



FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

TECNOLOGIA DA ARQUITETURA

**Disciplina AUT 2520 – Materiais e Processos de Produção II**

## **Metais Ferrosos: Tipos, características, especificações comerciais, processos de transformação primária e aplicações (parte a)**

### **Docentes responsáveis:**

Profa. Dra. Cyntia Santos Malaguti de Sousa

Prof. Dr. Tomás Queiroz Ferreira Barata

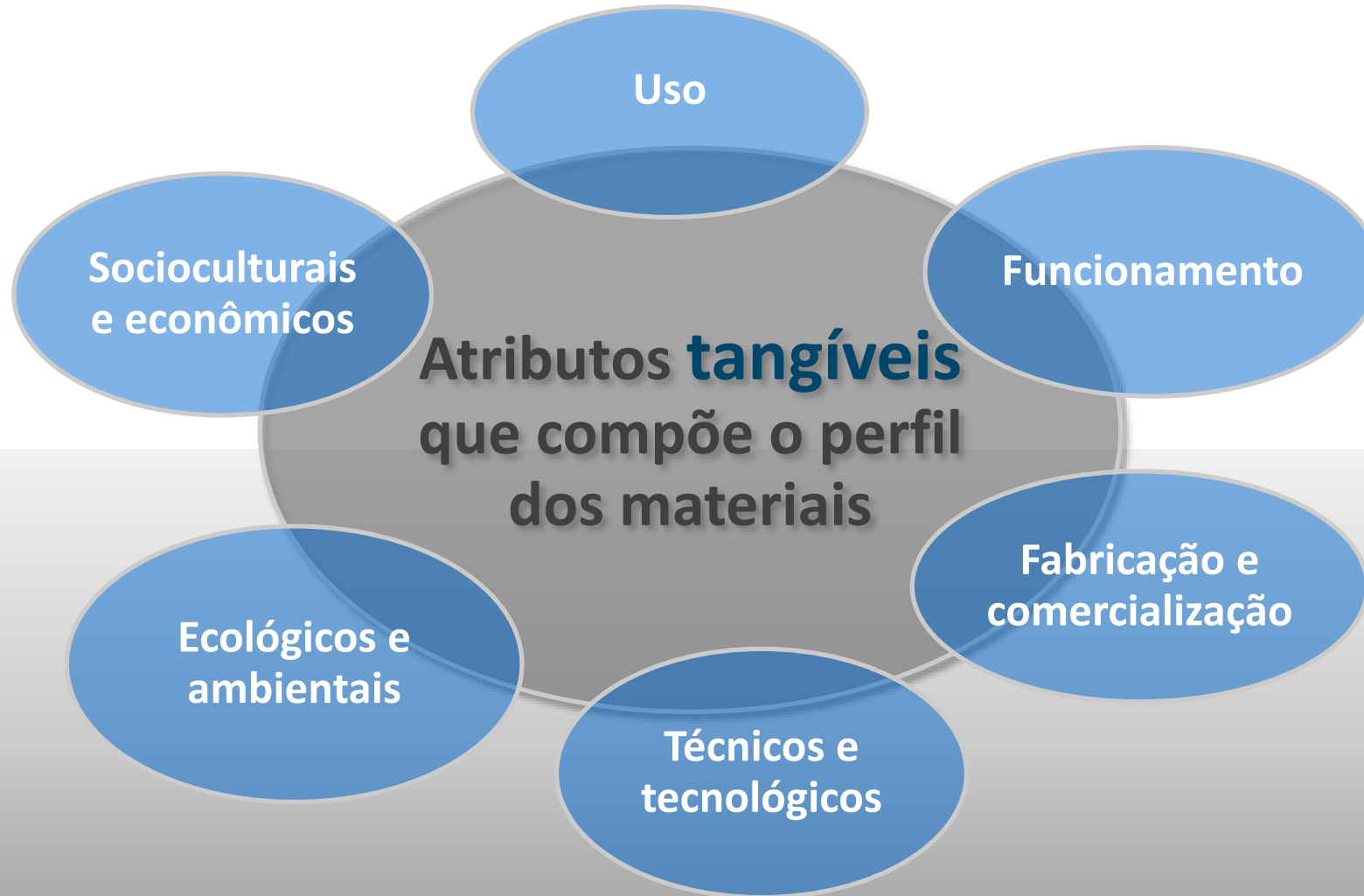
Fernando de Oliveira Linhares (doutorando)

# Introdução

*“O designer, seja atuando em equipe ou individualmente, é responsável pela aparência e forma de um produto. Se a forma de um produto é de algum modo resultante de como é fabricado, resulta que o projetista precisa ter um bom conhecimento dos materiais e seus processos de fabricação”*  
(Jim Lesko, 2012)

*...portanto, é necessário o entendimento do mundo real dos materiais e métodos de fabricação para criar produtos de sucesso.*

# Aspectos relacionados a seleção dos materiais, atributos tangíveis



Designer Poul Henningsen



Aspectos relacionados a seleção dos materiais

**Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:**

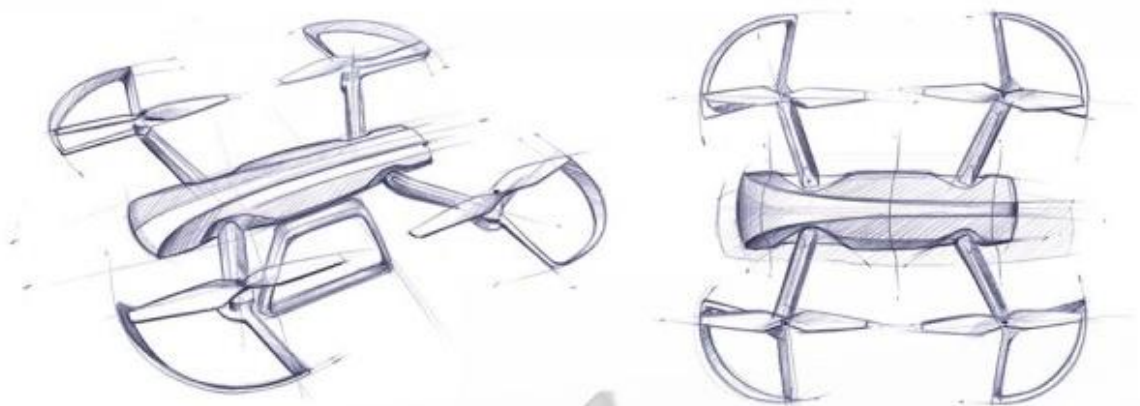
- **Uso:** Relacionado aos aspectos de interface com o usuário, aspectos ergonômicos, estéticos, formais: peso, transparência, manutenção, isolamento (térmico, acústico e radioativo), desempenho luminoso, aparência, forma, estilo.



A luminária PH Alcachofra em folhas de aço, cria uma iluminação suave e sem reflexos. Seu design e estrutura complexos garantem que a luz se quebre e se filtre uniformemente no ambiente.  
*Cortesia da Design Within Reach*

# Sky Rider Drone

Design by Pininfarina



Aspectos relacionados a seleção dos materiais

**Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:**

- **Funcionamento:** Referente a utilização do produto e suas partes: Exposição ao tempo, contato com outros materiais e componentes, contato com poeira, movimentação e vibrações, temperatura de trabalho e impactos.



PININFARINA afirma que o dispositivo acabado tem uma identidade visual única e possui uma forma aerodinâmica perfeita que minimiza o atrito, além da excelente capacidade de manobra, uma câmera integrada e rastreamento GPS.



**Pedro Paulo de Carvalho**,  
estudante de Design Gráfico, foi  
finalista da segunda edição do  
**Verallia Design Awards 2017**  
(1º lugar no Brasil, 4º lugar mundial)



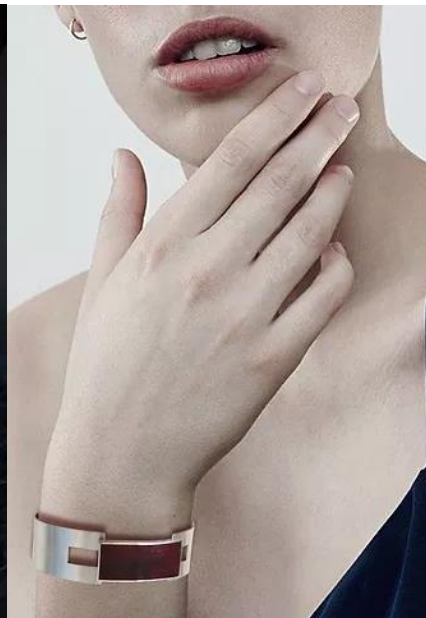
Aspectos relacionados a seleção dos materiais  
**Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:**

- **Fabricação e comercialização**  
Relacionado aos processos de  
transformação e com a cadeia  
**produtiva:** Produção, estocagem, embalagens,  
transporte, precisão dimensional, acabamento e  
marketing.

Design by

**Marlon Mercaldi**

<https://www.marlonmercaldi.com/pulseiras>





D&AD Awards 2020



Aspectos relacionados a seleção dos materiais  
**Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:**

- **Técnicos e tecnológicos:**  
referente as propriedades e desempenho:  
comportamento físico, mecânico, térmico, elétrico, peso e densidade, nível tecnológico incorporado, inovação e interação com o usuário.



O **Google Nest Mini** é a segunda geração do sistema de som integrado ao Google Assistente. Tem funções de controle doméstico, de reprodução de músicas ou execução de chamadas, especialmente impactante para usuários com mobilidade limitada

Aspectos relacionados a seleção dos materiais

Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:

## ■ Ecológicos e Ambientais:

Legalidade, disponibilidade, uso de recursos naturais, impactos da extração de recursos, conteúdo energético, conteúdo de material reaproveitado, uso de materiais locais ou renováveis, resíduos e emissões.



Design by

**Júlia Gostkorzewicz**

<http://juliag.me/jam/>



JAM

Guitarra digital de bambu e componentes metálicos, vencedora do prêmio Prata **Idea Brasil 2009**, na categoria Ecodesign.





Aspectos relacionados a seleção dos materiais

Atributos tangíveis que compõe o perfil dos materiais:

## ■ Sociocultural e econômico:

Avaliação do ciclo de vida, condições de trabalho, recursos naturais, processo economicamente viável, qualificação da mão-de-obra, geração de renda, respeito a cultura local.

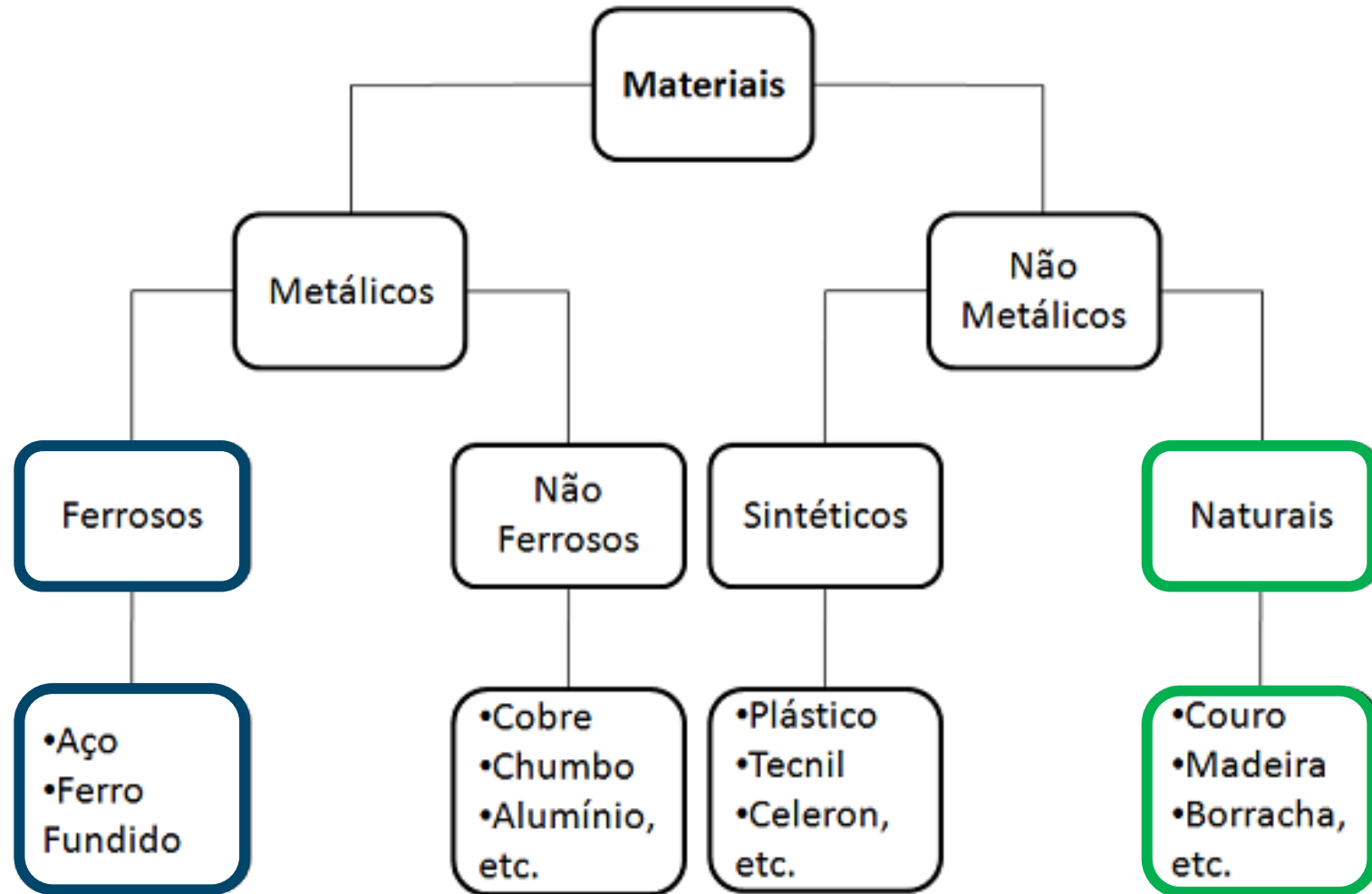


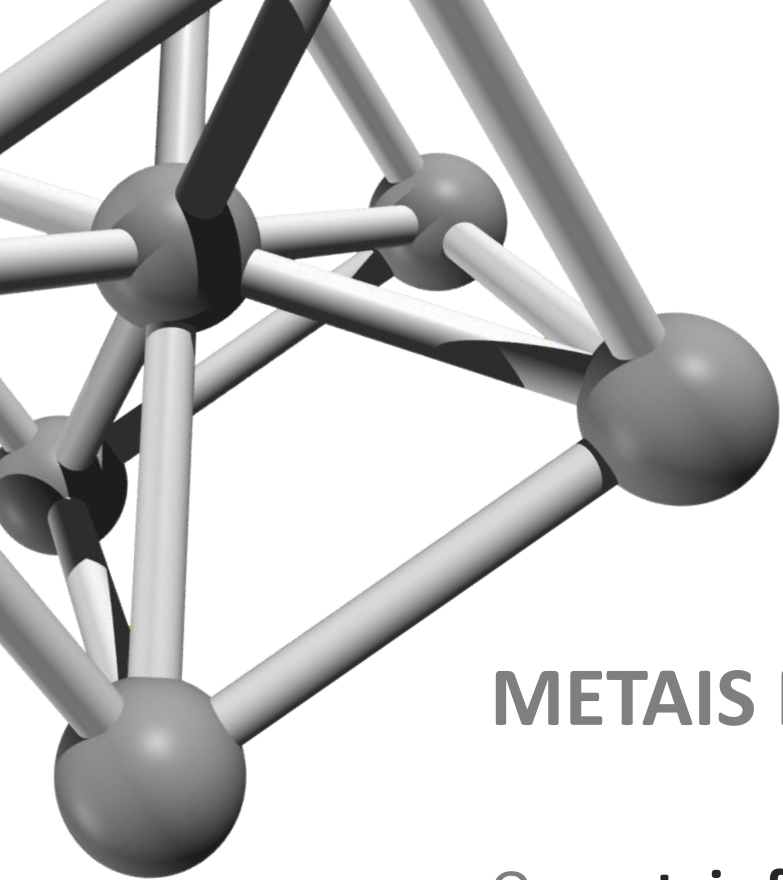
O Remix integra uma incubadora de eco-design que envolve 5 moradores do Bairro do Armador, em articulação com designers. A proposta é criar soluções de auto emprego.

# Aspectos relacionados a seleção dos materiais, atributos **intangíveis**



# CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS





## METAIS FERROSOS

Os **metais ferrosos** contêm uma percentagem elevada de ferro em sua composição química, nesta classe se enquadram os **aços** e **ferros fundidos**.

### Características gerais dos metais:

- alta dureza,
- grande resistência mecânica,
- elevada plasticidade (grandes deformações sem ruptura),
- alta condutibilidade térmica e elétrica.

## Propriedades mecânicas

**Resistência mecânica** - pode-se conceituar resistência mecânica como sendo a capacidade do material de resistir a esforços de tração, compressão, cisalhamento, torção, flexão entre outros, sem romper e/ou se deformar.

**Dureza** - É a capacidade oferecida por um material de resistir a penetração e ao riscamento.

**Plasticidade** - É a capacidade de um metal de sofrer apreciável deformação a frio sem se romper.

**Maleabilidade** - É a capacidade de um metal em se deixar moldar facilmente a frio ou a quente e determina a sua maior aptidão aos trabalhos de laminação, forjamento, estiragem.

**Tenacidade** - É a capacidade de um metal de absorver considerável energia antes de se romper pela aplicação de um esforço. O metal tenaz apresenta grande resistência ao choque.

## Propriedades Tecnológicas

**Usinabilidade** – expressa a facilidade de um material ser usinado, ou seja, fabricação de uma peça, através da remoção de material.

**Conformabilidade** – é a capacidade do material de ser deformado plasticamente através de processos de conformação mecânica. Esta propriedade está associada à ductilidade do material.

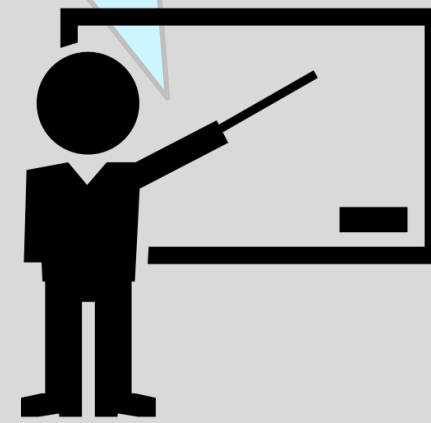
**Temperabilidade** – está diretamente relacionada com a profundidade (da superfície em direção ao núcleo) com a qual o material pode ser endurecido num tratamento térmico de têmpera.

**Soldabilidade** – é a capacidade de um material ser unido pelo processo de soldagem, tendo por objetivo a continuidade das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos mesmos.

# Aço

**Aço** é um produto siderúrgico obtido por via líquida através uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variando entre 0,008 e 2,1%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,1% e 6,7%.

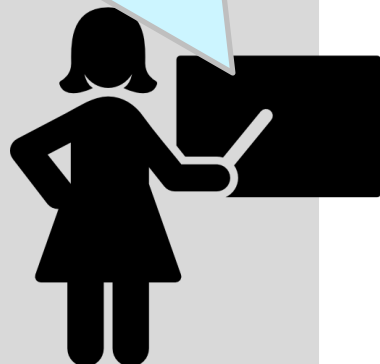
O consumo anual de aço, medido em toneladas, é maior do que o dobro do consumo de todos os **outros metais e mais os plásticos**. Depois do aço, o material manufaturado mais empregado é o papel.



# Aço carbono

O Aço-carbono (ou aço comum) é a liga composta de ferro e carbono, com pequenas quantidades de manganês e silício. Esta classe dos aços também pode ser subdividida em aços de baixo carbono ( $0,008 < \%C < 0,3$ ), médio carbono ( $0,3 < \%C < 0,5$ ) e alto carbono ( $0,5 < \%C < 2,11$ ). A variação do percentual de carbono aliada aos tratamentos térmicos permite que esta liga tenha uma ampla faixa de propriedades mecânicas e tecnológicas a um custo competitivo.

A soldabilidade, temperabilidade, usinabilidade dos aços são consideradas como propriedades tecnológicas marcantes nesta liga.



- Possuem baixa resistência à corrosão
- Menor sensibilidade aos tratamentos térmicos



# Aços inoxidáveis

O **aço inoxidável** é um aço de alta-liga com no mínimo 10,5% de cromo com elemento principal de liga.

**Os principais aços inoxidáveis são:**

**Aço inoxidável austenítico**

(utilizado em equipamentos de indústrias químicas e alimentícias)

**Aço inoxidável de liga ferrítica**

(equipamentos e peças que suportam calor)

**Aço inoxidável martensítico**

(instrumentos médicos, estruturas de aeronaves e componentes de turbinas)

**Características gerais dos aços inox:**

- Alta resistência ao calor;
- Resistência a corrosão;

**Principais aplicações:**

- Indústria alimentícia (de fácil limpeza, desinfecção e higienização)
- Indústria moveleira (beleza e durabilidade)
- Bens de consumo duráveis (geladeiras, fogões, máquinas de lavar roupas, lava-louças)
- Construção civil e arquitetura
- Indústria automobilística

## TIPOS DOS MATERIAIS METÁLICOS

# Aços-Liga

Efeitos dos elementos de liga nas propriedades dos aços

(Brand e Warger 2005)

Elemento de Liga	Efeito nos aços
Carbono (C)	Aumenta dureza, resistência mecânica e ao desgaste
Cromo (Cr)	<u>Melhora a resistência à corrosão e temperabilidade</u>
Chumbo (Pb)	Melhora a usinabilidade
Manganês (Mn)	Aumenta resistência mecânica, temperabilidade, melhora a resposta de outros elementos de liga aos tratamentos térmicos
Alumínio (Al)	Promove a desoxidação dos aços
Níquel (Ni)	<u>Melhora a tenacidade e resistência mecânica</u>
Silício (Si)	Auxilia na desoxidação e melhora a temperabilidade
Tungstênio (W)	Aumenta a resistência mecânica a quente e ao desgaste
Molibdênio (Mo)	Melhora a temperabilidade e aumenta a resistência mecânica a quente
Enxofre (S)	<u>Melhora a usinabilidade</u>
Titânio (Ti)	Elimina a precipitação de carbonetos (de outros elementos de liga como carbonetos de cromo)
Vanádio (V)	Auxilia no refino de grão e aumenta a tenacidade
Boro (B)	Melhora a temperabilidade
Cobre (Cu)	Aumenta a resistência à corrosão e resistência mecânica
Nióbio (Nb)	Elimina a precipitação de carbonetos (similar ao Ti)
Fósforo (P)	Aumenta a resistência mecânica quando dissolvido na matriz
Telúrio (Te)	Melhora a usinabilidade
Cobalto (Co)	Aumenta a dureza e resistência ao desgaste



## APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO E AÇO INOX

.



## APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO MOBILIÁRIO



**Cadeira Ella,  
Design by Jader Almeida**

### **MATERIAIS**

Braços e encosto em madeira maciça natural ou tingida, assento estofado e estrutura em aço carbono pintado.

APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO  
MOBILIÁRIO



**Poltrona Job Estrutura**  
Design by Estúdio Casa A

<https://www.atelierclassico.com.br/poltrona-job-estrutura-aco-carbono-pintado-design-atemporal-e-moderno-design-by-estudio-casa-a>



## Varanda

Design by Menini Nicola e  
Bernardo Senna  
Montevideo – Uruguay  
Modalidade: Profissional

Parecer do júri: a coleção traz  
solução compacta, funcional e  
acessível. A estética descontraída  
das peças, traz vida aos espaços  
residenciais abertos.



**Design by Martin Foret**  
**'Heart' bike hanger**

<https://www.designboom.com/design/2018-a-design-award-competition-submissions-09-15-2017/>

## APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO OBJETOS UTILITÁRIOS



Vencedor do prêmio de design na categoria de móveis,  
itens decorativos e artigos para casa em 2017

A' DESIGN AWARD  
& COMPETITION



Design by **Natalia Geci**  
Lynko Freestanding Modular System

## APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO OBJETOS UTILITÁRIOS





APLICAÇÕES DO AÇO CARBONO  
MOBILIÁRIO



Design by Aryane Lima

<https://br.pinterest.com/pin/68046644359599839/>

# APLICAÇÕES DO AÇO INOX

## Cozinha e utensílios



Panela Wok Tramontina Ventura

<https://br.pinterest.com/pin/191543790389661978/>



Jogo para Sobremesa Design Collection TR3S

## APLICAÇÕES DO AÇO INOX

# Componentes, peças hidráulicas e acessórios



Parafusos e componentes de ligação



Peças acessórios de banheiro em Aço Inox escovado



Tubulações e condutes aparentes

APLICAÇÕES DO AÇO INOX

# Arquitetura e urbanismo



Floralis Genérica, 2002, Bueno Aires

APLICAÇÕES DO AÇO INOX

## Arquitetura e urbanismo



Monumento Atomium, Bruxelas, Bélgica (1958)

Monumento de 102 metros representa um cristal elementar de ferro ampliado 165 milhões de vezes.

# Ferro Fundido

São ligas relativamente baratas e possuem uma melhor fluidez que os aços e também por isso são preferidos para o processo de fundição.

- O ferro fundido têm um percentual de carbono entre **2,1%** a **6,7%** e **1%** a **3%** de silício.
- Pelo fato do silício estar frequentemente presente em teores superiores ao do próprio carbono, os ferros fundidos são geralmente considerados como uma **liga ternária Fe-Si-C**
- Possuem temperatura de fusão menor que a do aço. Esta característica facilita a produção de produtos de ferro fundido a partir do processo de fabricação conhecido como **Fundição**.



# Ferro Fundido

## Vantagens

- Elevada dureza e resistência ao desgaste
- Boa resistência à corrosão
- Baixo custo

## Desvantagens

- Grande fragilidade e baixa ductilidade
- Deformação plástica pequena na tração.
- Soldagem muito limitada

## CLASSIFICAÇÃO:

A composição química e a velocidade de resfriamento são os dois parâmetros que definem basicamente os tipos de ferro fundido, que são:

- ✓ Ferro fundido cinzento
- ✓ Ferro fundido branco
- ✓ Ferro fundido nodular
- ✓ Ferro fundido maleável

# Ferro Fundido Cinzento

É o ferro fundido mais utilizado em 75% dos processos de fundição, muito utilizado na indústria automobilística e na produção de máquinas e equipamentos

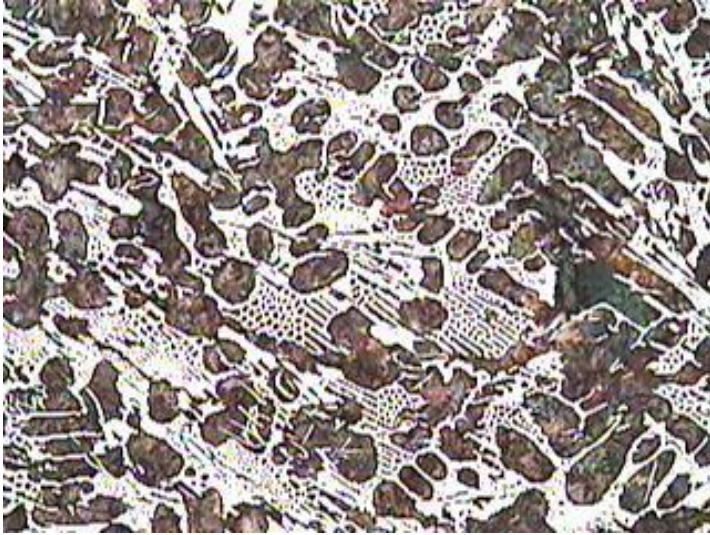


Ferro Fundido Cinzento possui elevada fluidez (no estado líquido) o que permite produzir peças com geometria complexa. Possui boa usinabilidade baixo atrito devido à presença da grafita (lubrificante sólido), excelente amortecimento de vibrações, boa resistência à compressão, mas péssima resistência à tração, má soldabilidade e baixo custo.



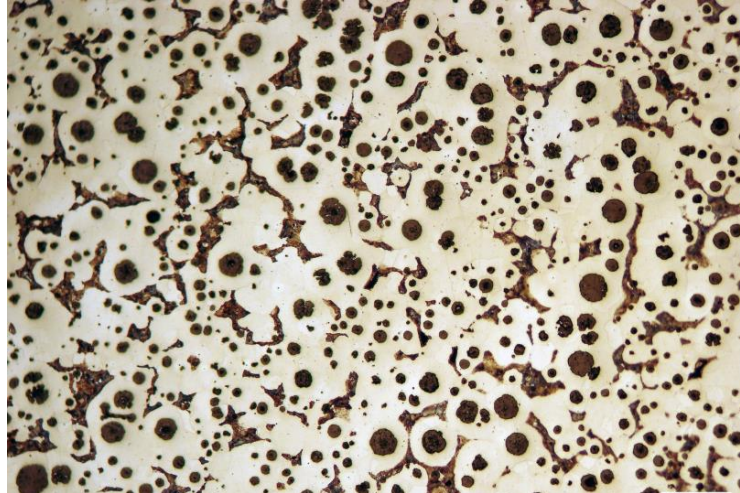


## Ferro Fundido Branco



- Produtos sujeitos a elevadas compressão e desgaste
- Muito duro e frágil
- Soldadura impossível
- Tem baixo custo

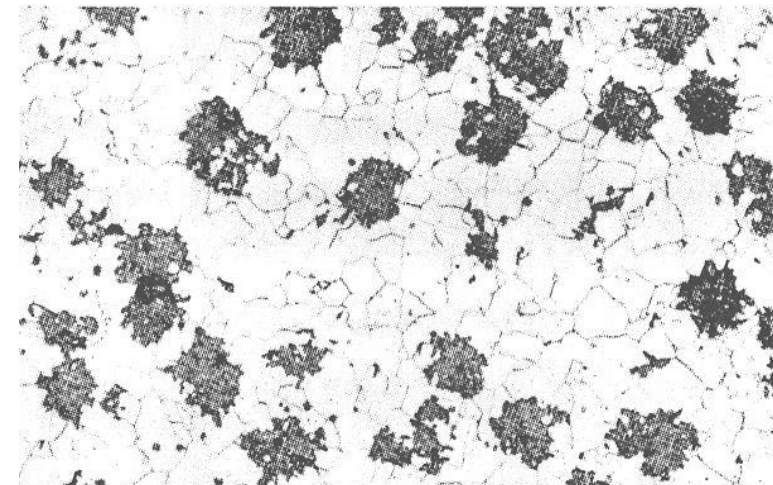
## Ferro Fundido Nodular



Micro estrutura do ferro fundido nodular

- Excelente maquinabilidade
- Grande resistência ao desgaste
- Soldabilidade melhorada

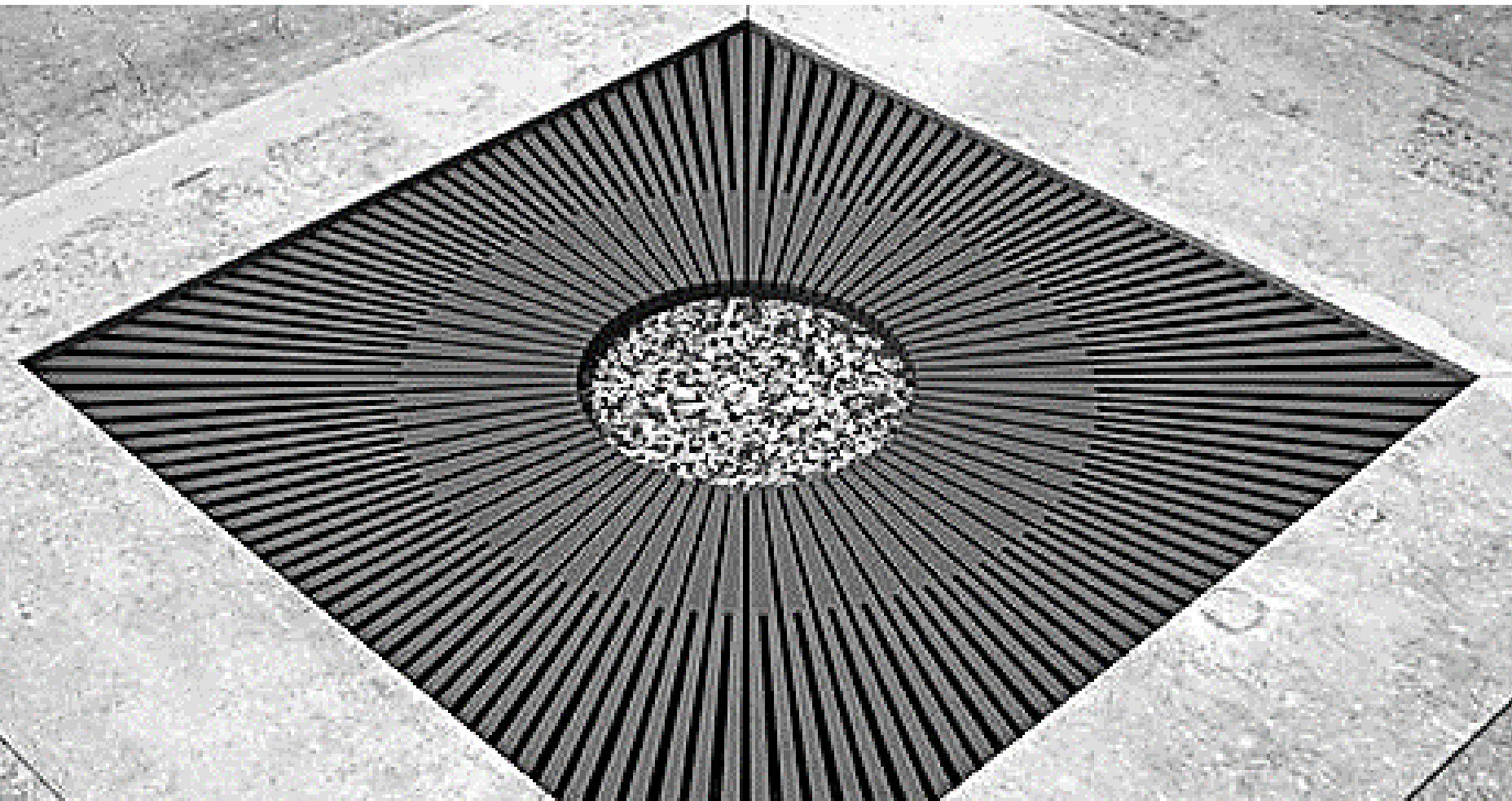
## Ferro Fundido Maleável



Micro estrutura do ferro fundido maleável

- Excelente ductibilidade, que pode ultrapassar 10%.
- Muito fácil de usar

## APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO



# APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

## Equipamentos e utensílios de cozinha



Chaleira Redonda, Ferro Fundido, Preto, STAUB



Conjunto de panelas de ferro Fundido



Fogão De Embutir 4 Bocas Dako De4vup

## APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

### Mobiliário



Design KÄLLEMO

<https://www.archiexpo.com/pt/prod/kaellemo/product-58468-2213211.html>



## APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

### Mobiliário



<https://br.pinterest.com/pin/7036943156388568/>



<https://br.pinterest.com/pin/343047696619327091/>

## APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

### Lareiras

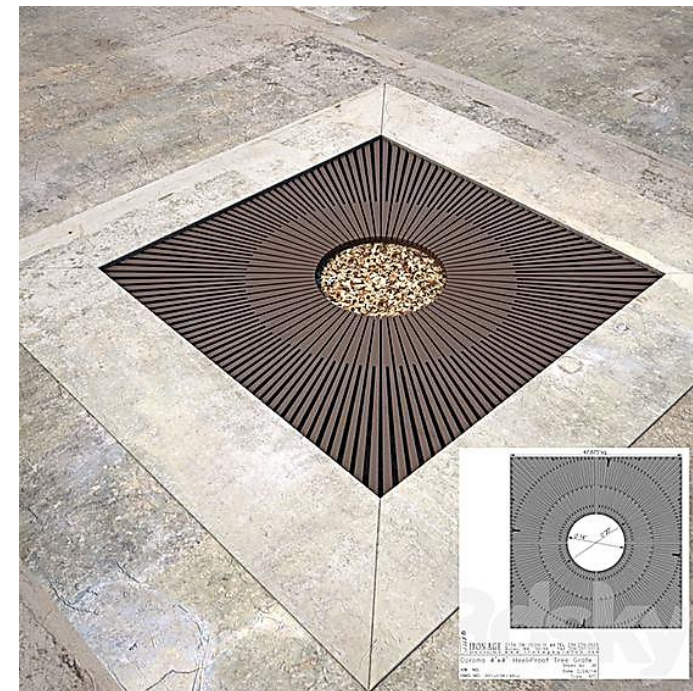


# APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

## Equipamentos e mobiliários públicos



Square Tree Grate  
Corona Pattern



# APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO

## Equipamentos e mobiliários públicos





Aplicações do ferro fundido  
Componentes construtivos

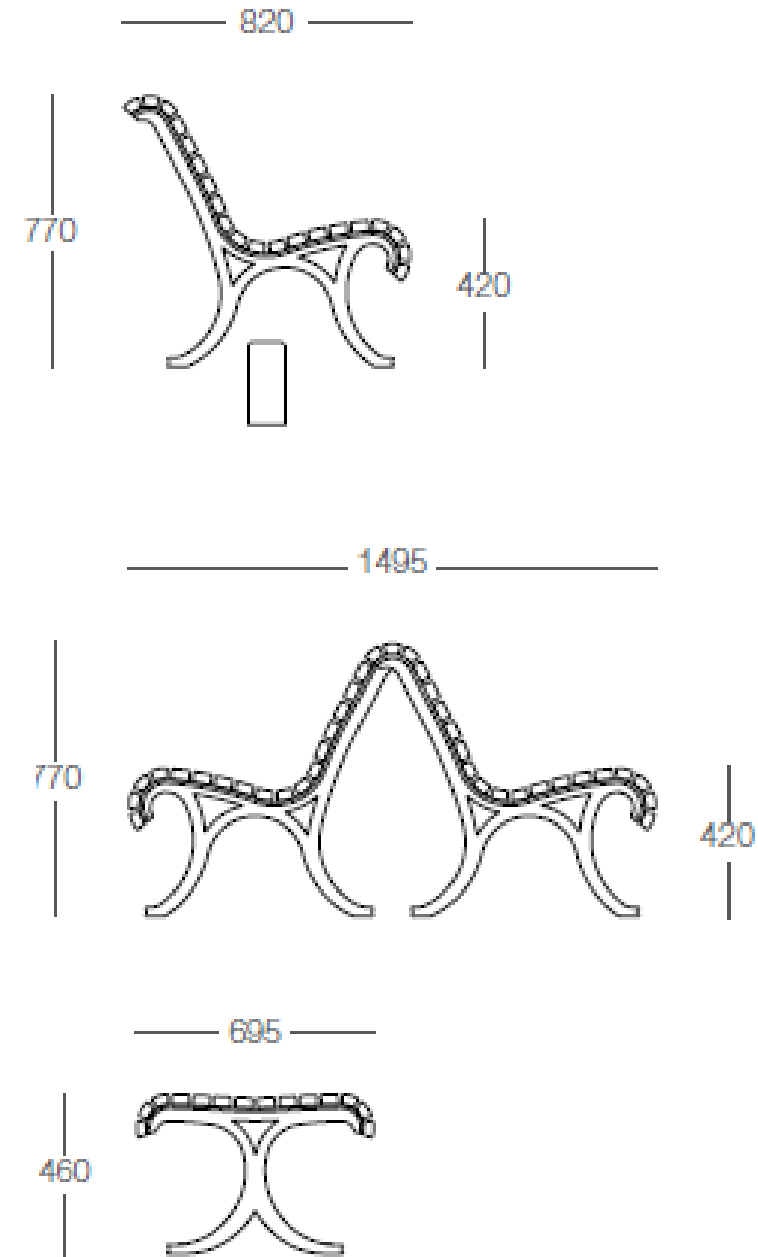


APLICAÇÕES DO FERRO FUNDIDO  
Equipamento e mobiliário público



**Por Alvaro Siza**

Banco SERRALVES - Releitura do mobiliário clássico oitocentista  
Ferro fundido, madeira Garapa (FSC)



## **Bibliografia Básica**

CALLISTER, William D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Rio de Janeiro: Ltc, 2002.

LESKO, Jim. Design industrial – Materiais e processos de fabricação. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

LIMA, Marco Antônio Magalhães. Introdução aos materiais e processos para designers. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

## **Bibliografia Complementar**

ASHBY, Mike and JOHNSON, Kara. Materials and design: the art and science of material selection in product design. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002.

BRESCIANI FILHO, Ettore (coord.). Conformação plástica dos metais. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1991.

**OBRIGADO**