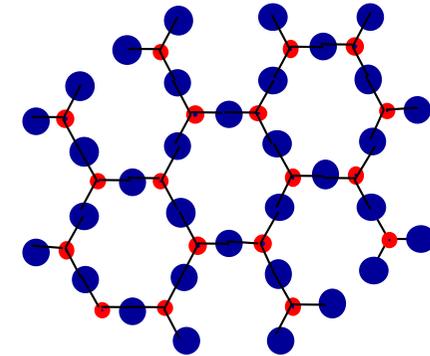




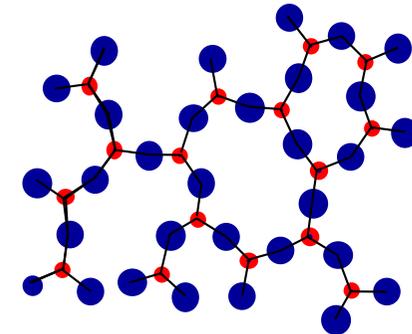
Estrutura dos materiais

- ❖ Não cristalinos (vítreos)
 - ❖ Estruturas de **resfriamento rápido**
 - ❖ Periodicidade **curto** alcance
 - ❖ Materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos
- ❖ **Vidros cerâmicos** apresentam estruturas tetraédricas organizadas de curto alcance
- ❖ **Vidros metálicos** são obtidos por resfriamento ultra rápido (10^8 K/s)

• Si • Oxigênio



SiO₂ cristalino



SiO₂ vítreo

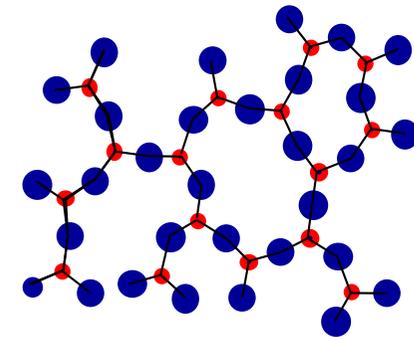


Estrutura dos materiais

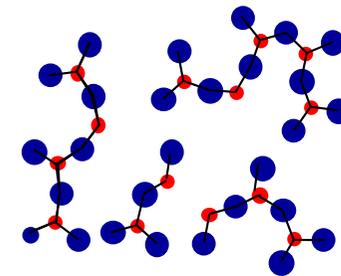
❖ Amorfo

- ❖ Não tem estrutura **definida**
- ❖ **Sem periodicidade** de curto ou longo alcance
- ❖ Materiais cerâmicos e poliméricos

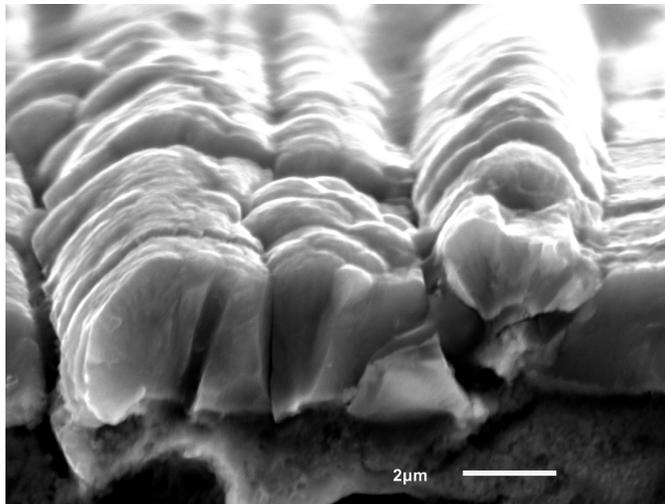
• **Si** • **Oxigênio**



SiO₂ vítreo



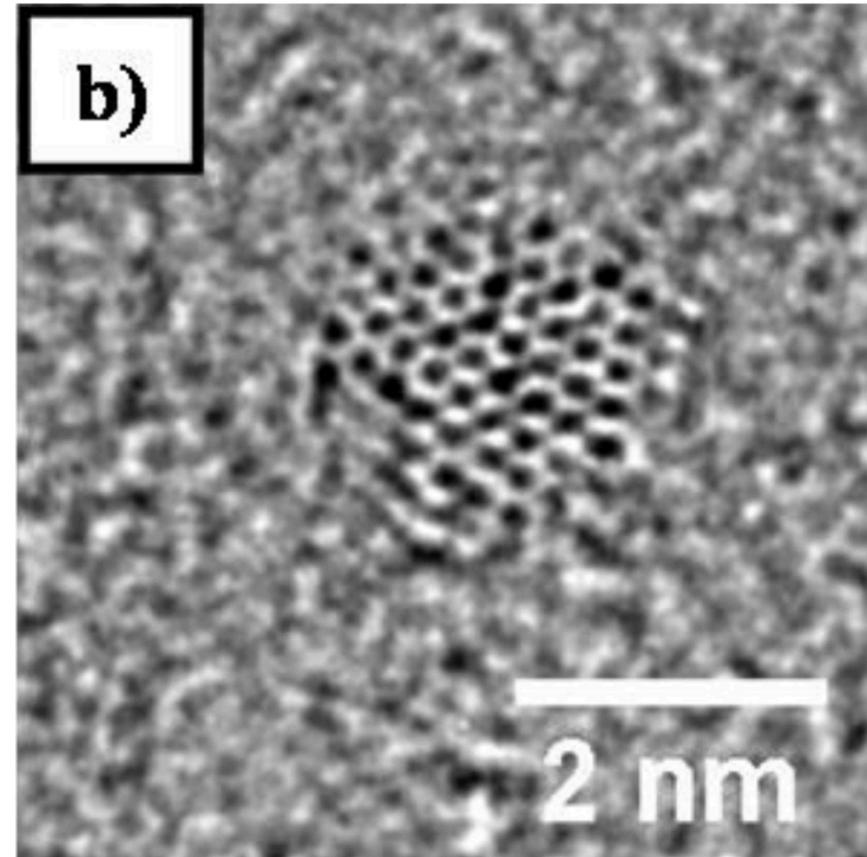
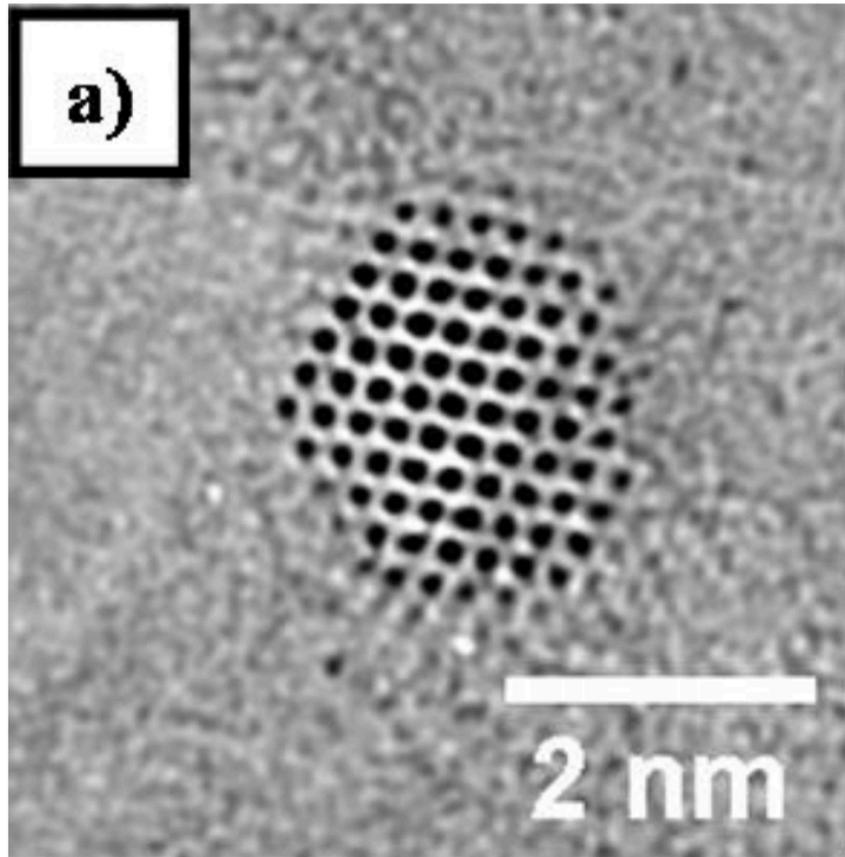
SiO₂ – vidro (amorfo)





Estrutura dos materiais

❖ Materiais Cristalinos X Amorfos



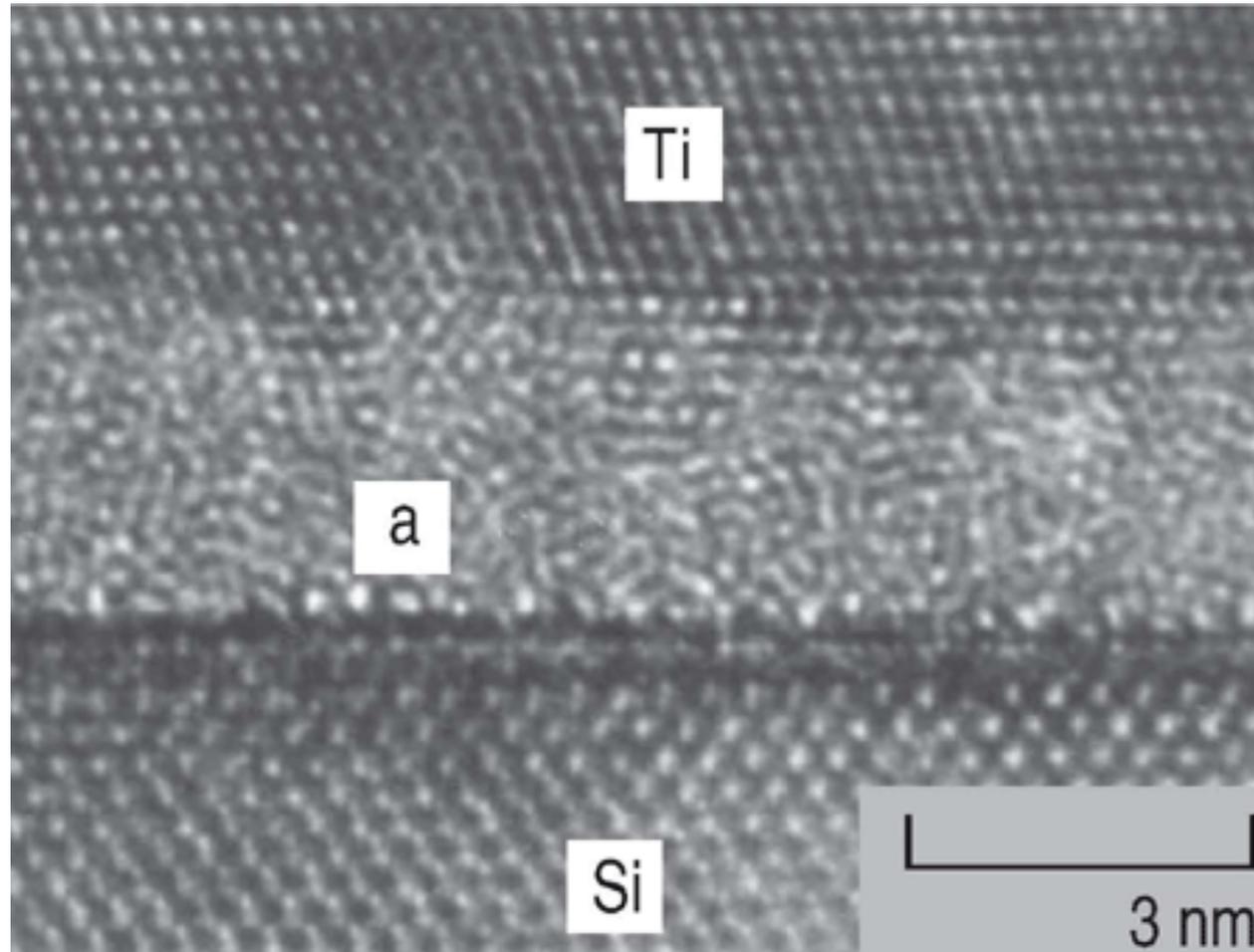
<https://www.lem.kit.edu/english/154.php> acessado em 03/2017



LFS

Estrutura dos materiais

❖ Materiais Cristalinos X Amorfos



<http://www.tms.org/pubs/journals/jom/0509/chen-0509.html> acessado em 03/2017