



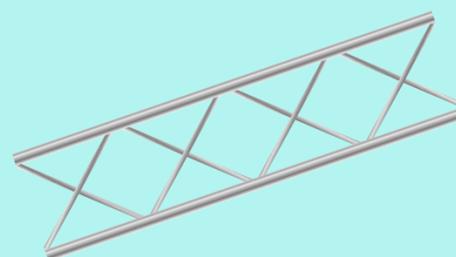
Materiais Metálicos - Tipos, Propriedades e Aplicações

SEMINÁRIO 1: estudo dos textos:

Ciência dos Materiais. James F. Shackelford. 6ª edição, Person Education do Brasil. São Paulo-SP, 2008.

Ciência e Engenharia de Materiais - Uma introdução. Callister e Rethwisch. 9ª edição, LTC. Rio de Janeiro-RJ, 2016.

Doutorando: **Bruno Farias**





METAIS

TIPOS DE LIGAS METÁLICAS

- **Ligas Ferrosas**

Aços

Aços com Baixo Teor de Carbono
Aços com Médio Teor de Carbono
Aços com Alto Teor de Carbono

Ferros Fundidos

Ferro Cinzento
Ferro Dúctil (ou Nodular)
Ferro Branco e Ferro Maleável

- **Ligas Não Ferrosas**

Cobre e Suas Ligas
Alumínio e Suas Ligas
Magnésio e Suas Ligas
Titânio e Suas Ligas
Os Metais Refratários
As Superligas
Os Metais Nobres
Ligas Não Ferrosas Diversas

O QUE SÃO LIGAS METÁLICAS?

AS LIGAS METÁLICAS, EM VIRTUDE DE SUA COMPOSIÇÃO, SÃO AGRUPADAS FREQUENTEMENTE EM DUAS CLASSES – **FERROSAS E NÃO FERROSAS** (CALLISTER E RETHWISH, 2016).

Ligas ferrosas – aquelas em que o **ferro** é o constituinte principal – são produzidas em maior quantidade do que qualquer outro tipo de metal.



AÇO

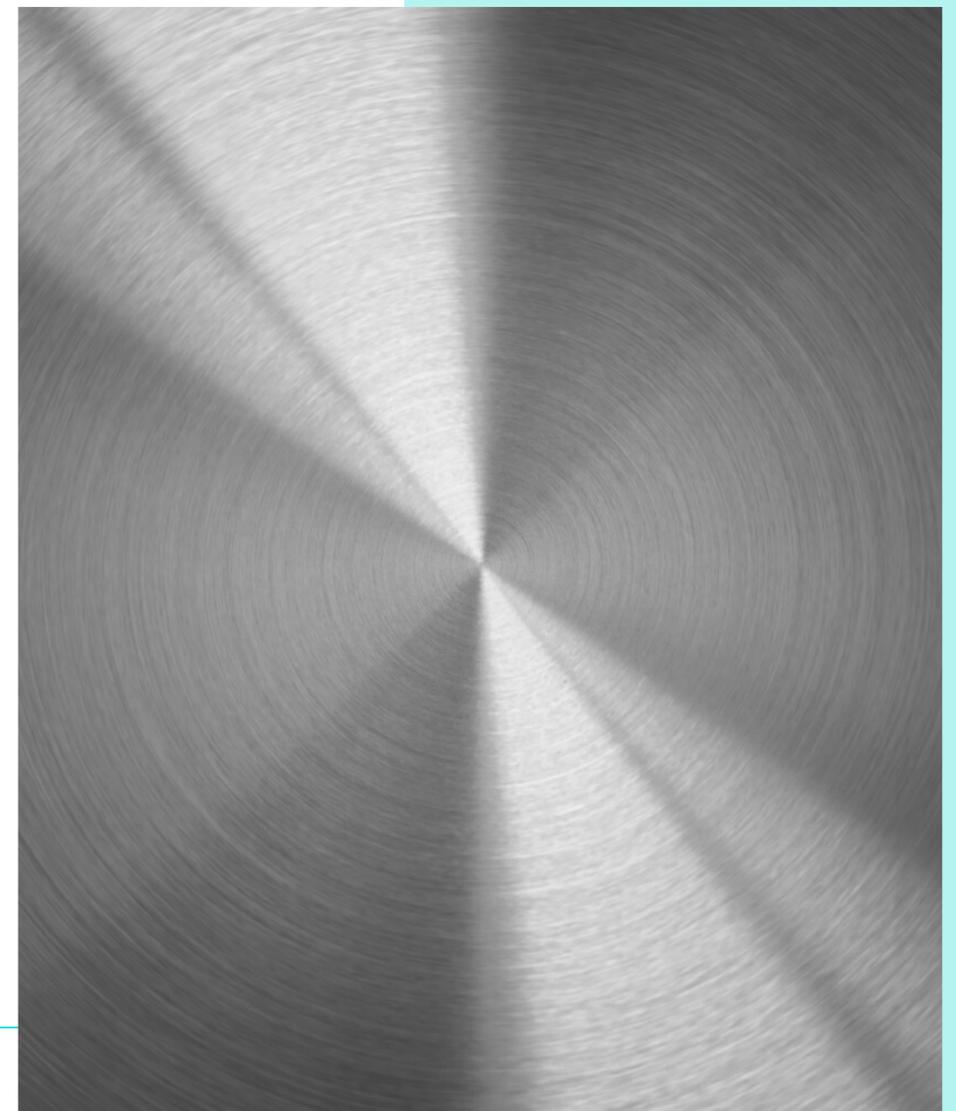
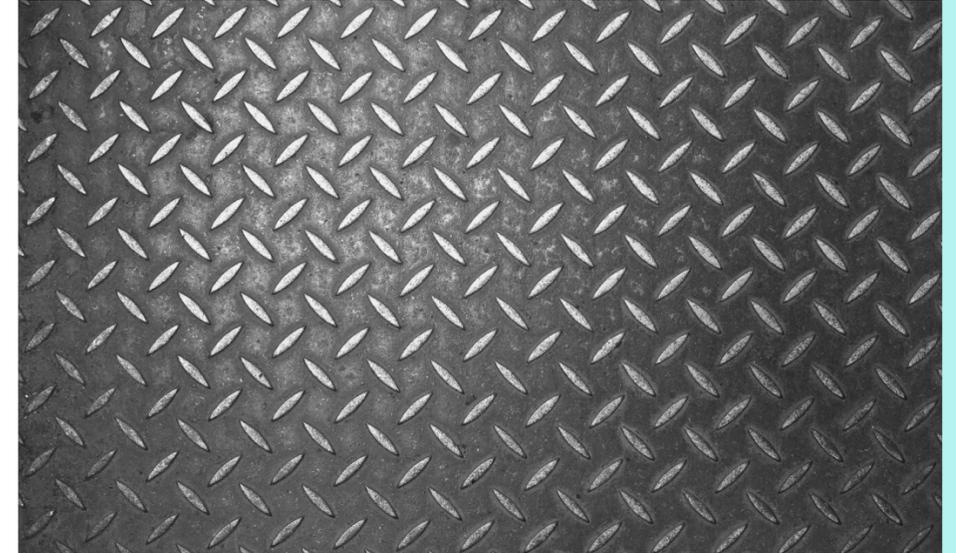
LIGAS FERROSAS

Aços

Os aços são ligas de ferro-carbono que podem conter concentrações apreciáveis de outros elementos de liga; existem milhares de ligas com diferentes composições e/ou tratamentos térmicos.

Propriedade: propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono, que normalmente é inferior a 1,0 %p.

Subclasses: aços-carbono comuns e aços-liga.



LIGAS FERROSAS

- **Aços com Baixo Teor de Carbono:**

Os aços produzidos em maior quantidade. As ligas apresentam relativamente **baixa dureza e baixa resistência**, mas **ductilidade e tenacidade excepcionais**.

Elas são **usináveis, soldáveis** e sua **produção é mais barata**.

- **Aços com Médio Teor de Carbono:**

Os aços com médio teor de carbono apresentam concentrações de carbono entre aproximadamente 0,25 e 0,60 %p.

Elas são utilizadas com maior frequência na condição revenida (1), com microestruturas de martensita revenida.



LIGAS FERROSAS

- **Aços com Alto Teor de Carbono**

Os aços com alto teor de carbono normalmente apresentam teores de carbono entre 0,60 e 1,4 %p.

Esses aços são usados como **ferramentas de corte** e como matrizes para deformar e conformar materiais, assim como para a **fabricação de facas, lâminas de corte, lâminas de serras, molas e arames de alta resistência.**

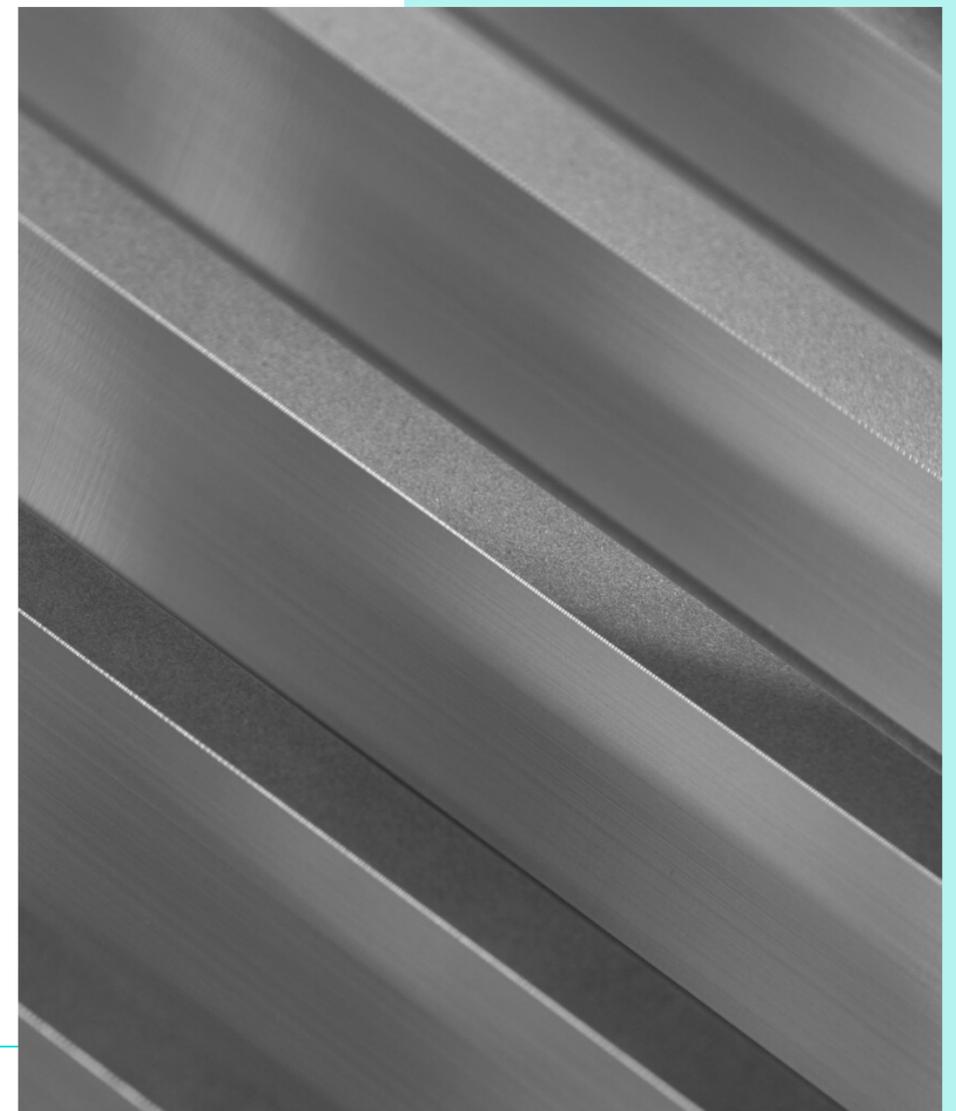
- **Aços Inoxidáveis**

Os aços inoxidáveis são **altamente resistentes à corrosão (ferrugem)** em diversos ambientes, especialmente na atmosfera ambiente.

A resistência à corrosão também pode ser melhorada pela adição de níquel e molibdênio (2).



2. molibdênio = chumbo



FERRO FUNDIDO



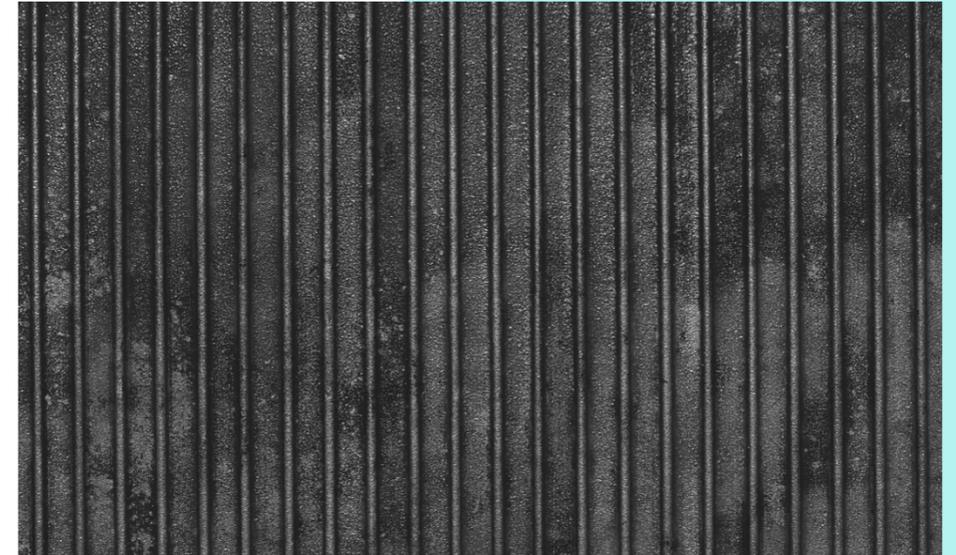
LIGAS FERROSAS

Ferros Fundidos

Os ferros fundidos são uma classe de ligas ferrosas que contêm teores de carbono acima de 2,14 %p;

Alguns ferros fundidos são muito **quebradiços** para serem forjados, e a fundição é a técnica de fabricação mais conveniente.

Os tipos mais comuns de **ferros fundidos** são **cinzento, nodular, branco, maleável e vermicular (grafita compacta)**.



LIGAS FERROSAS

- **Ferro Cinzento**

Os teores de carbono e de silício nos ferros fundidos cinzentos variam entre 2,5 %p e 4,0 %p e entre 1,0 %p e 3,0 %p.

A grafita existe na forma de flocos [semelhantes aos flocos de milho], Por causa desses flocos de grafita, uma superfície fraturada assume uma aparência acinzentada.

Propriedades: Mecanicamente, o ferro cinzento é comparativamente pouco resistente e frágil em tração, como consequência da sua microestrutura; as extremidades dos flocos de grafita são afiladas e pontiagudas, e podem servir como pontos de concentração de tensões quando uma tensão externa de tração é aplicada.

A resistência e a ductilidade são muito maiores sob cargas de compressão.



LIGAS FERROSAS

- **Ferro Dúctil (ou Nodular)**

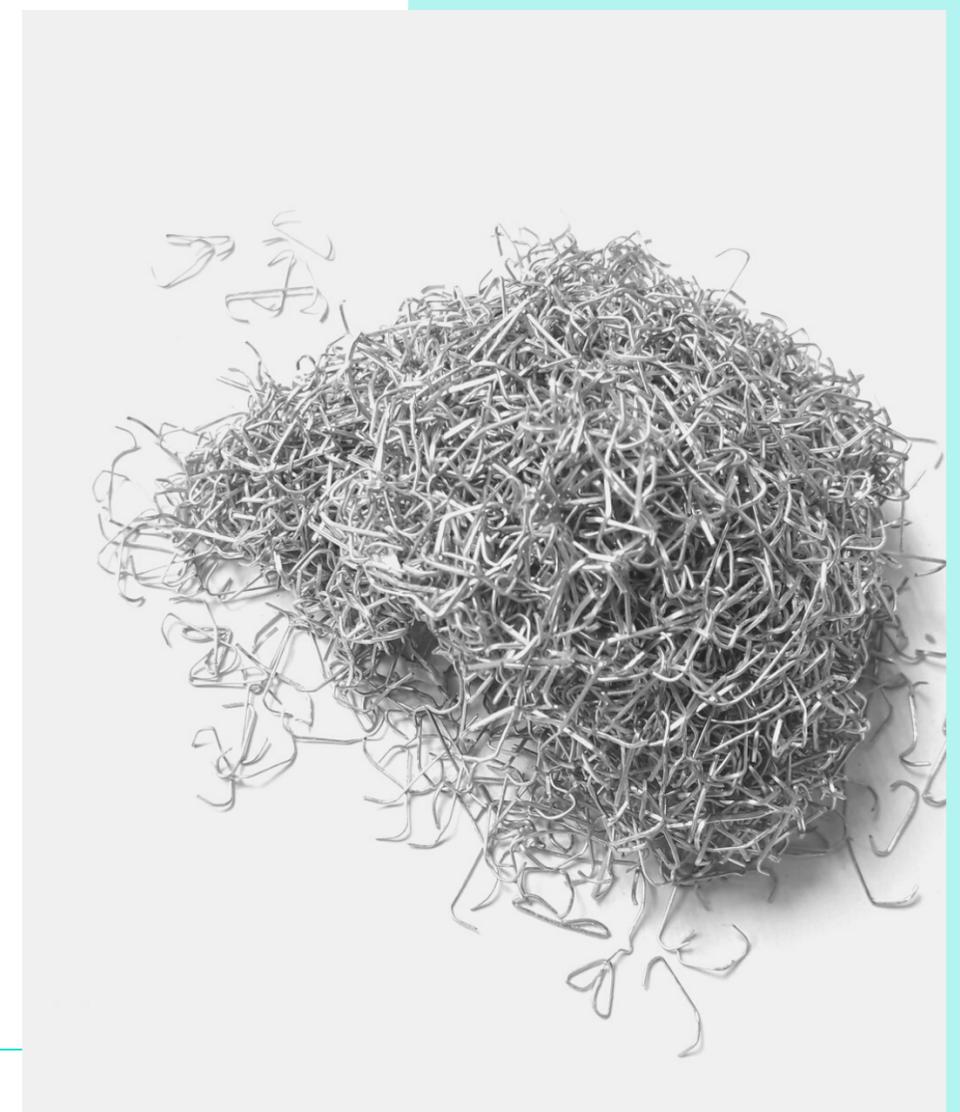
A adição de uma pequena quantidade de magnésio e/ou cério ao ferro cinzento antes da fundição produz uma microestrutura e um conjunto de propriedades mecânicas bastante diferentes.

A grafita ainda se forma, porém em nódulos, ou partículas com formato esférico, em vez de flocos.

- **Ferro Branco e Ferro Maleável**

Para os ferros fundidos com baixo teor de silício (que contêm menos de 1,0 %p Si). A superfície de fratura dessa liga tem uma aparência clara; dessa forma, ela é denominada ferro fundido branco.

O ferro branco é extremamente duro, mas também muito frágil, a ponto de sua usinagem ser virtualmente impossível.



LIGAS FERROSAS

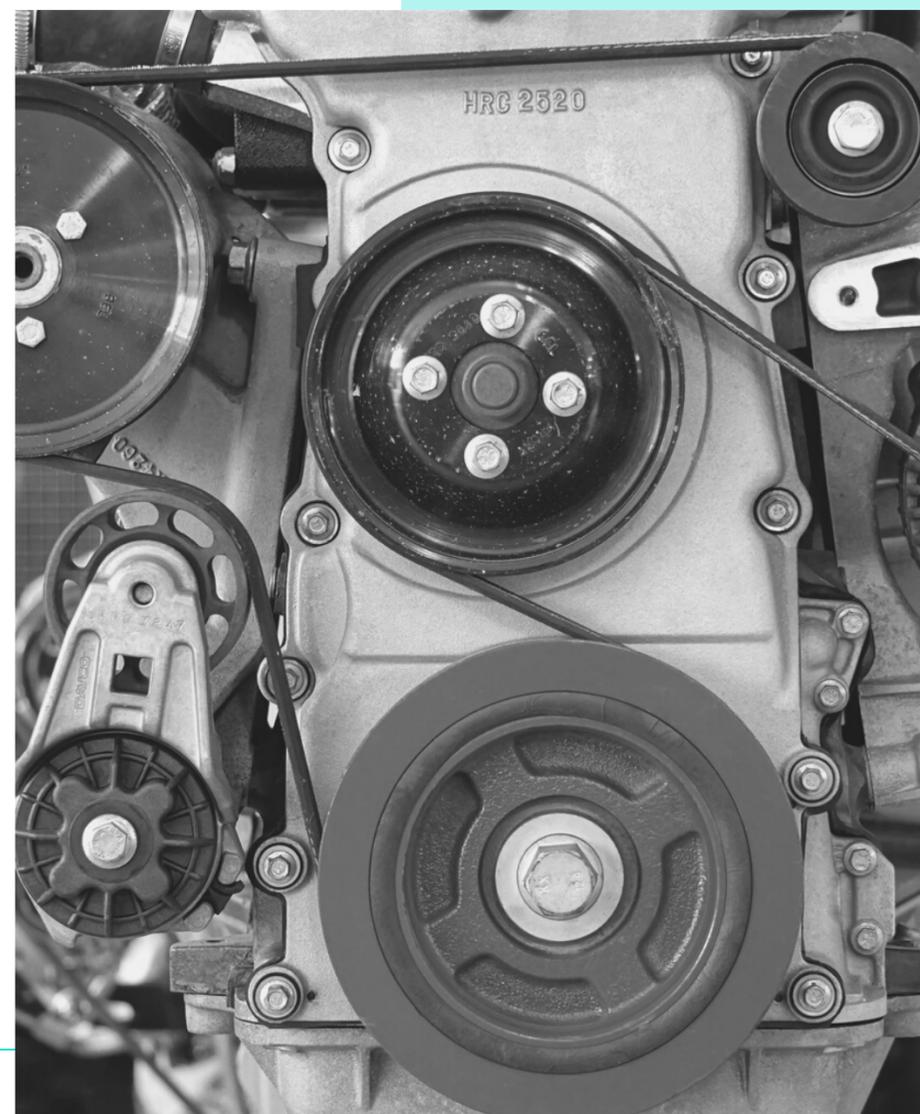
- **Ferro Fundido Vermicular**

Uma adição relativamente recente à família dos ferros fundidos é o ferro fundido vermicular (abreviado CGI – compacted graphite iron).

O teor de silício varia entre 1,7 %p e 3,0 %p, enquanto a concentração de carbono está normalmente entre 3,1 %p e 4,0 %p.

Vantagens: Maior condutividade térmica, Melhor resistência a choques térmicos e Menor oxidação em temperaturas elevadas.

Aplicações: blocos de motores diesel, distribuidores de exaustão, carcaças de caixas de engrenagens, discos de freio para trens de alta velocidade, e volantes de motores.



LIGAS NÃO FERROSAS

O aço e outras ligas ferrosas são consumidos em quantidade extraordinariamente grande, por terem uma enorme variedade de propriedades mecânicas, por serem fabricados com relativa facilidade e serem produzidos de forma econômica.

Os sistemas de ligas são classificados ou de acordo com seu metal básico.

Sistemas metálicos e de ligas: ligas de cobre, alumínio, magnésio e titânio; os metais refratários; as superligas; os metais nobres e ligas diversas, incluindo aquelas com níquel, chumbo, estanho, zircônio e zinco como metais básicos.



LIGAS NÃO FERROSAS

- **Cobre e Suas Ligas**

O cobre e as ligas à base de cobre, que apresentam uma combinação desejável de propriedades físicas, têm sido utilizados em uma grande variedade de aplicações desde a antiguidade.

Propriedades: propriedades mecânicas e de resistência à corrosão do cobre podem ser melhoradas pela formação de ligas.

As ligas de cobre mais comuns são os **latões**, em que o zinco, como uma impureza substitucional, é o elemento de liga predominante.

Os **bronzes** são ligas de cobre e vários outros elementos, incluindo estanho, alumínio, silício e níquel.



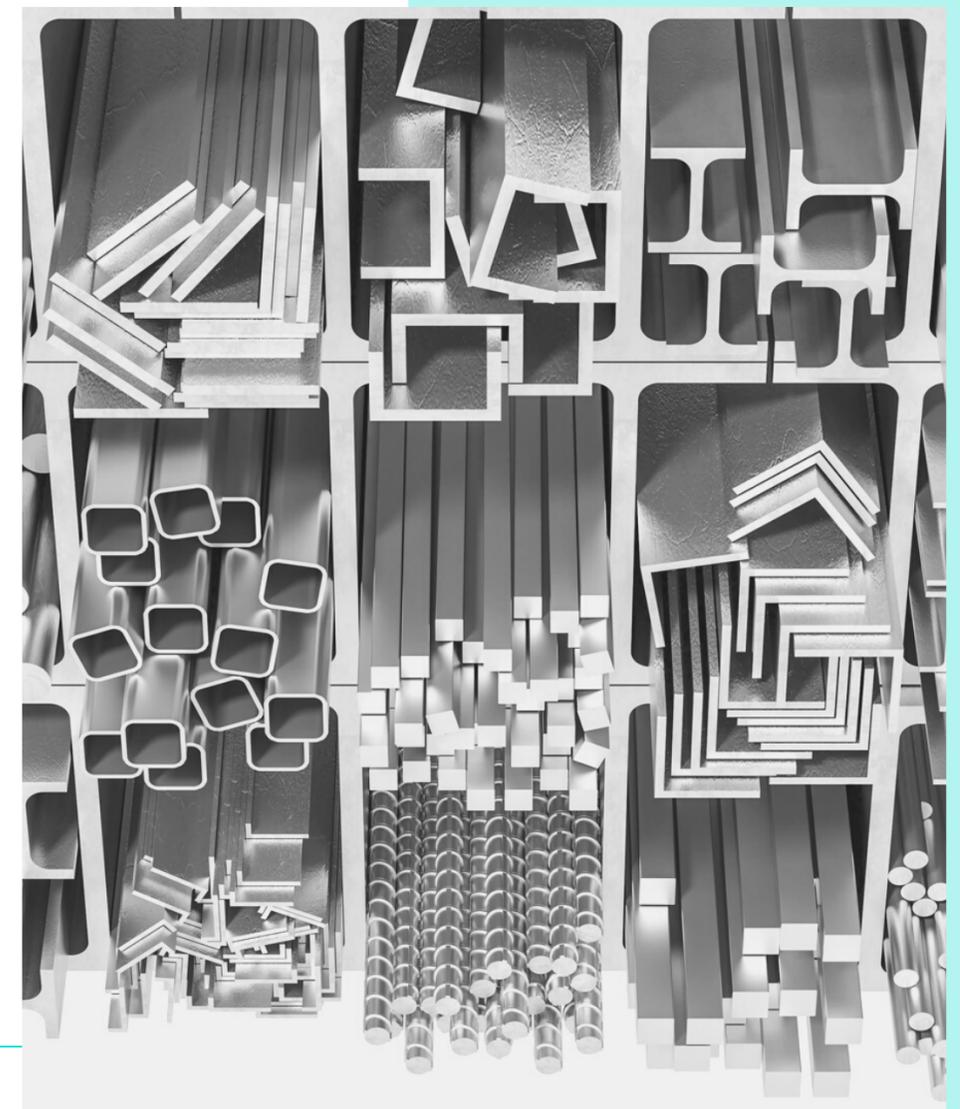
LIGAS NÃO FERROSAS

- Alumínio e Suas Ligas

O alumínio e suas ligas são caracterizados por uma massa específica relativamente baixa ($2,7 \text{ g/cm}^3$, em comparação com $7,9 \text{ g/cm}^3$ para o aço), condutividades elétrica e térmica elevadas, e resistência à corrosão em alguns ambientes comuns, incluindo a atmosfera ambiente.

Propriedades: A resistência mecânica do alumínio pode ser aumentada por trabalho a frio e pela formação de ligas

Os principais elementos de liga incluem cobre, magnésio, silício, manganês e zinco.



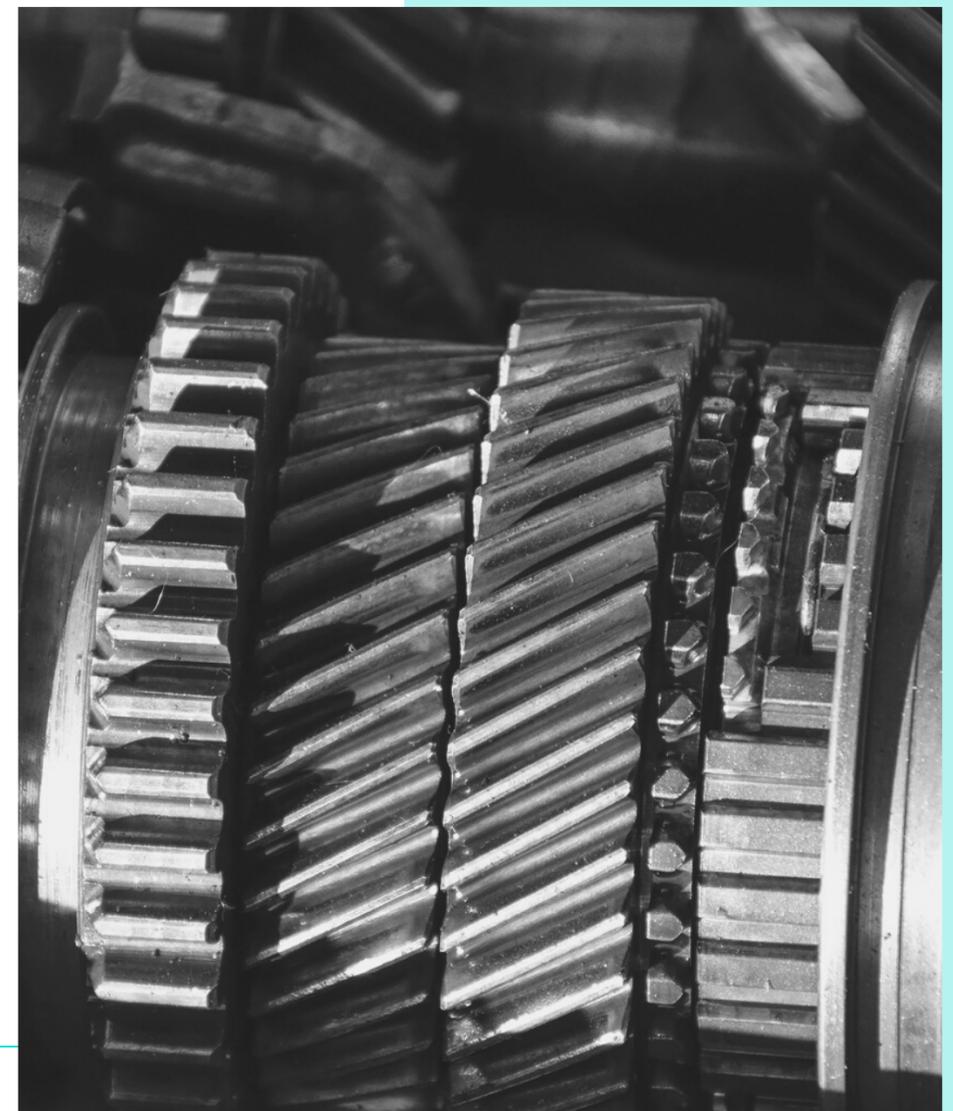
LIGAS NÃO FERROSAS

- **Magnésio e Suas Ligas**

Talvez a característica mais excepcional do magnésio seja sua massa específica, de 1,7 g/cm³, que é a mais baixa entre todos os metais estruturais; dessa forma, suas ligas são usadas onde um baixo peso é uma consideração importante (por exemplo, nos componentes de aeronaves).

Propriedades: Quimicamente, as ligas de magnésio são relativamente instáveis e especialmente suscetíveis à corrosão em ambientes marinhos.

O magnésio é empregado em diversos dispositivos portáteis (por exemplo, em motosserras, ferramentas elétricas e tesouras de aparar), em automóveis (por exemplo, em volantes e colunas de direção, nas estruturas dos assentos e nas caixas de transmissão), e em equipamentos de áudio, vídeo, computação e comunicação (por exemplo, computadores portáteis, câmeras de vídeo, aparelhos de televisão e telefones celulares).



LIGAS NÃO FERROSAS

- **Titânio e Suas Ligas**

O titânio e suas ligas são materiais de engenharia relativamente novos, que apresentam extraordinária combinação de propriedades.

Produzindo resistências específicas excepcionais. Adicionalmente, as ligas são muito dúcteis e podem ser forjadas e usinadas com facilidade.

As ligas de titânio, ligadas com frequência com **alumínio e estanho**, são as preferidas para aplicações a altas temperaturas.

Propriedades: limitação do titânio é sua reatividade química com outros materiais em temperaturas elevadas.

Essas ligas são usadas com frequência em estruturas de aeronaves, veículos espaciais, implantes cirúrgicos e nas indústrias química e do petróleo.



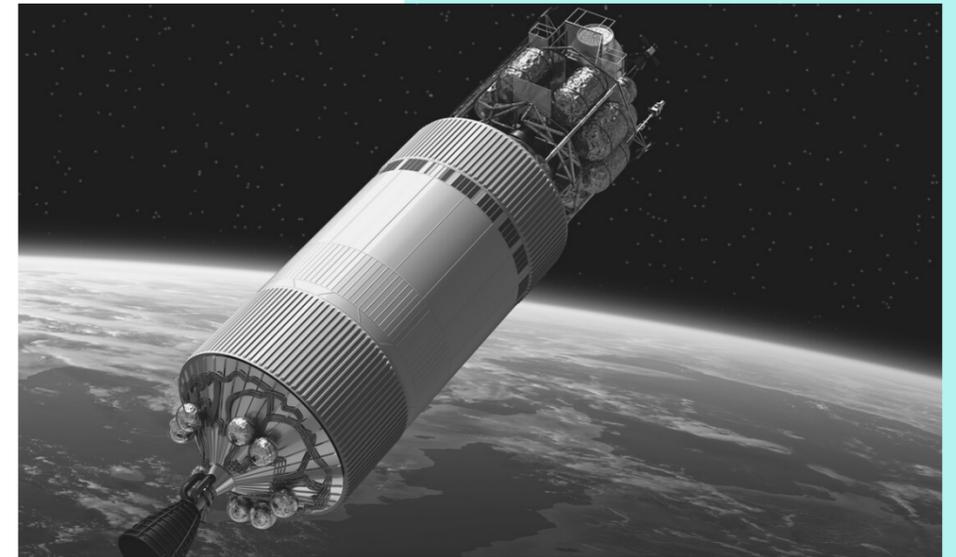
LIGAS NÃO FERROSAS

- Os Metais Refratários

Os metais com temperaturas de fusão extremamente elevadas são classificados como metais refratários.

Nesse grupo estão incluídos o nióbio (Nb), o molibdênio (Mo), o tungstênio (W) e o tântalo (Ta).

Aplicações: tântalo e o molibdênio são usados como elementos de liga no aço inoxidável para melhorar sua resistência à corrosão. As ligas de molibdênio são utilizadas em matrizes de extrusão e peças estruturais em veículos espaciais; nos filamentos de lâmpadas incandescentes, nos tubos de raios X e eletrodos de solda são empregadas ligas de tungstênio. O tântalo é imune ao ataque químico em virtualmente todos os ambientes em temperaturas abaixo de 150°C, e é empregado com frequência em aplicações que exigem um material com esse nível de resistência à corrosão.



LIGAS NÃO FERROSAS

- **As Superligas**

As superligas têm combinações superlativas de propriedades.

Aplicações: componentes de turbinas de aeronaves, que devem suportar a exposição a ambientes altamente oxidantes e temperaturas elevadas durante períodos razoáveis de tempo.

Três grupos – ferroníquel, níquel e cobalto.



LIGAS NÃO FERROSAS

- Os Metais Nobres

Os **metais nobres ou preciosos** constituem um grupo de oito elementos que compartilham algumas características físicas. Eles são caros (preciosos) e apresentam propriedades superiores ou notáveis (nobres)

Propriedades: têm baixa dureza, são dúcteis e resistentes à oxidação.

Os metais nobres são prata, ouro, platina, paládio, ródio, rutênio, irídio e ósmio;

As ligas, tanto de prata quanto de ouro, são empregadas como materiais para restauração dentária; além disso, alguns contatos elétricos em circuitos integrados são feitos em ouro. A platina é muito utilizada em equipamentos de laboratórios químicos, como um catalisador (especialmente na fabricação de gasolina), e em termopares para medir temperaturas elevadas.



LIGAS NÃO FERROSAS

- Ligas Não Ferrosas Diversas

A discussão anterior cobre a grande maioria das ligas não ferrosas; entretanto, várias outras ligas são encontradas em diversas aplicações em engenharia, e uma breve exposição dessas ligas é importante.

O **níquel** e suas ligas são altamente resistentes à corrosão em muitos ambientes, especialmente aqueles de natureza básica (alcalinas).

Propriedades: possui resistência muito elevada e é extremamente resistente à corrosão. O níquel é um dos principais elementos de liga nos aços inoxidáveis, e um dos principais constituintes das superligas.



LIGAS NÃO FERROSAS

- Ligas Não Ferrosas Diversas

O **Chumbo**, **estanho** e suas ligas encontram algum uso como materiais de engenharia.

Propriedades: mecanicamente de baixa dureza e baixa resistência, apresentam baixas temperaturas de fusão, são bastante resistentes a muitos ambientes corrosivos e possuem temperaturas de recristalização abaixo da temperatura ambiente.

O **zinco** não ligado também é um metal relativamente de baixa dureza, com baixa temperatura de fusão e uma temperatura de recristalização abaixo da ambiente. O aço galvanizado é simplesmente um aço-carbono comum que foi revestido com uma fina camada de zinco.

Propriedades: sua resistência à corrosão em inúmeros meios corrosivos, incluindo a água superaquecida.





Obrigado

Bruno Farias
Doutorando em Desenvolvimento Local

