



FACULDADE SUDOESTE PAULISTA

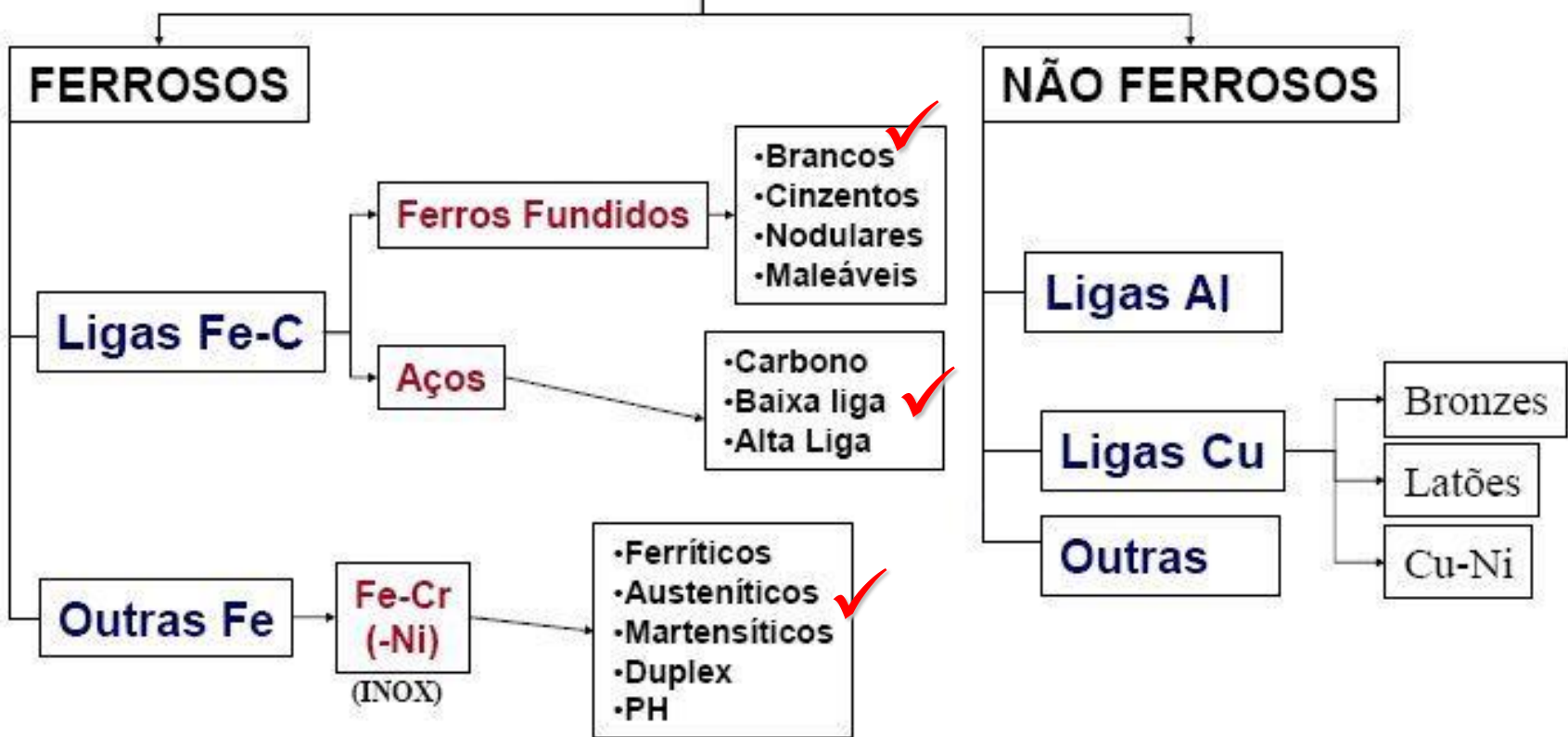
Ciência e Tecnologia de Materiais
Prof. Ms. Patrícia Corrêa

Metais: Ligas não ferrosas

Ligas Não Ferrosas

- Cobre
- Alumínio
- Outros: Magnésio e Titânio
- Superligas

MATERIAIS METÁLICOS



Metais Não-Ferrosas

- **Por quê?**

- Apesar da diversidade de propriedades das ligas ferrosas, facilidade de produção e baixo custo, elas ainda apresentam limitações:

- Alta densidade, baixa condutividade elétrica,

****Existem ligas de uma enorme variedade de metais.**

– Metais e ligas metálicas isentas de ferro, ou onde o ferro entra em pequena quantidade.

– Características genéricas :

- Resistência à corrosão
- Preço bastante elevado
- Baixa dureza e alta ductilidade
- Condutibilidade elétrica e térmica
- Menor resistência à altas temperaturas que o aço

Cobre e ligas

- O cobre apresenta uma qualidade única como material de engenharia:
 - Combina boa resistência à corrosão com elevada condutividade elétrica e térmica, e a resistência mecânica, obtida através da adição de outros metais.
 - O cobre e suas ligas são quase sempre catódicos em relação a outros materiais estruturais como o aço carbono e o alumínio.
- O cobre resiste a:
 - água do mar;
 - água doce, fria ou quente;
 - H_2SO_4 , ácido acético e outros ácidos não oxidantes, desde que diluídos e não aerados;
 - exposição à atmosfera.



Cobre e ligas

- Classificação:
 - 1) Cobre comercial;
 - 2) Latões: ligas de cobre e zinco com até 40% de Zn;
 - 3) Bronzes: ligas de cobre com **Sn**, Al, P e Si e outros elementos, contendo 85 a 95% de cobre;
 - 4) Cobre-níquel.

Cobre comercial

- Contém pelo menos 98% de Cobre
- Temperatura limite de utilização 200°C
 - forte redução da resistência mecânica
 - transformações metalúrgicas
- Não apresenta temperatura de transição dúctil-frágil
- Difícil soldabilidade
 - alto coeficiente de troca térmica
 - requer pré-aquecimento para a soldagem
- Material bastante estável (mesmo grupo da Ag e Au)
 - excelente resistência à corrosão.

Aplicações:

O emprego do cobre em equipamentos de processo é atualmente muito reduzido, devido ao custo elevado e também à sua baixa resistência mecânica.

Latões (Cu/Zn)

Ligas de cobre com até 40% de Zn e pequenas quantidade de Al, Sn, Fe e outros elementos.

- Propriedades que se alteram com a adição do Zn:
 - resistência mecânica (melhora até um limite de 30% de Zn);
 - custo (reduz com a adição de Zn);
 - resistência à corrosão (diminui).
- Os latões com mais de 15% de Zn podem sofrer corrosão (seletiva).
- O limite de temperatura para o latão é de 200°C

** Corrosão seletiva: devido a grande diferença de nobreza entre dois elementos de uma liga metálica.

CORROSÃO GRAFÍTICA

Designa-se corrosão grafítica ao processo corrosivo que ocorre nos ferros fundidos cinzentos e no ferro fundido nodular.

CORROSÃO POR DEZINCIFICAÇÃO

Designa-se por dezincificação ao processo corrosivo que se observa nas ligas de zinco, especialmente latões, utilizados em trocadores de calor (resfriadores, condensadores, etc), tubulações para água salgada, dentre outras.

Do processo de corrosão resulta a destruição do zinco (material mais anódico) restando o cobre e produtos de corrosão.

Propriedades dos latões

- Quanto maior o teor de zinco menor a resistência à corrosão
- Quanto maior o teor de zinco maior a resistência mecânica, sem queda apreciável na ductilidade.
- Quanto maior o teor de zinco menor o preço do latão.
- Temperatura máx. de emprego 200°C
- Temperatura mín. de emprego - 180°C
- Solda difícil (evapora o zinco)

Latões

- Aplicações:
 - Tubos para trocadores de calor;
 - Válvulas de pequeno diâmetro, peças internas em válvulas grandes, para baixa pressão e temperatura moderada, com ar, vapor e águas em geral.



Bronzes (Cu/Sn)

Ligas de cobre com Sn, Al, P, Si e outros elementos, contendo 85 a 95% de Cobre.

- Resistência à corrosão semelhante à do cobre comercial;
- Resistência mecânica e à temperatura são melhores que a do cobre comercial:
 - Limite superior de temperatura de trabalho 370°C (alguns tipos);
 - Limite inferior -200°C (mesma do cobre comercial).
- A adição de 4 a 10% de Al melhora muito a resistência mecânica, a resistência à temperatura e também à oxidação;
- A adição de Sn aumenta a resistência mecânica e a resistência à água salgada em movimento.

Bronze

- Nos bronzes comerciais o teor de estanho varia de 2 a 10% podendo chegar a 11% nas ligas para fundição
- À medida que aumenta o teor de estanho, aumentam a dureza e as propriedades relacionadas com a resistência mecânica, sem queda da ductilidade
- As propriedades são ainda melhoradas pela adição de até 0,40% de fósforo, que atua como desoxidante; nessas condições, os *bronzes* são chamados *fosforosos*.
- Frequentemente adiciona-se chumbo para melhorar as propriedades lubrificantes ou de antifricção das ligas, além da usinabilidade. O zinco é da mesma forma eventualmente adicionado, atuando como desoxidante em peças fundidas e para melhorar a resistência mecânica.
- Os bronzes possuem elevada resistência à corrosão, o que amplia o campo de seu emprego.

Bronzes

- O bronze-silício tem melhor resistência à corrosão do que os bronzes de alumínio, porém sua temperatura limite é de 100°C.

O cobre está sujeito à corrosão sob tensão.

- Aplicações:
 - construção de válvulas pequenas;
 - para mecanismo interno de válvulas grandes;
 - espelho para trocadores de calor.



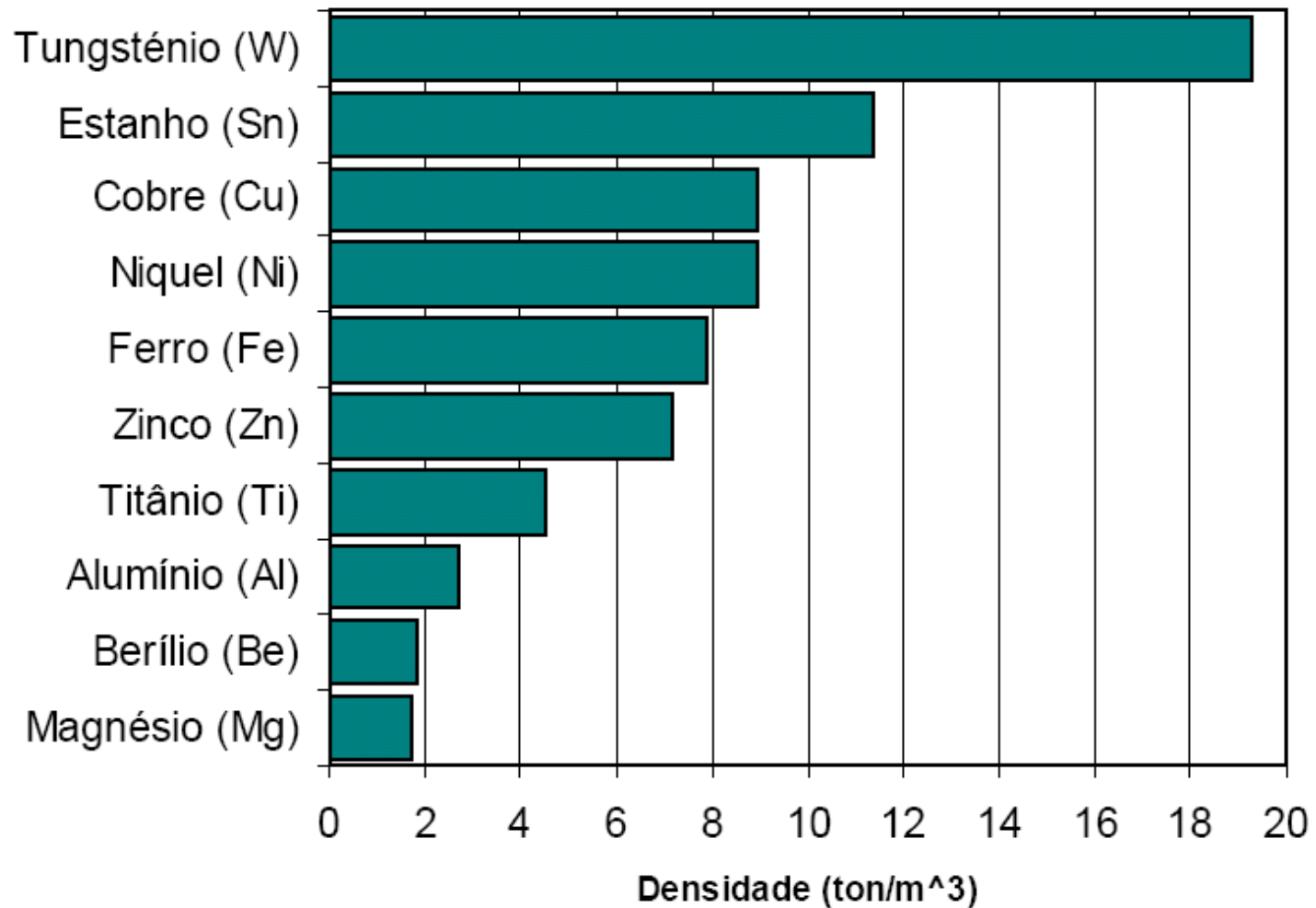
Estátua de Bronze.

Tipos de Bronzes Comuns

- Bronzes para condutores
 - Para materiais empregados em condutores elétricos, devem possuir algumas características extras, como:
 - Resistência mecânica, resistência à corrosão, ao desgaste e em alguns casos à temperaturas elevadas quanto ao amolecimento;
 - Cobre puro não possui estas características;
 - Bronze com baixo teor de estanho para obter essas propriedades mecânicas com o mínimo de sacrifício da excelente condutividade do cobre;

ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

Densidade do Al



O Alumínio

- Metal branco brilhante;
- Leve, Dúctil, Maleável;
- Sofre pouca influência do ar (Excelente resistência à corrosão, conferida pela camada protetora de óxido- Al_2O_3);
- É o metal mais abundante da crosta terrestre;
- Não é encontrado livre, sempre na forma de alumina (Al_2O_3);
- Processamento ainda caro, mas fácil reciclagem;
- Pode atingir resistência mecânica similar a alguns aços na forma de ligas (Obs: Al puro (99,99%) tem baixa resistência mecânica).

Características do Al

- O Alumínio não é ferromagnético, possui elevadas condutividades térmica e elétrica, e é não-tóxico;
- Resistência à oxidação progressiva, formação de camada de óxido protetor que impede a progressão da deterioração do material;
- O alumínio com tratamentos e/ou elementos de liga se torna resistente à corrosão em meios mais agressivos;
- O alumínio também encontra aplicações em peças decorativas, graças à sua superfície brilhante e refletiva.

Alumínio comercialmente puro

- Série 1XXX
- Grau de Pureza 99,00%(1000) – 99,99%(1099)
- Elevada condutividade térmica e elétrica
- Baixa resistência mecânica
- Baixa resistência a corrosão
- Formação de uma camada de óxido de alumina

Ligas Al-Cu

- Série 2XXX
- Conhecidas como DURALUMÍNIO
- Elevada resistência a tração
- Tratamento térmico de envelhecimento aumenta mais a resistência
- Resistência a corrosão baixa
- Conformabilidade e Soldabilidade restrita
- Acréscimo do Mg aumenta o endurecimento.

Ligas Al-Mn

- Série 3XXX
- Não é endurecida por precipitação e sim por trabalho mecânico
- Alta resistência mecânica
- Redução da Dutilidade e da susceptibilidade à corrosão sobre tensão
- 3003 – Painelas
- 3004 – Latas para acondicionamento de bebidas

Ligas Al-Si

- Série 4XXX
- Utilizadas como liga de fundição
- Silício confere à liga um aumento da fluidez do alumínio líquido, permitindo melhor o fluxo através do molde
- Reduz porosidade, contração no resfriamento
- Melhora soldabilidade
- Reduz usinabilidade.

Ligas Al-Mg

- Série 5XXX
- Melhor combinação entre resistência mecânica, resistência a corrosão e ductilidade.
- Boa soldabilidade
- Usada em grande escala na Indústria Naval

Ligas Al-Mg-Si

- Série 6XXX
- Facilidade de Extrusão (Elevada Dutilidade)
- Endurecimento por precipitação
- Mais usada comercialmente
- Potencial de aplicação na indústria automotiva

Ligas Al-Zn

- Série 7XXX
- Endurecível por precipitação
- Níveis mais altos de resistência mecânica
- Baixa resistência a corrosão sobre tensão
- Principalmente usada na fabricação de aviões
- 7001 - maior resistência mecânica de todas as ligas.

Propriedades Mecânicas, Químicas e Elétricas

- **Leveza:**
 - Ex - no transporte, as embalagens
- **Condutibilidade:**
 - Bom condutor elétrico e térmico
- **Impermeabilidade e opacidade:**
 - Não permite a passagem de luz e umidade
- **Alta relação resistência /peso:**
 - Bastante resistente em relação ao seu peso
- **Beleza:**
 - Material nobre e limpo que não se deteriora com o tempo. Largamente usado em confecções de peças para o lar.

Propriedades Mecânicas, Químicas e Elétricas

- **Resistência à corrosão:**
 - Facilita a conservação e a manutenção
- **Moldabilidade e soldabilidade:**
 - Altamente maleável e dúctil, possibilitando formas adequadas aos mais variados projetos.
- **Resistência e dureza:**
 - Excelente comportamento mecânico
- **Reciclabilidade:**
 - Depois de muitos anos de vida útil, o alumínio pode ser reciclado

Aplicações das ligas de Al

- **Bens de consumo**
 - Utensílios domésticos, cadeiras e mesas de praia e jardim, bicicletas, escadas, objetos de decoração e etc...
- **Transportes**
 - Furgões, nas carrocerias abertas, nos tanques rodoviários, nos vagões ferroviários, nas carrocerias de ônibus e na substituição de peças mais pesadas por peças mais leves no setor automotivo.
- **Construção Civil**
 - Revestimentos internos e externos, telhas, divisórias, forros e em muitos detalhes de concepções arquitetônicas modernas.

- **Embalagens**

- Fabricadas a partir de folhas e laminados, são empregadas para os mais variados tipos de consumo, com o objetivo de atender os mercados de produtos farmacêuticos, de higiene e limpeza, produtos alimentícios e bebidas.

- **Indústria Elétrica**

- Fios e cabos para utilização em linhas de transmissão de grande porte e subtransmissão, cabos condutores para distribuição aérea ou subterrânea e instalações elétricas prediais e industriais.

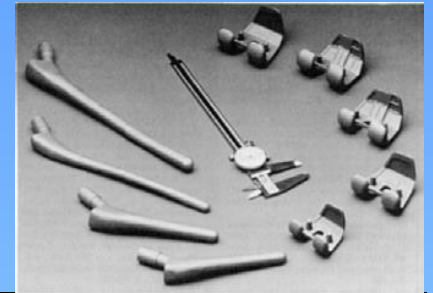
Áreas aplicações alumínio e produtos



Ligas de Magnésio

- Densidade: $1,7 \text{ g/cm}^3$ (menor que do Al)
- Estrutura cristalina HC
- Deformação difícil (baixa deformação);
- Fabricação por fundição (ou def. a quente)
- Ponto Fusão: 651°C
- Aplicações: indústria aeronáutica, mísseis, substituição aos plásticos de engenharia devido à rigidez e densidade comparável, partes automóveis (volantes, colunas, rodas), etc.

Ligas de Titânio



- Densidade: 4,5 g/cm³;
- Ponto de Fusão alto: 1668°C;
- Elevada rigidez:
- Dúcteis, fácil forjamento, usinagem e resistente à corrosão;
- Limitação: reatividade à altas temperaturas (requer processo especiais beneficiam., fusão e fundição);
- Aplicações: próteses, implantes metálicos, estruturas de aeronaves, veículos espaciais.

Outras Ligas Não Ferrosas

- Metais refratários
 - Nb, Mo, W, Ta.
 - Altíssimo ponto de fusão (de 2468°C a 3410°C).
 - Ligações atômicas extremamente fortes, alto módulo de Young, resistência e dureza alta.
 - Usados em filamentos de lâmpadas, cadinhos, eletrodos de soldagem, etc...
- Super-ligas
 - Ligas de Co, Ni ou Fe com Nb, Mo, W, Ta, Cr e Ti.
 - Usados em turbinas de avião. Resistem a atmosferas oxidantes a altas temperaturas.