# ESTRUTURAS METÁLICAS, MADEIRAS E ESPECIAIS

**TARSO LUÍS CAVAZZANA**

Engenheiro Civil, Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, MBA em Gestão Empresarial

tarsocavazzana@yahoo.com.br

# Plano de ensino

- **CARGA HORÁRIA SEMANAL:** 02 Horas/Aula (02 Teoria)
- **CARGA HORÁRIA SEMESTRAL**: 40 Horas

# EMENTA

- Materiais Metálicos
- Produtos Siderúrgicos
- Produtos Metalúrgicos
- Ações Estruturais
- Seções Transversais
- Métodos dos Estados Limites
- Barras Tracionadas
- Ligações Parafusadas
- Barras Comprimidas
- Barras Flexionadas

# EMENTA

- Ligações Soldadas
- Madeiras de Construção
- Ensaios e Bases de Cálculo
- Ligações Estruturais
- Tesouras
- Pontaletes e Escoramentos
- Vigas e Treliças de Madeira

# OBJETIVOS GERAIS

Capacitar o aluno para o conhecimento do uso dos materiais metálicos, normas de cálculo, critérios de dimensionamento para vigas, colunas, tirantes, escadas, chapas etc. Tipos de conexões entre as peças, solda, parafusos, etc. Ação de vento. Estruturas de madeira abrangendo tesouras para telhados, pontes, sistemas de escoramento, fôrmas de estruturas, etc.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Habilitar o aluno para o dimensionamento à flexão, à tração à compressão e à flexo-compressão de Flambagem, estudo de estabilidade, torção, etc – Dimensionamento de conexões soldadas e parafusadas em estruturas metálicas, além de capacitar o aluno a também elaborar e responsabilizar-se profissionalmente por projetos de estruturas de madeira.

# CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Produtos Siderúrgicos, Produtos Metalúrgicos, Perfis, Normas Técnicas.
- Ações Estruturais, Diagramas, Tensão X Deformação de Aços, Aço Estrutural.
- Características Geométricas das Seções Transversais.
- Métodos dos Estados Limites.
- Barras Tracionadas, Ligações Parafusadas.
- Barras Comprimidas, Barras Flexionadas.
- Ligações Soldadas.
- Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira.

# CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

- Madeiras para Construção – Produtos Comerciais.
- Ensaios de Madeiras – Bases de Cálculo.
- Ligações de Peças Estruturais.
- Peças Tracionadas – Emendas.
- Peças Comprimidas Axialmente – Flambagem.
- Vigas Simples e Armadas.
- Treliças Planas.
- Normas Técnicas.

# ESTRATÉGIA DE TRABALHO

Apostilas e textos. Exercícios em sala. Projeção de vídeos e de transparências. Materiais demonstrativos (parafusos, perfis, etc).

# AVALIAÇÃO

- MF=(0,7*(P1+P2)/2)+0,3*MTR
- MF = Média final
- P1=  Nota da Prova 1
- P2=  Nota da Prova 2
- MTR= Média aritmética de Trabalhos e Relatórios

- Exame final tem que tirar no mínimo o complementar de MF para 10.

# BIBLIOGRAFIA - Básica


- PFEIL, W,; PFEIL, M. **“Estruturas de Aço - Dimensionamento Prático”**, Editora LTC, Rio de Janeiro. 2000.
- PFEIL, W. **“Estruturas de Madeira”**, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2000.
- CARVALHO, M. **“Construções de Madeira”**, Editora Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1998.

# BIBLIOGRAFIA - Complementar


- SANTOS F. **“Estruturas Metálicas -Projeto e Detalhes para Fabricação”**, Editora
- Mc Graw-Hill, São Paulo, 1977.
- NBR-7190: **“Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira”**, Editora ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

# BIBLIOGRAFIA - Complementar


- SANTOS F. **“Estruturas Metálicas -Projeto e Detalhes para Fabricação”**, Editora
- Mc Graw-Hill, São Paulo, 1977.
- NBR-7190: **“Cálculo e Execução de Estruturas de Madeira”**, Editora ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

# Produtos Siderúrgicos, Produtos Metalúrgicos, Perfis, Normas Técnicas.

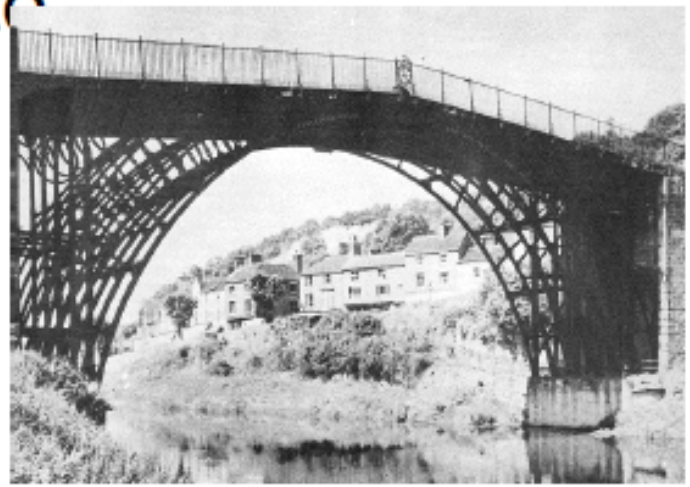
Os produtos siderúrgicos são as barras de aços planos (chapas) ou longos (ferro redondo, cantoneiras, ferro chato, vigas I (W) e H). São os materiais “brutos”, feitos com os metais, principalmente o ferro, extraídos das minas.

Os produtos metalúrgicos são aqueles que processam os siderúrgicos, que pode ser desde um Perfil, até uma estrutura completa (galpões, coberturas, fechamentos, telhas);

# Produtos Siderúrgicos, Produtos Metalúrgicos, Perfis, Normas Técnicas.

**Normas:**

- Tecnologia anterior ao concreto



**1779**

**Ponte de Ferro em Coalbrookdale, sobre o rio Severn, na Inglaterra 30,5 m**

**1849**

**Joseph Monier patenteia vasos de concreto armado**

**1875**

**Monier constrói ponte de concreto armado com 16 m de vão livre**

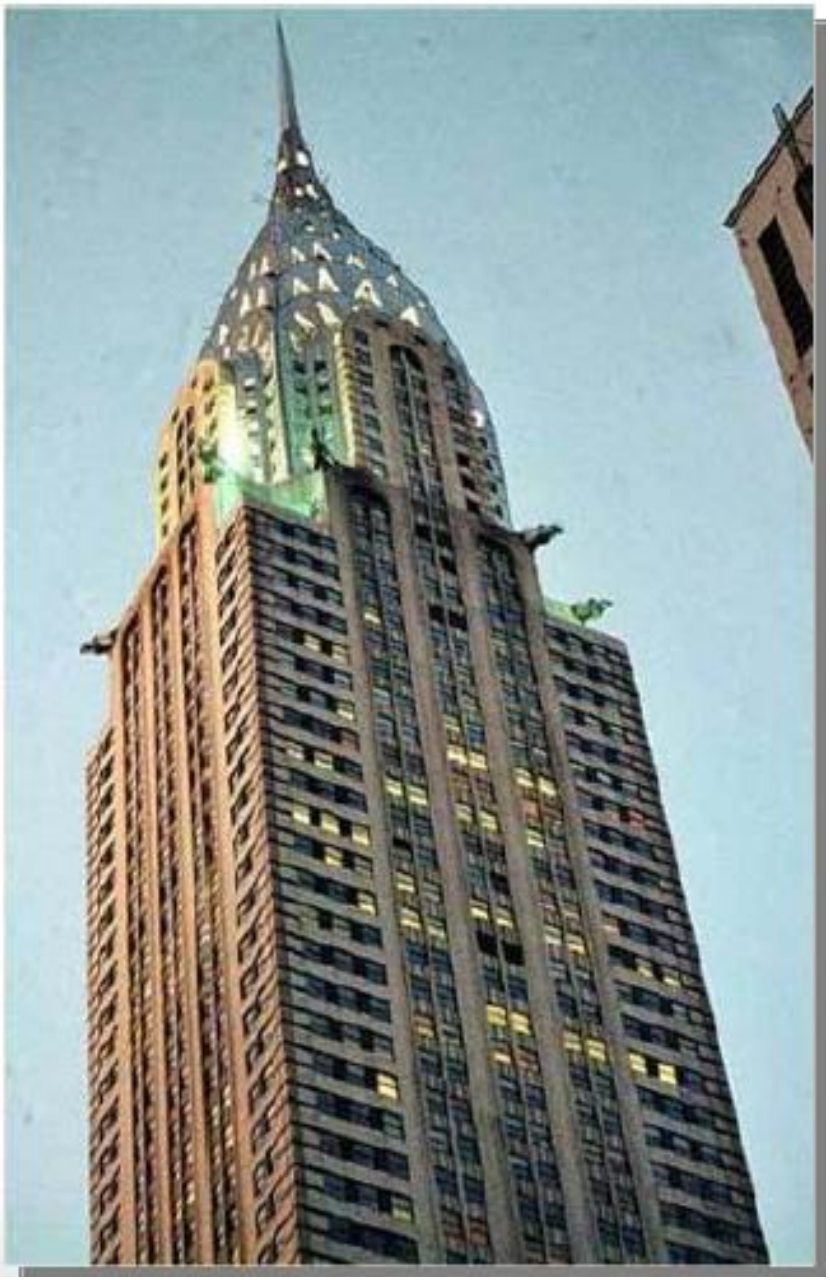
**1903**

**Auguste Perret - Prédio em concreto armado na Rua Franklin - Paris**

- Obras de destaque
  - ***Torre Eiffel***
    - ***– Paris, 1889***
    - 300 m de altura
    - 1.700 toneladas de aço
    - 18.000 peças

- Obras de destaque
- *Empire State Building*
  - *New York, 1931*
  - 102 andares
  - 380 m de altura

- Obras de destaque



- Obras de destaque

Hotel Emirados Árabes

Torres Gêmeas

- O Futuro

# *A Siderurgia no Brasil*

**1921** → Companhia Siderúrgica Belgo Mineira

**1941** → Companhia Siderúrgica Nacional - CSN(em plena 2a guerra)

↓

Fábrica de Estruturas Metálicas - FEM (1953)

# Primeiras Obras em aço

O Eng. Paulo Fragoso- responsável pelas primeiras grandes edificações em aço no Brasil. (CSN-FEM)

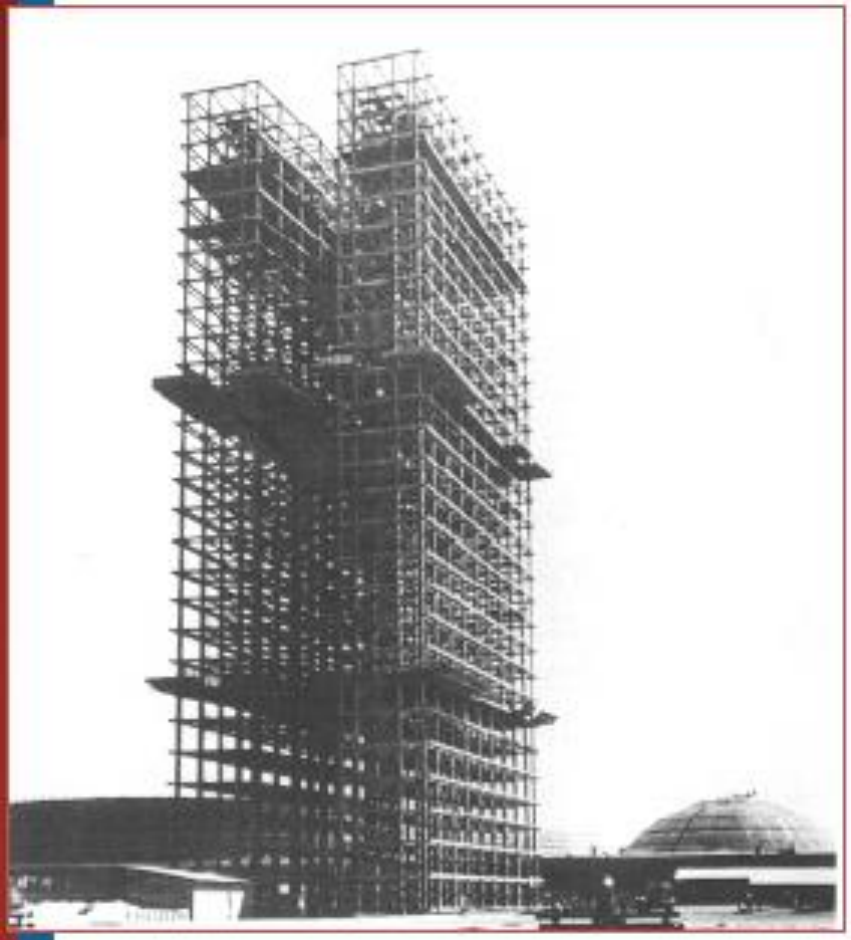
*Edifício Garagem América*

*São Paulo - 1957*

*Edifício Palácio do comercio*

**São Paulo-1959.**

# *Brasília*



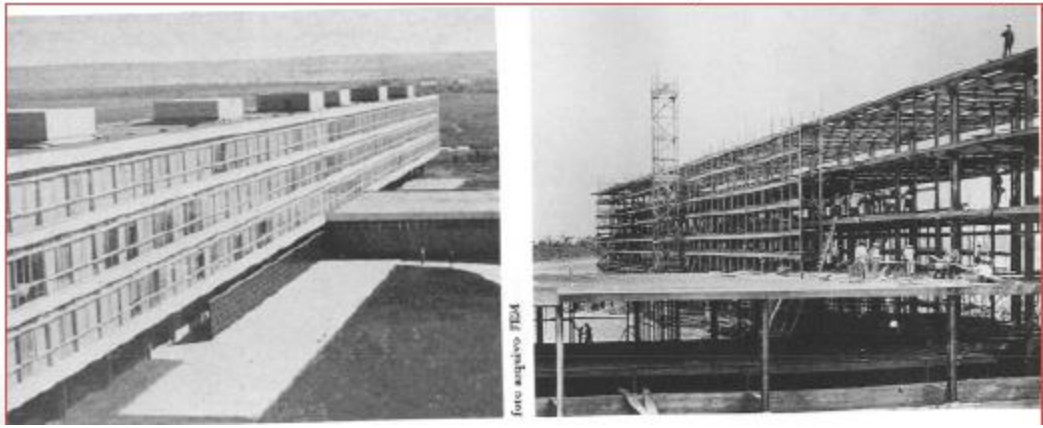
**Anexo do congresso**

**Fabricação - EUA(1956)**

**Problemas na montagem**

**Esplanada dos Ministérios**

**Brasília Palce Hotel – 1958 (FEM – CSN)**



# Destaques no Brasil

Centro Cultural Itaú

Cesar Hotel - Guarulhos

# *"Vantagens" da construção metálica*

- Alívio das fundações
- Ganho de área útil
- Redução no tempo de obra
- Facilidades no canteiro de obras
- Qualidade e segurança
- Adaptabilidade e flexibilidade
- Economia global

# *Vantagens da construção metálica*

- Aumento de produtividade

***Composição de custos***

| | |
|---|---|
| **Administrativos:** | **10 %** |
| **Maq.e Equipam:** | **5 %** |
| **Materiais:** | **40 %** |
| **Mão de Obra:** | **45 %** |

# *Vantagens da construção metálica*

- Reciclavel

**84% da construção em aço é reciclável**

## *"Desvantagens" da construção metálica*

- Dependendo do planejamento da obra, pode custar mais caro do que uma estrutura de concreto equivalente.
- Exige uma mão-de-obra altamente especializada
- Em algumas regiões, as vezes é difícil encontrar determinados aços e perfis.
- Muitas regiões do Brasil não têm tradição em utilizar estruturas de aço
- Necessita de mercado de componentes desenvolvido (fachada pré-moldada, dry-wall, etc.).
- Viabiliza somente elementos lineares, para lajes

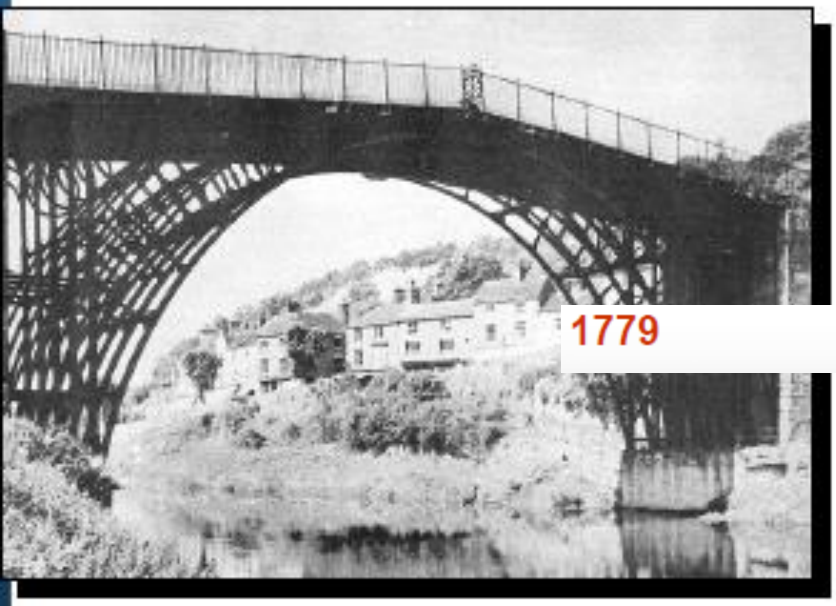
# *A estrutura metálica não tem durabilidade pois o aço "enferruja"*

Não existe material bom ou ruim, existe material bem ou mal especificado;

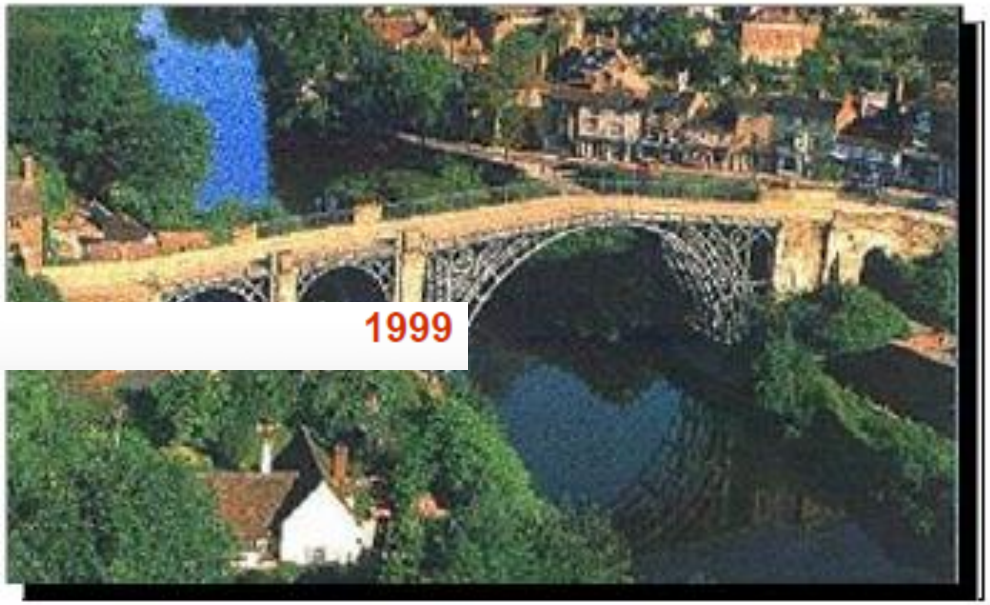
A durabilidade de uma edificação depende:

- Correta especificação do material;
- Projeto;
- Execução da obra;
- Uso compatível com o projeto;
- Manutenção adequada.

# A estrutura metálica não tem durabilidade pois o aço "enferruja"



1779



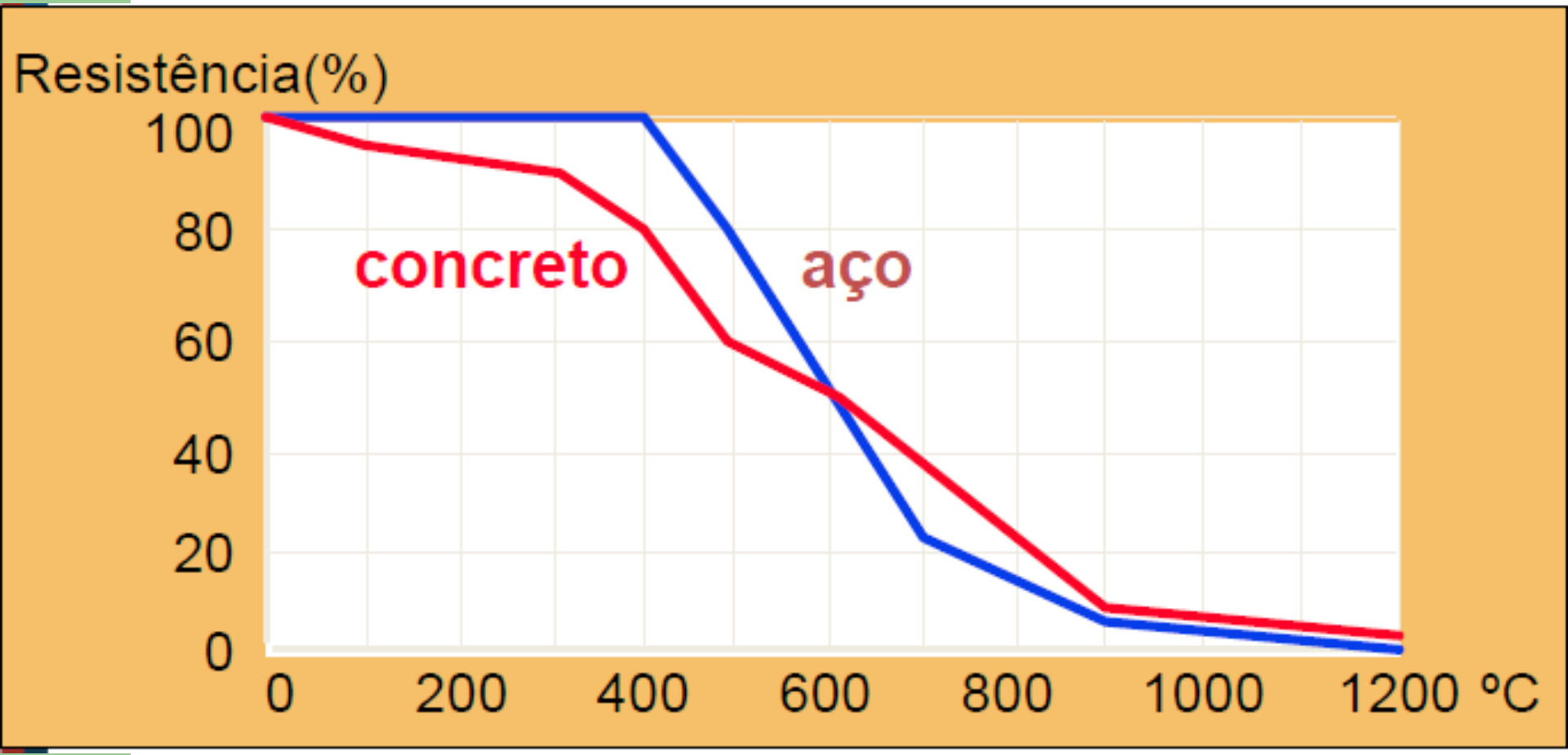
1999

1779 1999

# *O aço "amolece" em caso de incêndio*

- tanto o aço como o concreto perdem resistência sob altas temperaturas;
- a diferença é que o concreto possui maior inércia térmica que o aço;
- a norma brasileira para proteção do concreto sob ação de incêndio (NBR5627) é pouco aplicada;
- foi aprovado na ABNT a norma para dimensionamento de estruturas metálicas sob ação de incêndio (NBR14.323)
- foi aprovado na ABNT a norma "Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos".

# O aço “amolece” em caso de incêndio



# “O aço é caro”

- Não comparar apenas o material aço com o material concreto;
- Considerar o empreendimento como um todo;
- A estrutura metálica pode ser reaproveitada;
- O aço tem valor até como sucata;

- **Cuidado ao comparar soluções com diferentes materiais**

Não se pode comparar apenas material estrutural e sim todo o sistema construtivo

Tributação diferenciada para estruturas moldada no local (ISS) e estruturas industrializadas (ICMS)

- Edifícios  industriais
- Edifícios comerciais
- Pontes e Viadutos e passarelas
- Silos e Reservatórios
- Torres
- Residências
- Habitações populares
- Aeroportos , hangares e grandes coberturas
- Plataformas marítimas

Termoelétrica da Cemig
www.metalica.com.br

**IPEL-EMBALAGENS**

CUTRALE

Laboratório Hermes Pardini
Belo Horizonte/MG
Arquiteto: Carlos Valério Amorim

Edifício do Sebrae
Belo Horizonte/MG
Arquitetos: Geraldo A. Senra
e Luciana Ripari Machado

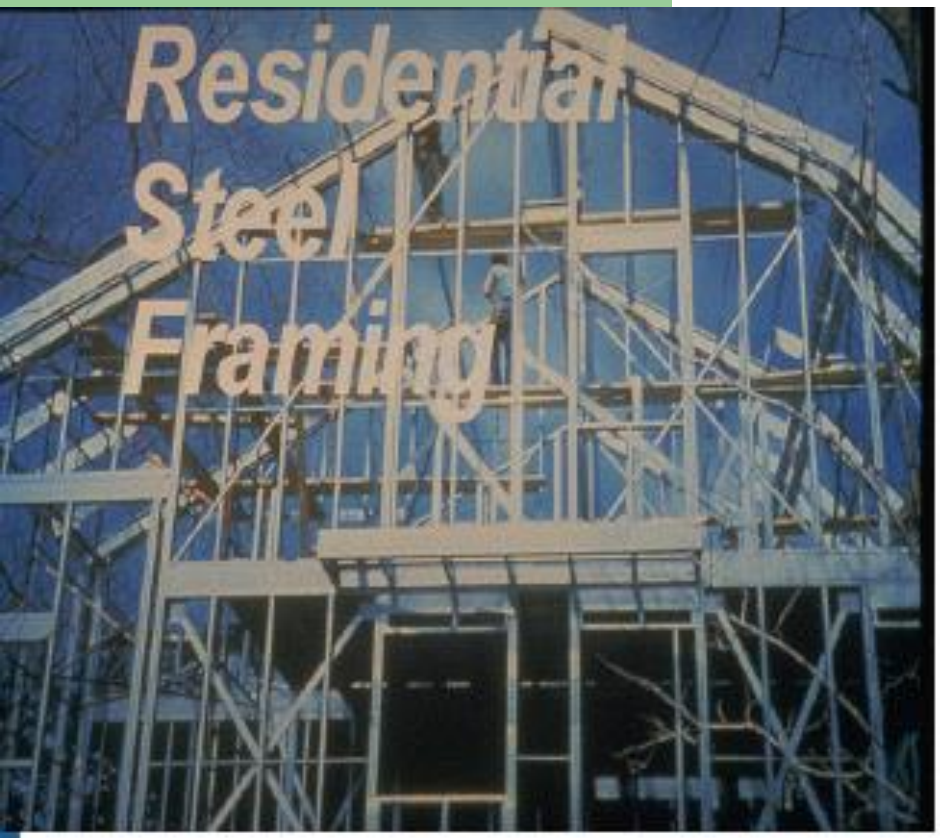
Casa do Comércio
Salvador / BA
Arquiteto: Fernando Frank

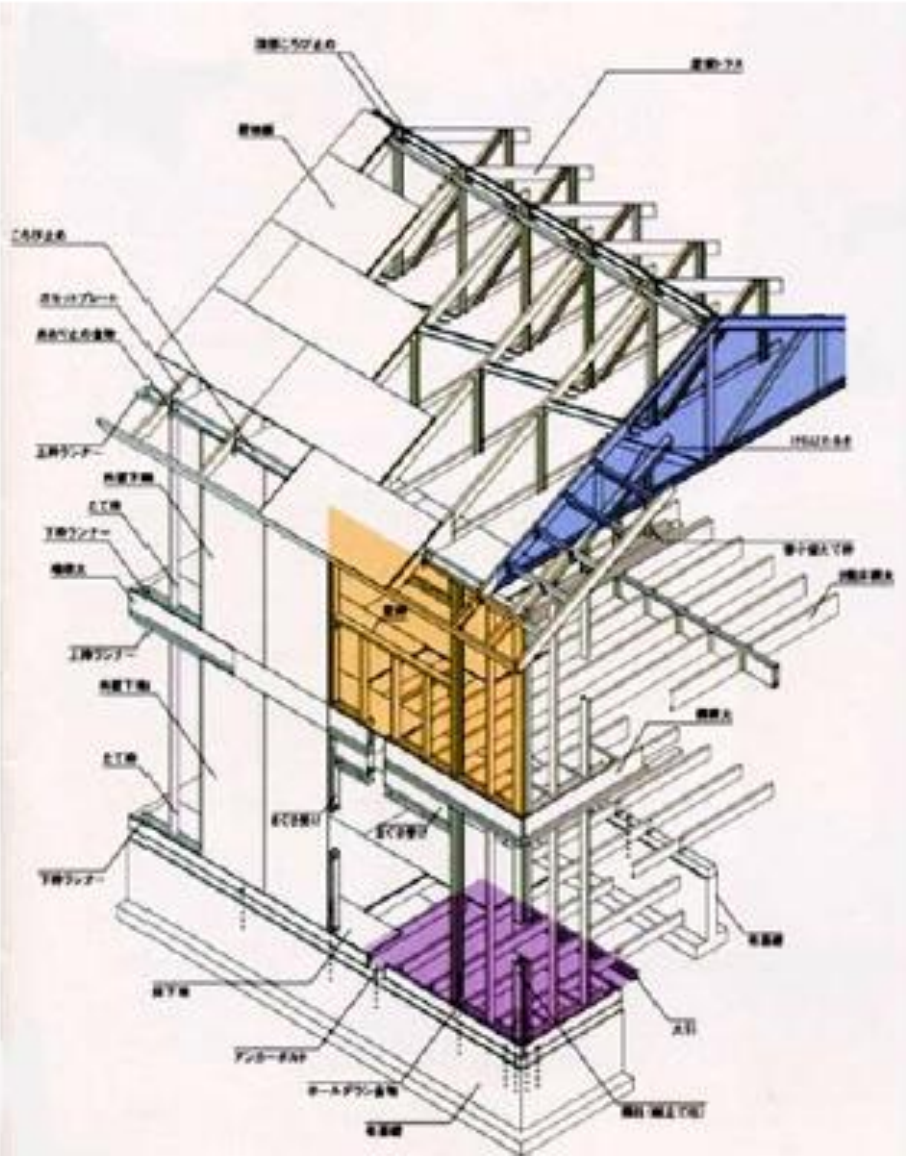
Banco do Brasil - ag. Centro
Fortaleza/CE
Arquiteto: Antônio Carvalho Netto

**Edifício Paracelsus-BH, 1993**

Unip Manaus

Hospital Ribeirão Pret


Residential
Steel
Framing



Mercado Central
Fortaleza-Ce

Shopping Benfica
Fortaleza-Ce

Centros de eventos

Terminais rodoviários

Ginásios esportivos

Natal - RN

Recife - PE

# *Viaduto Osasco-SP*

*Passarela em BH*

*Ponte rodoferroviária sob o rio Paraná*

# *Ponte JK*

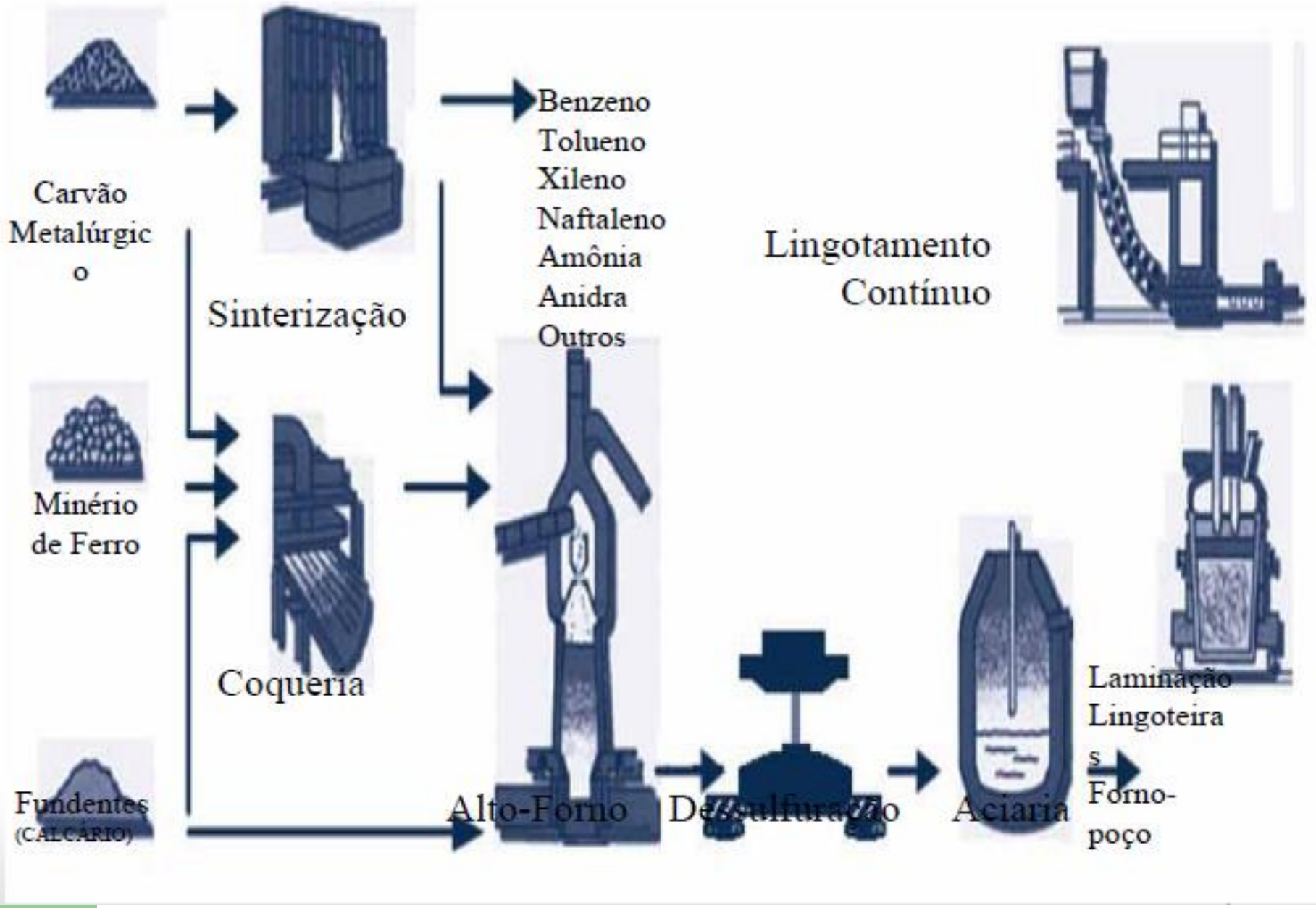
# O MATERIAL AÇO

- OBTENÇÃO
- PROPRIEDADES
- PERFIS

# AÇOS ESTRUTURAIS

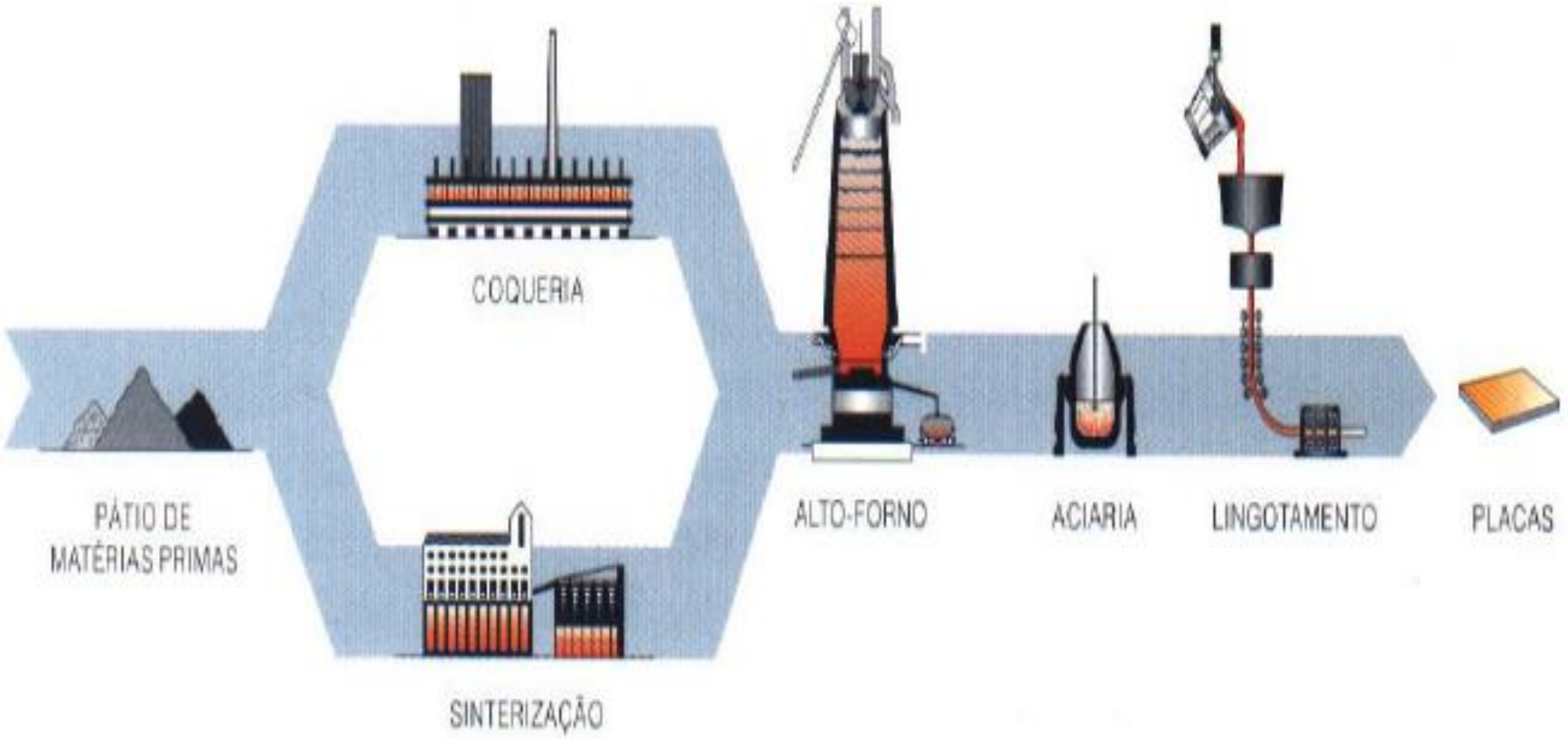
- **O aço é, basicamente, uma liga de ferro, com baixo teor de carbono (< 2%)**
- **Podem ser divididos em:**
  - **Aços carbono**
  - **Aços baixa liga ou alta liga e alta resistencia, com ou sem alta resistencia à corrosão atmosférica**
- **Podendo ser ainda classificados como:**
  - **Efervescentes – chapas finas (baixo carbono)**
  - **Capeados – chapas finas especiais**
  - **Semi-acalmados – perfis, barras e chapas**
  - **Acalmados – trilhos, perfis e chapas(aços liga)**

# PRODUÇÃO SIDERÚRGICA

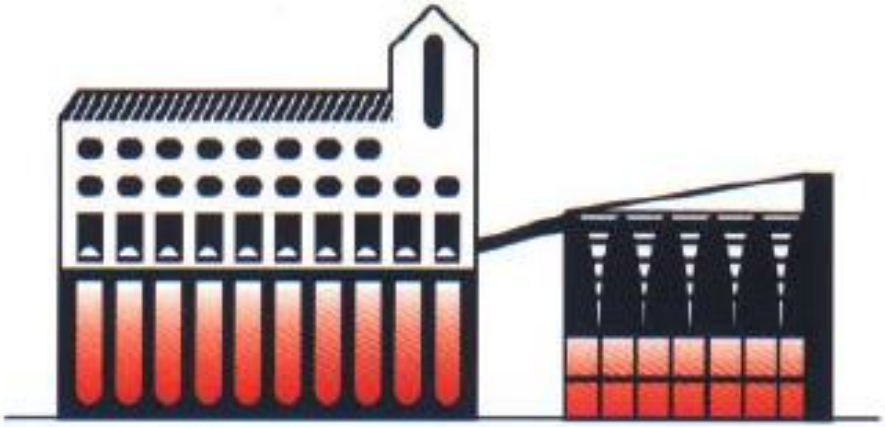


# PRODUÇÃO DO AÇO – USINAS INTEGRADAS

**Aço: liga metálica composta principalmente de ferro (98%)**
**e pequena quantidade de carbono (até 2,0%)**



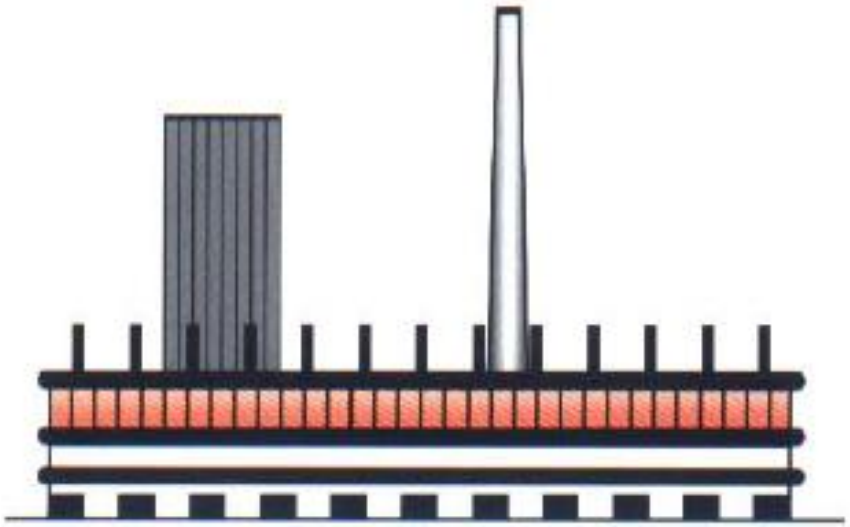
**Sinterização:** preparo do sinter, a partir de moinha do minério de ferro, coque e calcário para conseguir a composição adequada ao aço a ser produzido



Arquivo Zigurate Editora

Sinterização

**Coqueria:** bateria de fornos para destilação do carvão – queima na ausência de ar - à temperatura de 1.300ºC restando como produto o coque (carbono quase puro)



Arquivo Zigurate Editora

Operação de desenfornamento da Coqueria

# **Alto forno:** transforma minério de ferro em ferro gusa

Arquivo Zigurate Editora

Alto-forno

Arquivo Zigurate Editora

Ventaneiras - sopro quente

Arquivo Zigurate Editora

Gusa líquido "vazado" do alto-forno

**1.500ºC**

**Minério de ferro + Coque + Calcário** —**Alto forno**, **Redução**→ **Ferro gusa**

Coque + Ar ⟶ Gás que remove oxigênio do minério (CO)

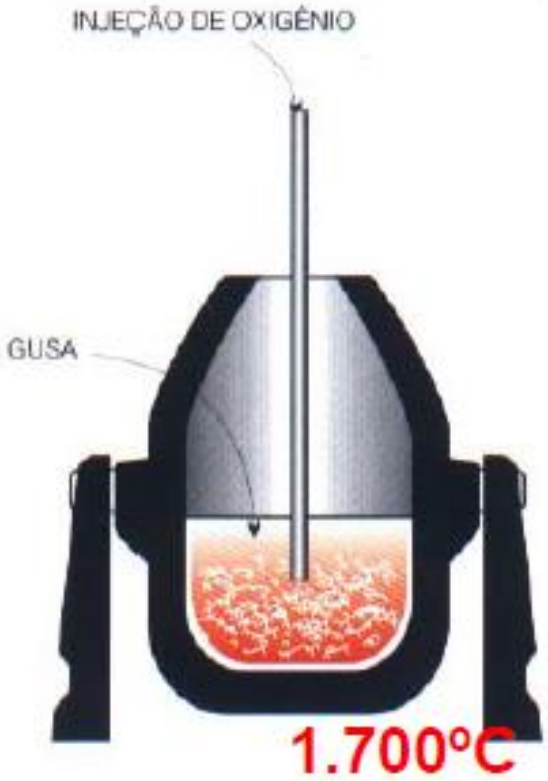
Calcário + Impurezas do minério ⟶ Escória

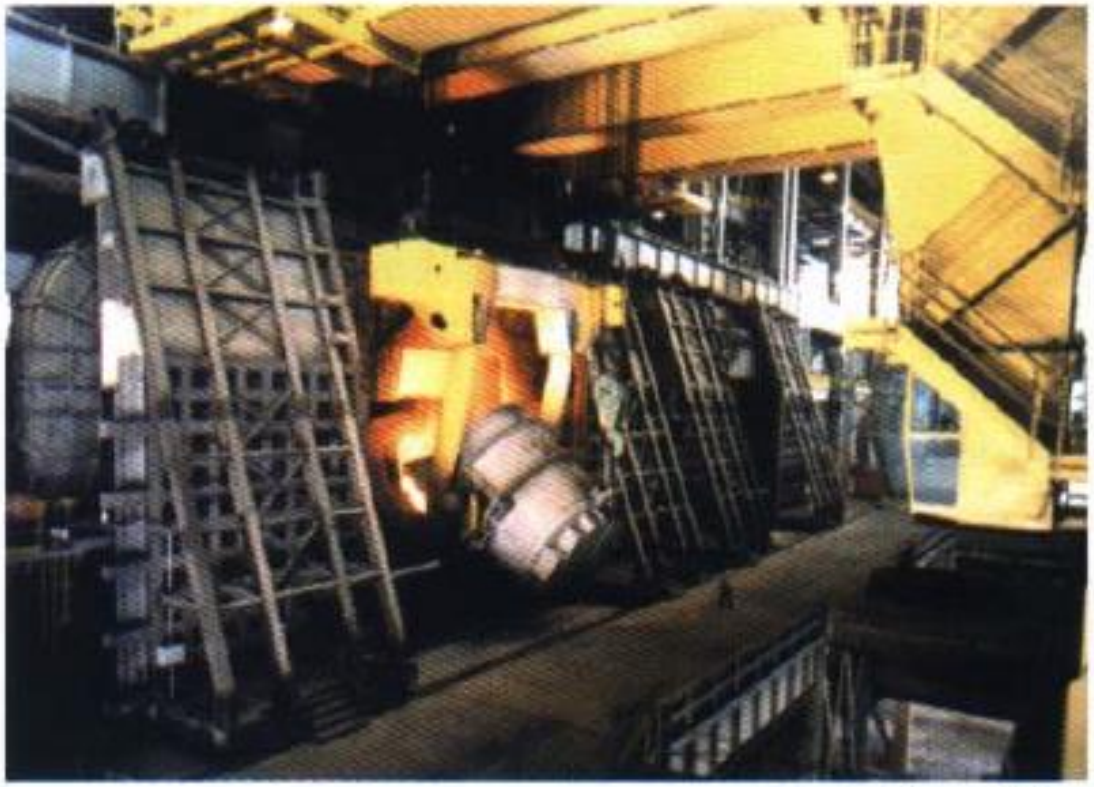
**Gusa** ⟶ **Aciaria**

**Escória** ⟶ **Fabricação de cimento**

# Aciaria: transforma ferro gusa em aço (refino)

Gusa + oxigênio puro + sucata → Aço + escória + gases



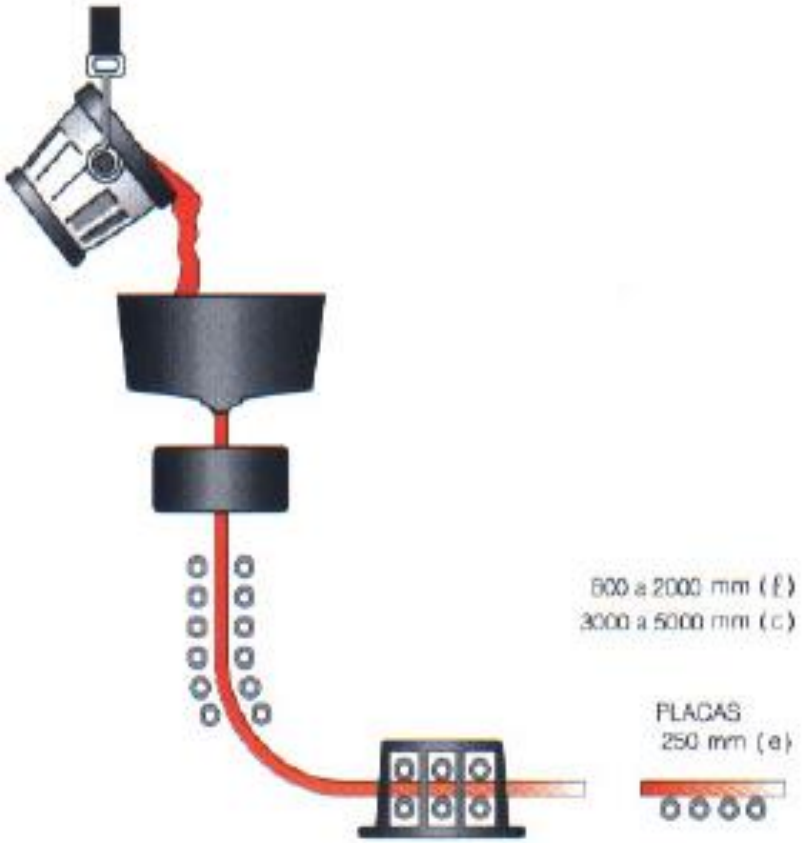



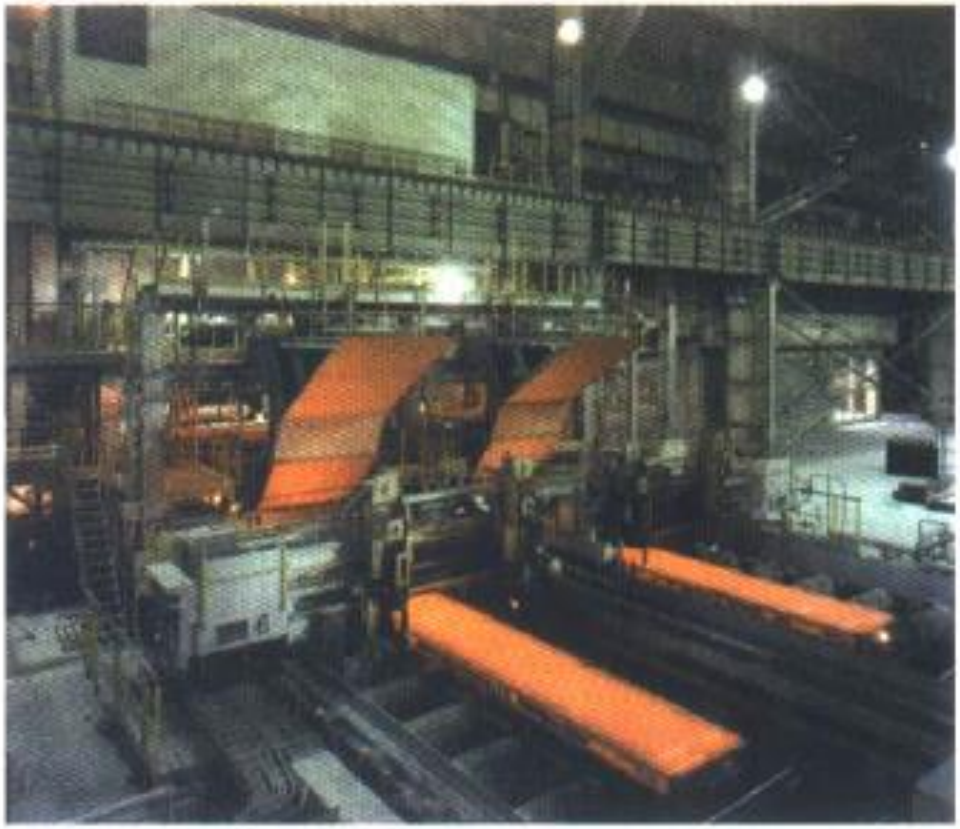
Arquivo Zigurate Editora

Aciaria - Conversor

# Lingotamento contínuo

**Aço** → **Solidificado em moldes** → **Placas (t = 250mm)**



Arquivo Zignate Editora

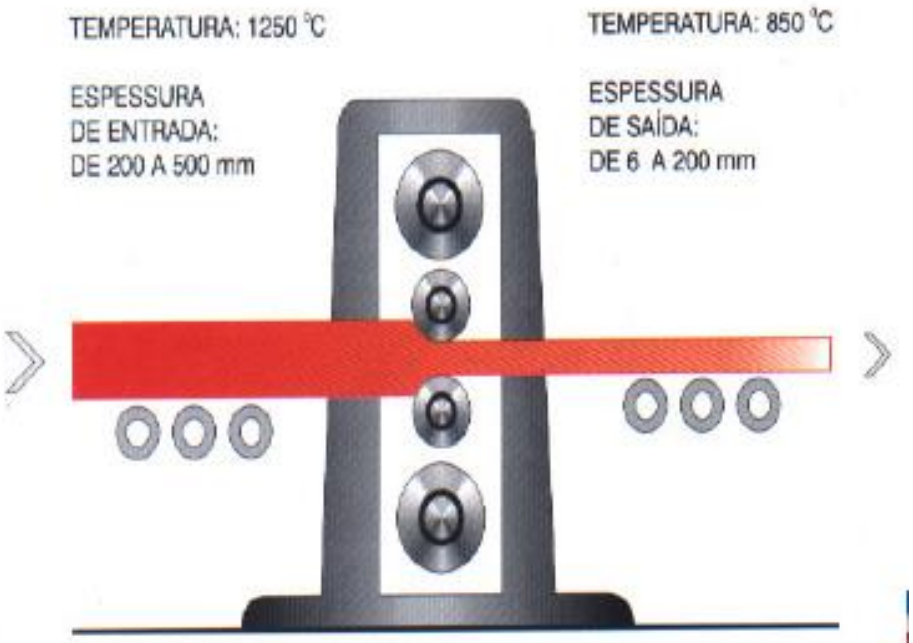
Foto Paulo Arantes

Aciaria - Lingotamento Contínuo

# Laminação

## Laminador de chapas grossas

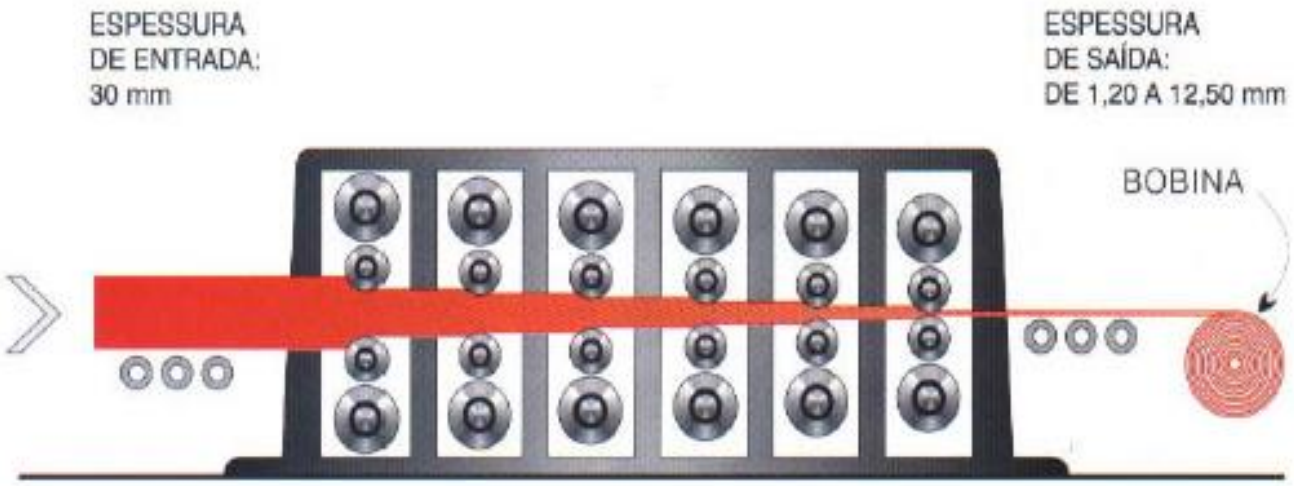
Chapas grossas:
espessura: 6 a 200 mm;
largura: 1000 a 3800 mm;
comprimento: 5000 a 18000 mm.



# Laminação

## Laminador de tiras a quente

Arquivo Ziguratc Editora

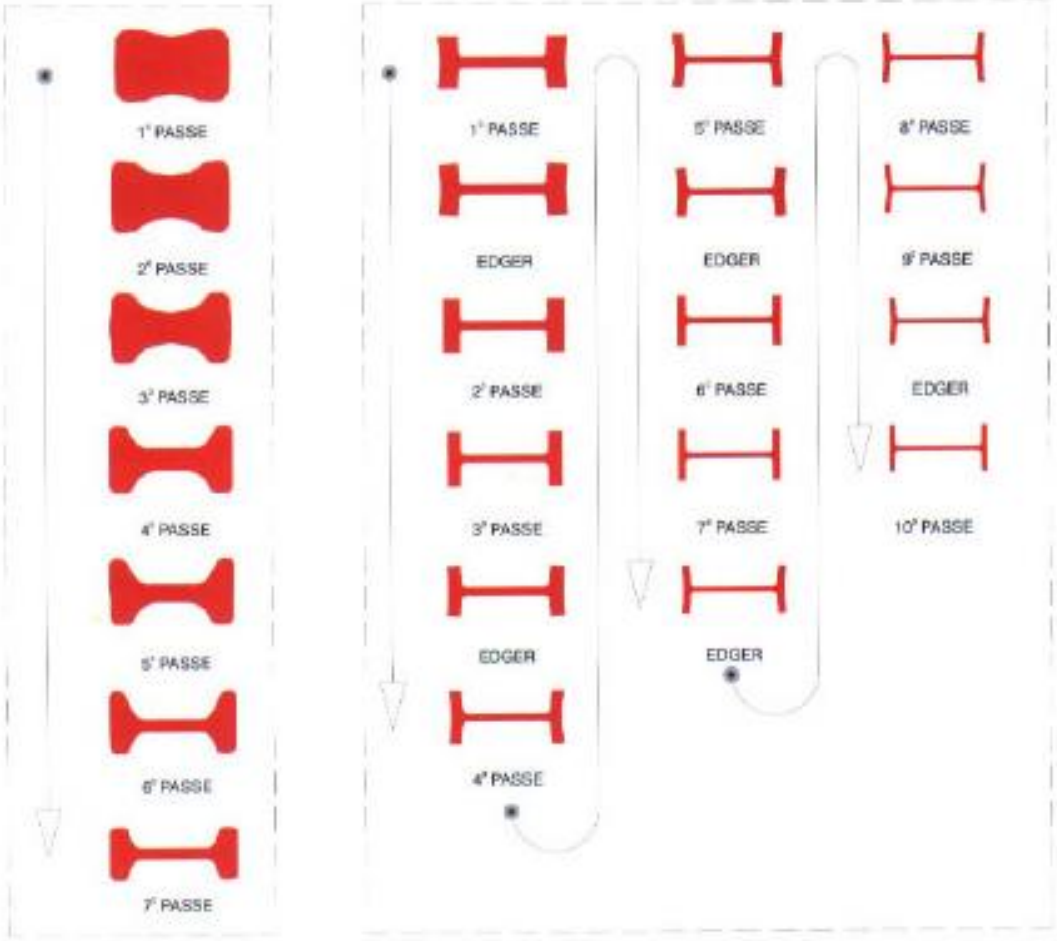


# Laminação

## Laminador de tiras a frio

# Laminador de perfis

FASES SUCESSIVAS E PROGRESSIVAS DE LAMINAÇÃO DOS PERFIS AÇOMINAS, A PARTIR DO BLOCO OU TARUGO:




DESBASTADOR

LAMINADOR UNIVERSAL

Arquivo Zigurate Editora

Conjunto universal - sistema X-H

Arquivo Zigurate Editora

Perfil laminado da Açominas

# Classificação dos aços estruturais

**Aço-carbono: baixa resistência (BR-190)**

**com 0,008% até 2,11% de carbono, com fy acima de 190 MPa.**
**ex. ABNT 1010/1020 (não estruturais)**

**Aço-carbono: média resistência (MR-250)**

**com 0,008% até 2,11% de carbono, com fy acima de 250 MPa.**
**ex. ASTM A36 – DIN ST 37 – ASTM A570 Gr C**

**Baixa liga e alta resistência mecânica (AR-290)**

**menos de 8% de elementos de liga com fy superior a 290 MPa.**
**ex. DIN ST 52 – ASTM A570 Gr. E**

**Baixa liga e alta resistência mecânica (AR-345)**

**menos de 8% de elementos de liga com fy superior a 345 MPa.**
**ex. DIN ST 52**

**Patinável de alta resistência mecânica (AR-COR-345)**

**mais de 8% de elementos de liga com fy superior a 280 MPa.**
**ex. ASTM A572 Gr 52**

## INFLUÊNCIA DOS ELEMENTOS DE LIGA NAS PROPRIEDADES DOS AÇOS

| PROPRIEDADE / ELEMENTO | C | Mn | Si | S | P | Cu | Ti | Cr | Nb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RESISTÊNCIA MECÂNICA | + | + | + | - | + | | + | + | + |
| DUCTIBILIDADE | - | - | | - | - | - | | - | - |
| TENACIDADE | - | | | - | | - | | | + |
| SOLDABILIDADE | - | - | - | - | - | - | | - | |
| RESISTÊNCIA À CORROSÃO | - | | + | | + | + | + | + | |
| DESOXIDANTE | | + | + | | | | | | |

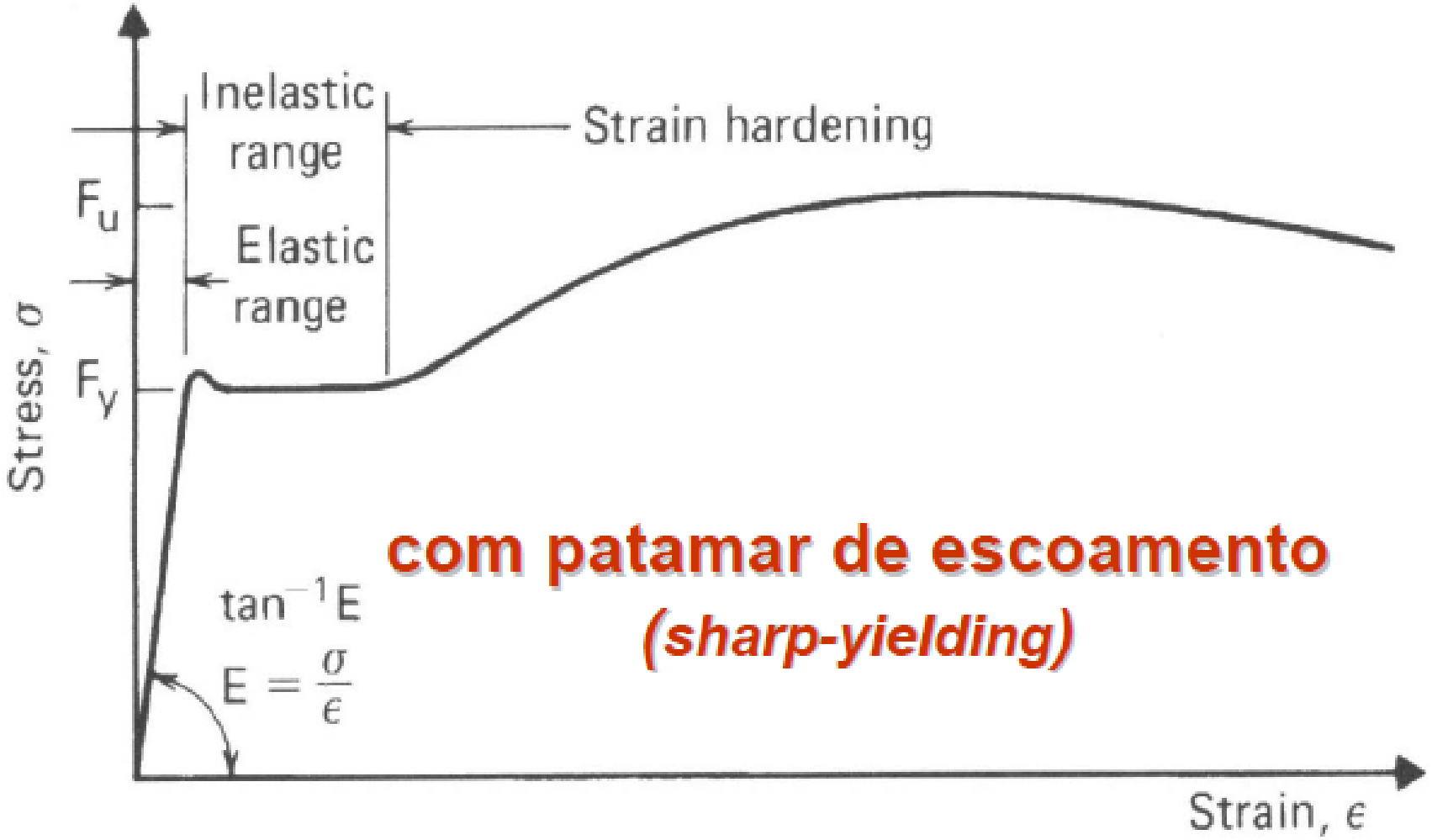
Legenda: ( + ) efeito positivo ; ( - ) efeito negativo.

# COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO

## Ensaios de tração conforme ASTM A370

corpo-de-prova

# COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO



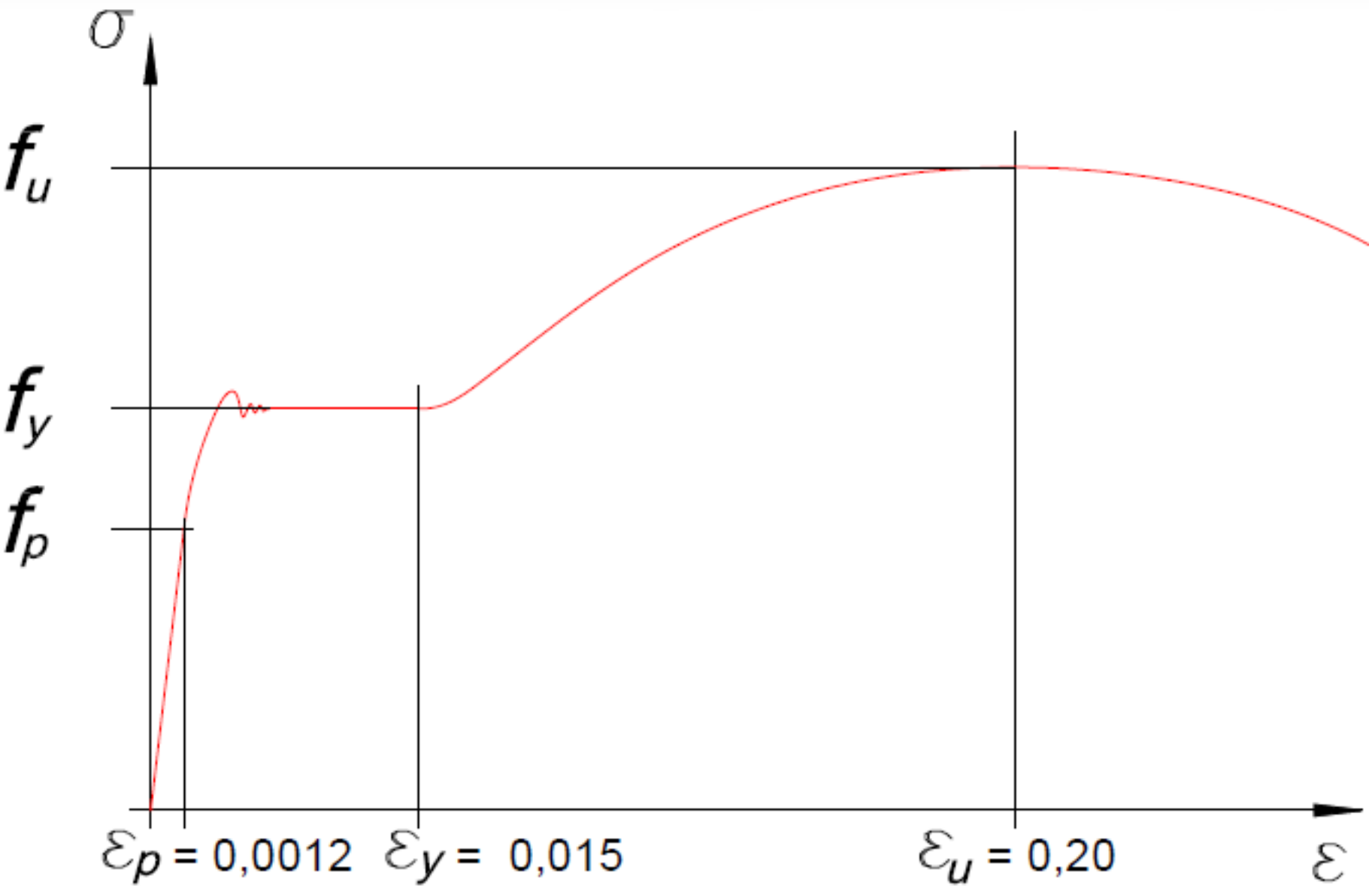

**com patamar de escoamento**

***(sharp-yielding)***

(*a*)

# PROPRIEDADES DO AÇO

- **Resistência**: capacidade de resistir e suportar esforços, de absorver solicitações.
- **Elasticidade:** a capacidade de apresentar grandes deformações antes do escoamento.
- **Resiliência:** quantidade de energia elástica absorvida por uma unidade de volume.
- **Tenacidade**: quantidade de energia elástica e inelástica, absorvida por unidade de volume.
- **Ductibilidade:** capacidade de se deformar até atingir a ruptura.

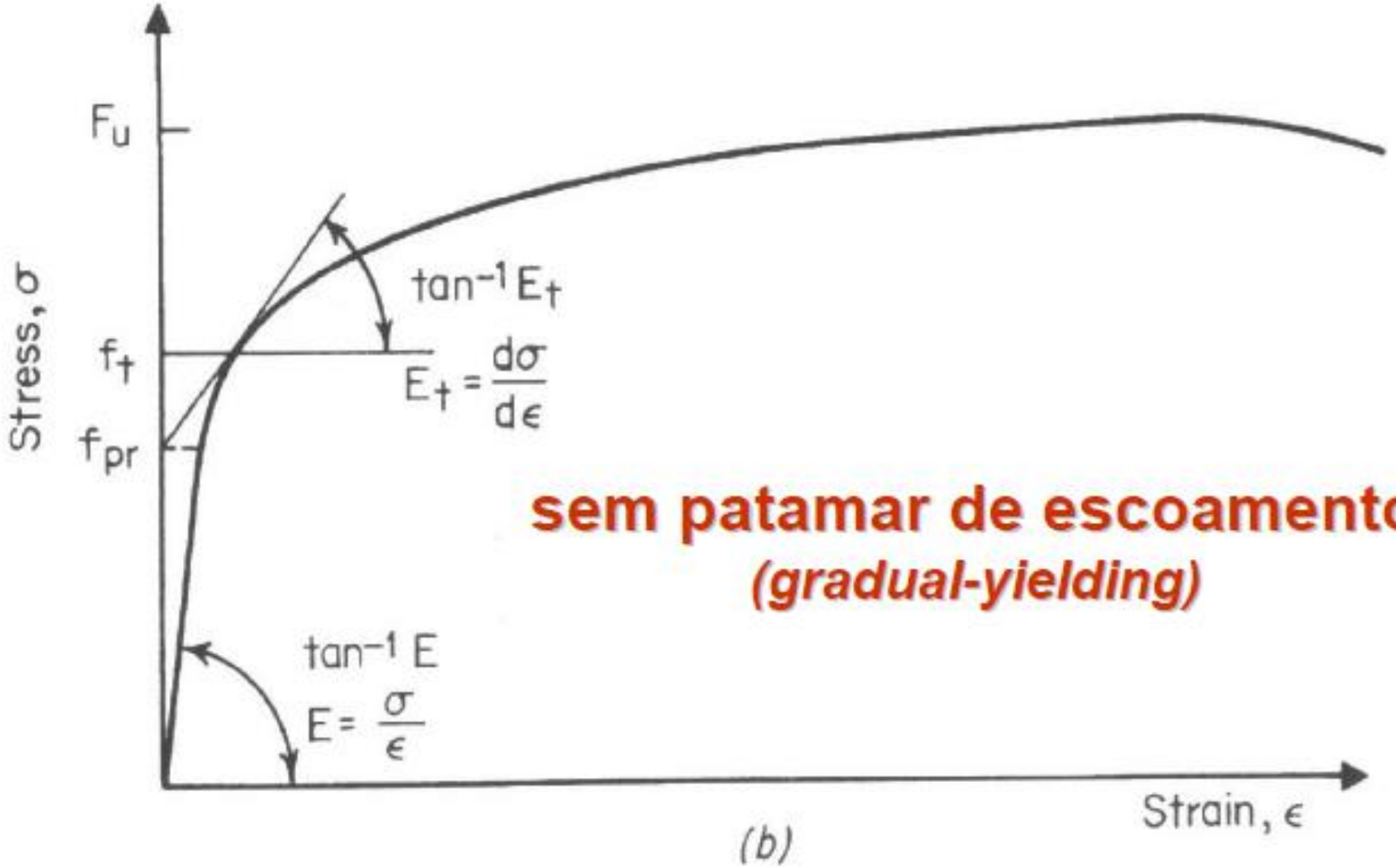



**COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO**

# PROPRIEDADES DO AÇO

- Elasticidade, tangente do ângulo que a reta do primeiro trecho forma com a horizontal, denominado de módulo de elasticidade longitudinal $E = fp/\varepsilon$ .
- Resiliência, é A área sob a curva até a tensão de escoamento.
- Tenacidade, é a área sob a curva até a tensão de ruptura.
- Ductibilidade é a relação entre o alongamento e o comprimento do corpo de prova. Esta propriedade é que permite a redistribuição das tensões, encontradas nas proximidades de furos ou em mudanças de geometria.

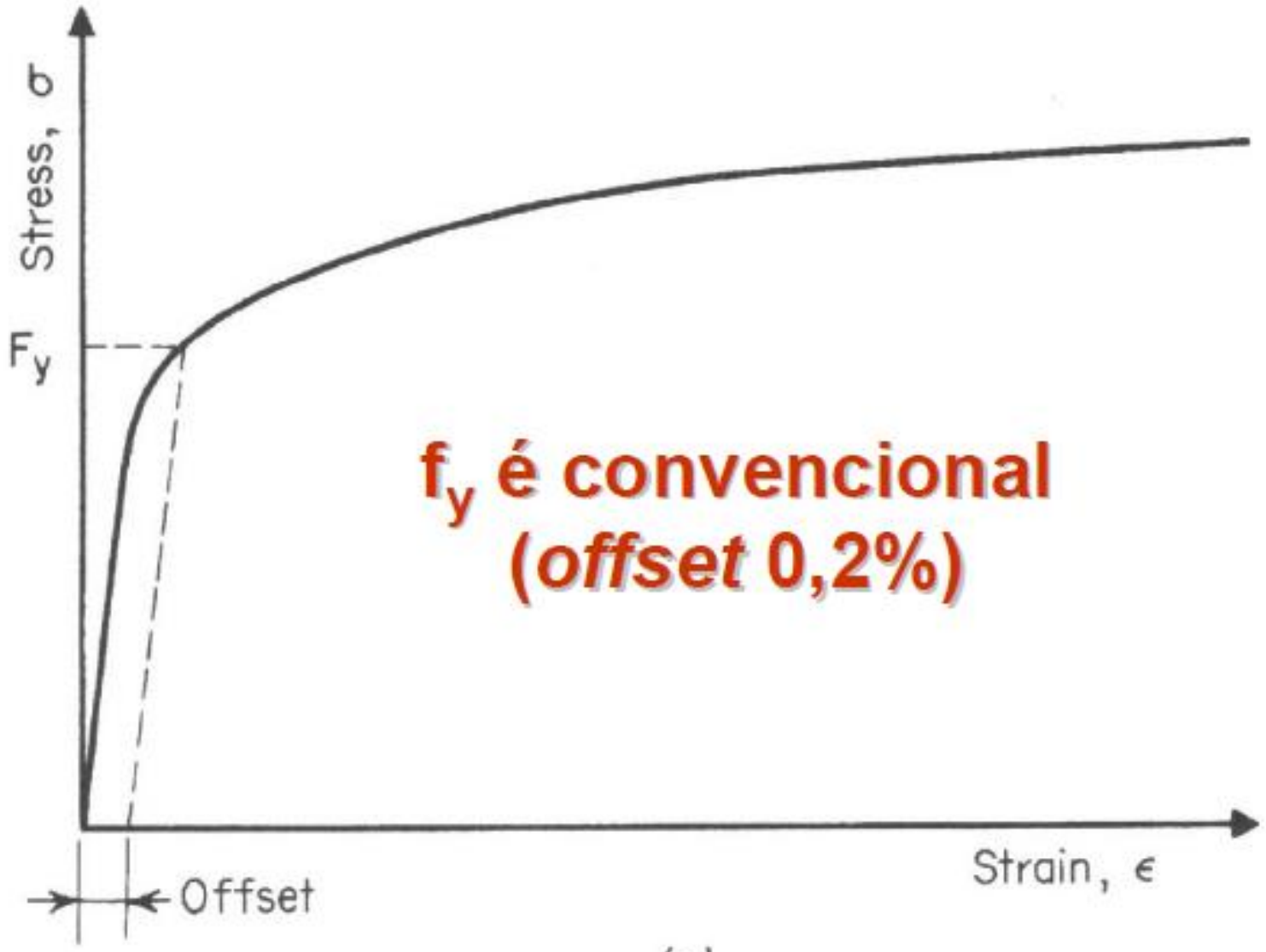
# COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO




**sem patamar de escoamento**

***(gradual-yielding)***

# COMPORTAMENTO TENSÃO-DEFORMAÇÃO




**$f_y$ é convencional (*offset* 0,2%)**

# Constantes físicas:

Massa específica..... ρ=77 kN/m3

Módulo de elasticidade.....E=205000 Mpa

Módulo de elasticidade transversal...G=78850 Mpa

Coeficiente de Poisson.....ν=0,3

Coeficiente de dilatação térmica.....α=12x10$^{-6}$/$^{0}$C

$$f_y \leq 450 Mpa \qquad \frac{f_u}{f_y} \geq 1{,}8$$

# Principais produtos disponíveis

- Chapas grossas: laminadas a quente
- Chapas finas: laminadas a quente ou a frio

- Perfis laminados
- Perfis soldados
- Perfis formados a frio

- Tubos sem costura (extrudado)
- Tubos com costura (formados a frio)

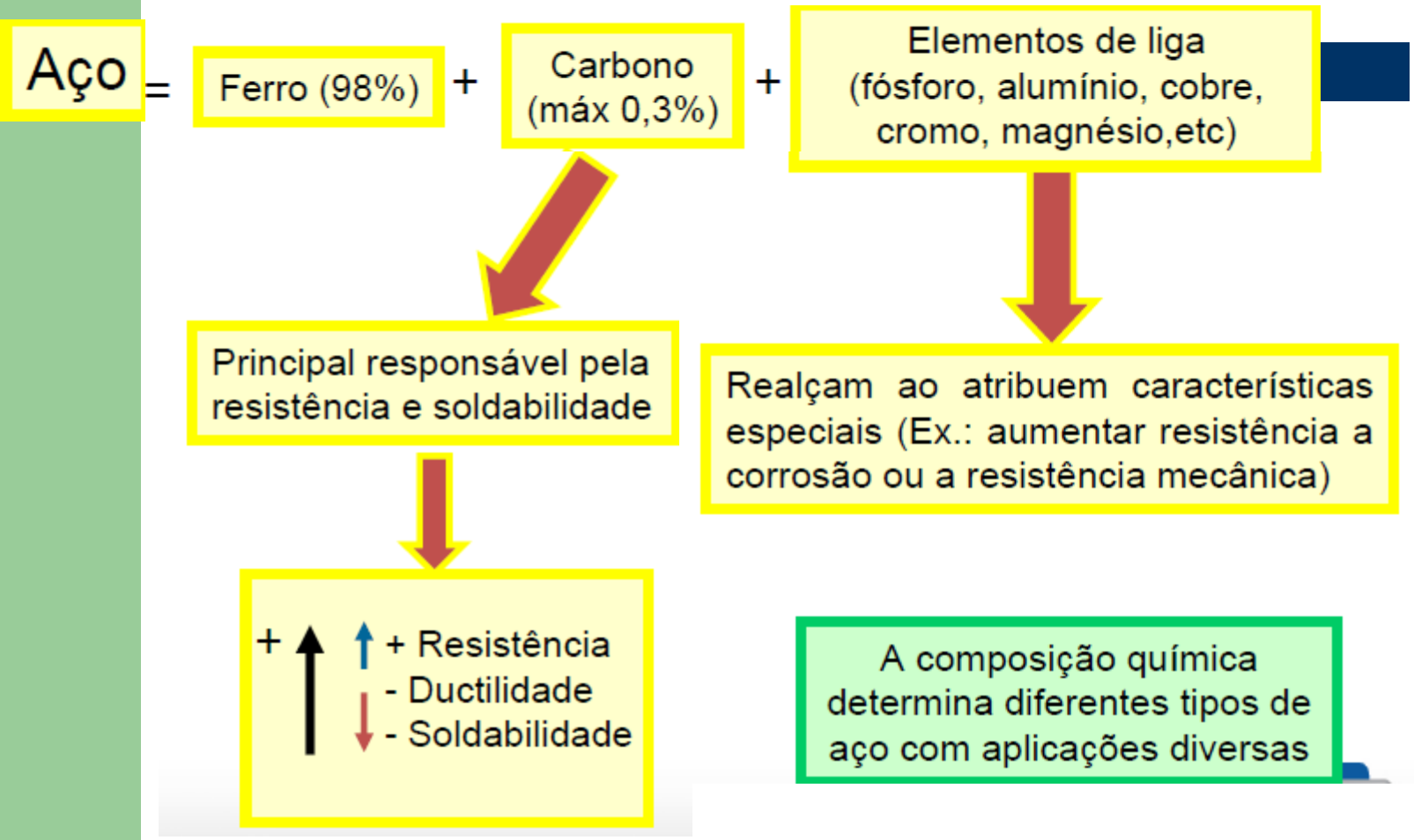
# Perfis de aço

Perfis “pesados”
(Laminados e soldados)

Perfis “leves”
(Perfis formados a frio)

NBR 8800:2008

NBR 14762:2010


Aço
=
Ferro (98%)
+
Carbono (máx 0,3%)
+
Elementos de liga (fósforo, alumínio, cobre, cromo, magnésio,etc)
Principal responsável pela resistência e soldabilidade
Realçam ao atribuem características especiais (Ex.: aumentar resistência a corrosão ou a resistência mecânica)
+
+ Resistência
- Ductilidade
- Soldabilidade
A composição química determina diferentes tipos de aço com aplicações diversas

Aço

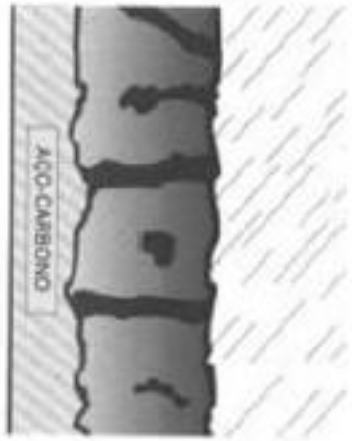
Aços carbono

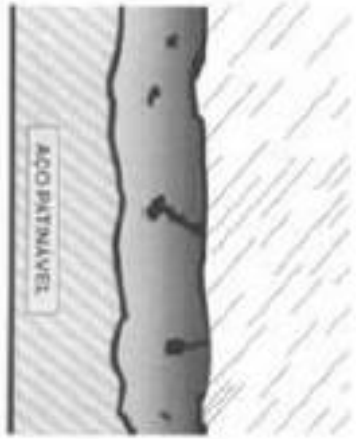
Aços liga

Aços de alta resistência mecânica

Aços resistentes a altas temperaturas

Aços de alta resistência a corrosão (patináveis)

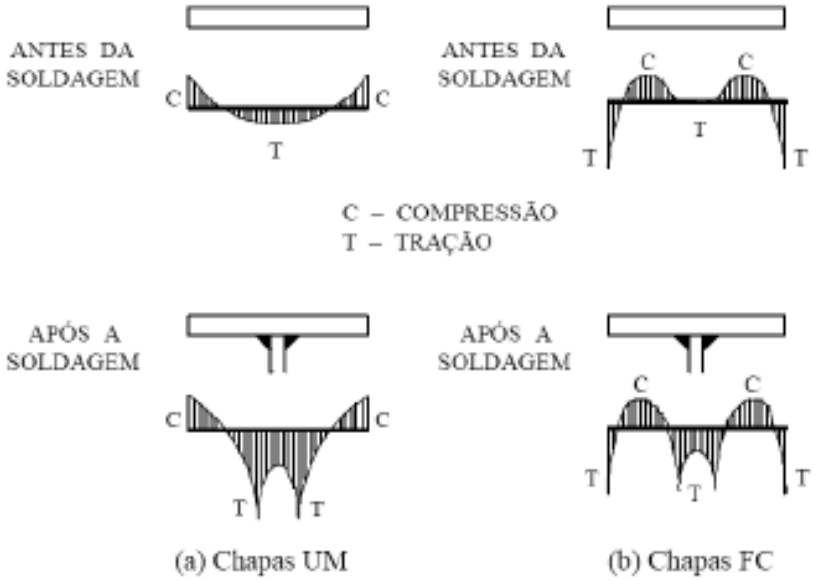



*Aço paginável x aço carbono*

Adição de Cr, Cu, Al,Ni,V

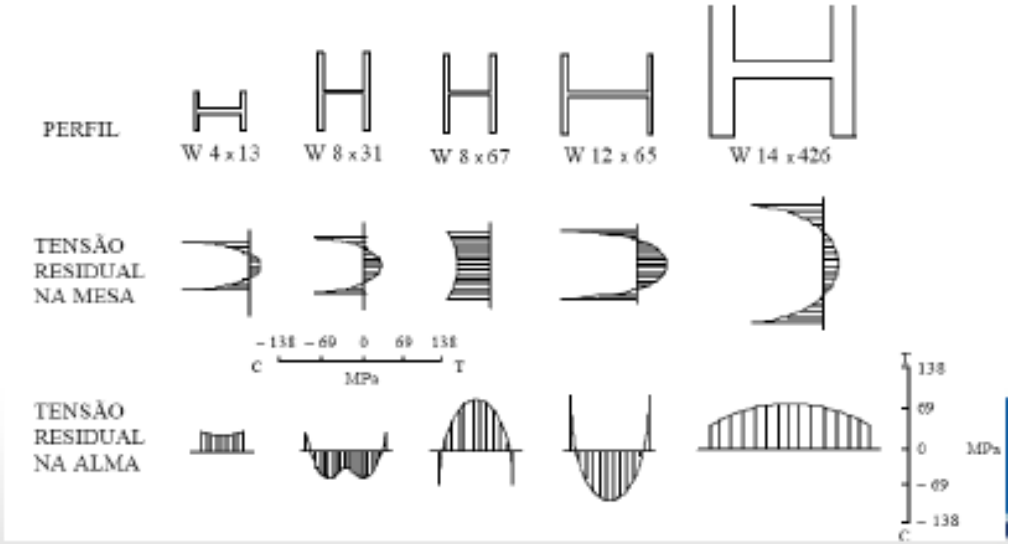
# *Tensão residuais*



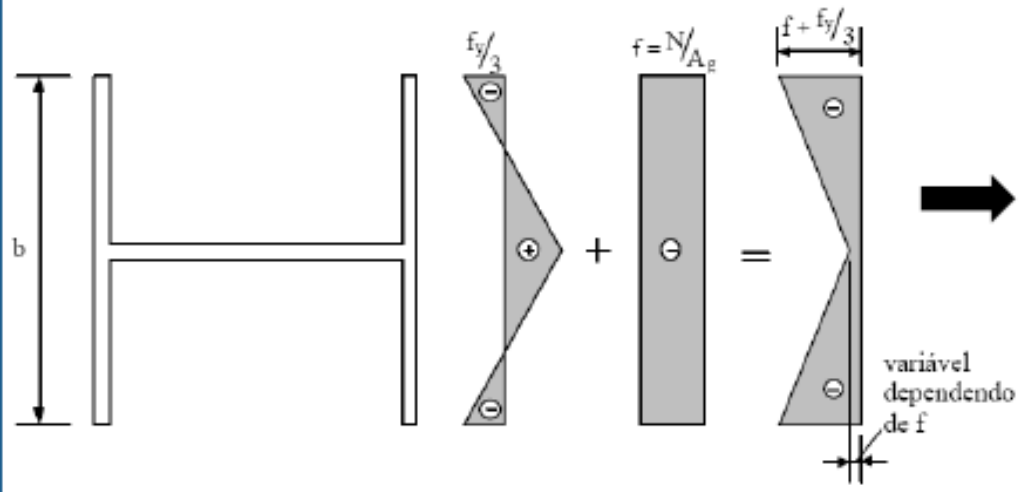

(a) Chapas UM (b) Chapas FC

➡ Perfis soldados

➡ Perfis Laminados



# *Tensão residuais*




Altera o diagrama tensão deformação

Tem influência no dimensionamento

## *Valores utilizados pela NBR 8800:2008*

$$\sigma_r = 0{,}3 f_y$$

# Segundo Normas ABNT

| Aço | Classe / Grau | $f_y$ | $f_u$ | Aplicações |
|---|---|---|---|---|
| NBR 6648 | CG – 24 | 235 MPa | 380 MPa | Fabricação de chapas grossas para uso estrutural. |
| | CG – 26 | 255 MPa | 410 MPa | |
| NBR 6649 | CF – 24 | 235 MPa | 380 MPa | Fabricação de chapas finas para uso estrutural. |
| | CF – 26 | 255 MPa | 410 MPa | |
| NBR 6650 | CF – 24 | 235 MPa | 380 MPa | Chapas finas laminadas a quente para uso estrutural. |
| | CF – 26 | 255 MPa | 410 MPa | |
| | CF – 28 | 280 MPa | 440 MPa | |
| | CF – 30 | 300 MPa | 490 MPa | |
| NBR 7007 | MR 250 | 250 MPa | 400 MPa | Aços para perfis laminados para uso estrutural. |
| | MR 290 | 290 MPa | 415 MPa | |
| | AR 345 | 345 MPa | 450 MPa | |
| | AR COR 345 | 345 MPa | 485 MPa | |

## *Segundo Normas ABNT*

| Aço | Classe / Grau | $f_y$ | $f_u$ | Aplicações |
|---|---|---|---|---|
| NBR 5000 | CG – 30 | 300 MPa | 415 MPa | Aço de alta resistência mecânica e baixa liga. Fabricação de chapas grossas para uso estrutural. |
| | CG – 35 | 345 MPa | 450 MPa | |
| NBR 5004 | F – 32 / Q – 32 | 310 MPa | 410 MPa | Aço de alta resistência mecânica e baixa liga. Fabricação de chapas finas para uso estrutural. |
| | F – 35 / Q – 35 | 340 MPa | 450 MPa | |
| NBR 5008 | $t \leq 19$ mm | 345 MPa | 480 MPa | Aço de alta resistência mecânica e baixa liga. Resistente à corrosão atmosférica. Fabricação de chapas espessas para uso estrutural. |
| | 19mm $< t \leq$ 40 mm | 315 MPa | 460 MPa | |
| | 40mm $< t \leq$ 100 mm | 290 MPa | 435 MPa | |

## *Segundo Normas ASTM*

| Aço | Grau / Grupo | $f_y$ | $f_u$ | Aplicações |
|---|---|---|---|---|
| A36 | Todos os Grupos | 250 MPa | 400 MPa | Fabricação de perfis laminados e soldados. Indicado para estruturas em geral. |
| A570 | Grau 33 | 230 MPa | 360 MPa | Fabricação de perfis formados a frio. Indicado para estruturas leves. |
| | Grau 40 | 280 MPa | 380 MPa | |
| | Grau 45 | 310 MPa | 410 MPa | |
| A500 | Grau A / Redondo | 232 MPa | 320 MPa | Fabricação de tubos redondos com e sem costura. |
| | Grau B / Redondo | 296 MPa | 408 MPa | |
| A500 | Grau A / Retangular | 274 MPa | 320 MPa | Fabricação de tubos quadrados ou retangulares. |
| | Grau B / Retangular | 323 MPa | 408 MPa | |
| A501 | Todos os Grupos | 250 MPa | 400 MPa | Fabricação de tubos pesados. Material com mesma resistência que o A36. |

## *Segundo Normas ASTM*

Alta resistência mecânica

| Aço | Grau / Grupo | $f_y$ | $f_u$ | Aplicações |
|---|---|---|---|---|
| A441 | Grupos 1 e 2 | 345 MPa | 485 MPa | Fabricação de chapas. Indicados para estruturas que necessitem de elevada resistência mecânica. |
| | Grupo 3 | 315 MPa | 460 MPa | |
| A572 | Grau 42 | 290 MPa | 415 MPa | Mesmas aplicações do aço A441. |
| | Grau 50 | 345 MPa | 450 MPa | |

# Alta resistência mecânica e a corrosão

| Aço | Grau / Grupo | $f_y$ | $f_u$ | Aplicações |
|---|---|---|---|---|
| A242 | Grupos 1 e 2 | 345 MPa | 485 MPa | Fabricação de chapas. Indicados para estruturas que necessitem de elevada resistência mecânica e elevada resistência à corrosão atmosférica. |
| | Grupo 3 | 315 MPa | 460 MPa | |
| A588 | Todos os Grupos | 345 MPa | 485 MPa | Mesmas aplicações do aço A242. |

# Equivalências

| Produto | Aço ABNT | | Aço ASTM | Aço DIN | $f_y$ (MPa) | $f_u$ (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Perfis | NBR 7007 | MR – 250 | A 36 | ST – 42 | 250 | 400 |
| | | AR – 290 | A 572 GR – 42 | ST – 46 | 290 | 415 |
| | | AR – 345 | A 572 GR – 50 | ST – 52 | 345 | 450 |
| | | AR – COR – 345 A | A 242 GR 1 | – | 345 | 485 |
| | | AR – COR – 345 B | A 242 GR 2 e A 588 | – | 345 | 485 |
| Chapas | 6648 | CG – 26 | A 36 | ST – 42 | 255 | 410 |
| | 6649/6650 | CF – 26 | A 36 | ST – 42 | 260 | 410 |
| | 5000 | G – 30 | A 572 GR – 42 | – | 300 | 415 |
| | 5000 | G – 35 | A 572 GR – 50 | ST – 52 | 345 | 450 |
| | 5004 | F – 35 / Q – 35 | A 572 GR – 50 | ST – 52 | 340 | 450 |
| | 5008 | 1, 2 e 2A | A 588 | – | 345 | 480 |
| | 5920/5921 | CF – BLAR | A 588 | – | 340 | 480 |
| Tubos | 8261 | Circular B | A 500 GR – B | – | 290 | 400 |
| | 8261 | Quadrado ou Retangular B | A 500 GR – B | – | 317 | 400 |
| | 8261 | Circular C | A 500 GR – B | – | 317 | 427 |
| | 8261 | Quadrado ou Retangular C | – | – | 345 | 427 |

**DIN - ALEMÃ**

# O material aço e seus produtos

***Ações produzidos pela siderúrgicas brasileiras***

| Aço | Fabricante | $f_y$ | $f_u$ |
|---|---|---|---|
| COS – AR – COS 400 | Cosipa | ≥ 250 MPa | 380 a 520 MPa |
| COS – AR – COS 500 | | ≥ 375 MPa | 490 a 630 MPa |
| CSN – COR – 420 | CSN | ≥ 300 MPa | ≥ 420 MPa |
| CSN – COR – 500 | | ≥ 380 MPa | ≥ 500 MPa |
| USI – SAC – 250 | Usiminas | ≥ 245 MPa | 402 a 510 MPa |
| USI – SAC – 350 | | ≥ 333 MPa | 490 a 608 MPa |
| USI – SAC – 450 | | ≥ 451 MPa | 569 a 716 MPa |

# Principais tipos de aços estruturais

| Tipo de Aço | Propriedades | Aplicações |
|---|---|---|
| ASTM A-36 | É o tipo mais comum de aço carbono, possui fy = 250 MPa e fu = 400 a 500 MPa | É aplicado em estruturas em geral sob a forma de perfis e chapas |
| ASTM A-307 | Aço com baixo teor de carbono com fu = 415 MPa | Fabricação de parafusos comuns |
| ASTM A -325 | Aço com teor de carbono moderado que recebe tratamento térmico para aumento da resistência, possui fy = 635 MPa e fu = 825 MPa | Fabricação de parafusos de alta resistência |
| ASTM A-242 | Aço de baixa liga com fy de 290 a 350 MPa | É aplicado em estruturas em geral, e estruturas em ambientes agressivos. É fabricado sob a forma de perfis e chapas |

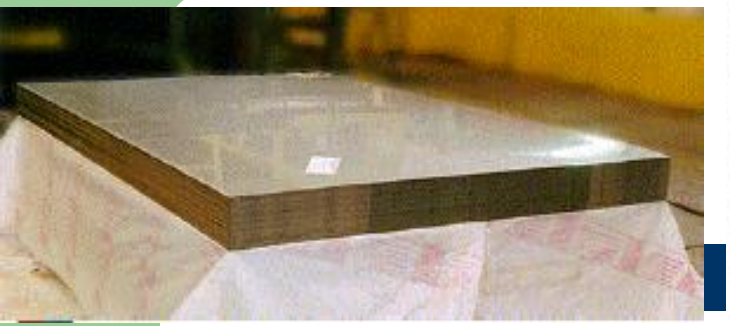
# Principais tipos de aços estruturais

| Tipo de Aço | Propriedades | Aplicações |
|---|---|---|
| CORTEN A e CORTEN B | Aços tipo ASTM A-242 fabricados pela CSN<br>fy = 350 MPa<br>fu = 490 MPa | Mesmas aplicações do aço ASTM A-242 |
| CORTEN C | Aço tipo ASTM A-242 fabricado pela CSN<br>fy = 420 MPa<br>fu = 560 MPa | Mesmas aplicações do aç ASTM A-242 |
| SAC – 350 (SAC – 50) | Aço semelhante ao CORTEN A e B, porém fabricado pela USIMINAS | Mesmas aplicações do aç ASTM A-242 e do CORTEN |

| Tipo do Aço | Propriedades | Aplicações |
|---|---|---|
| SAC – 300 (SAC – 41) | Aço fabricado pela USIMINAS de média resistência mecânica (maior que o ASTM A-36 porém menor que o SAC - 50) | Mesmas aplicações do aço ASTM A-242 e do CORTEN |
| COS-AR-COS 500 | Aço de alta resistência e baixa liga resistente à corrosão. Fabricado pela COSIPA | Mesmas aplicações do aço ASTM A-242 e do CORTEN |
| COS-AR-COS 400 | Aço de média resistência e baixa liga resistente à corrosão. Fabricado pela COSIPA Possuem resistência mecânica melhor que o ASTM A-36 porém inferior ao COS-AR-COS 500 | Mesmas aplicações do aço ASTM A-242 e do CORTEN |

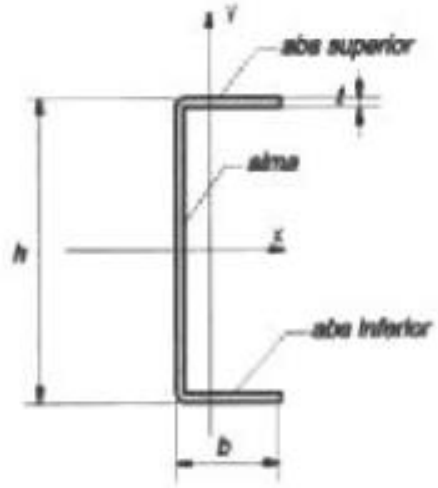
# AÇOS ESTRUTURAIS – Especificações no Anexo A da NBR 8800:2008

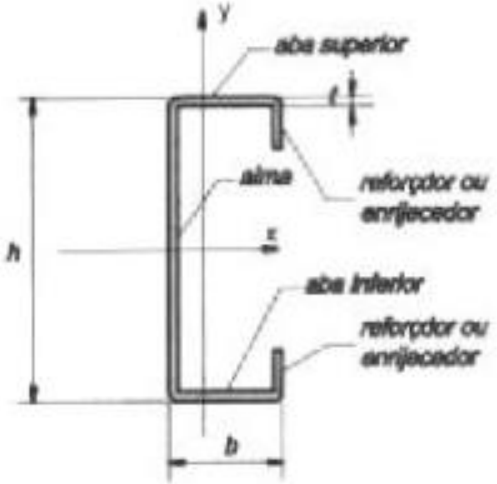
# Chapas

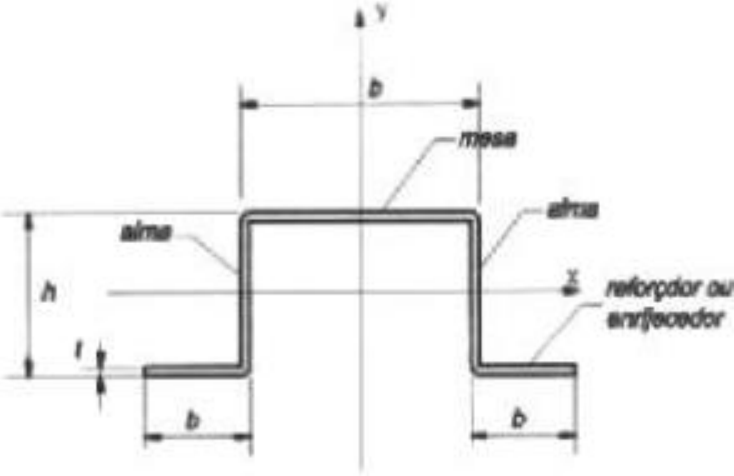


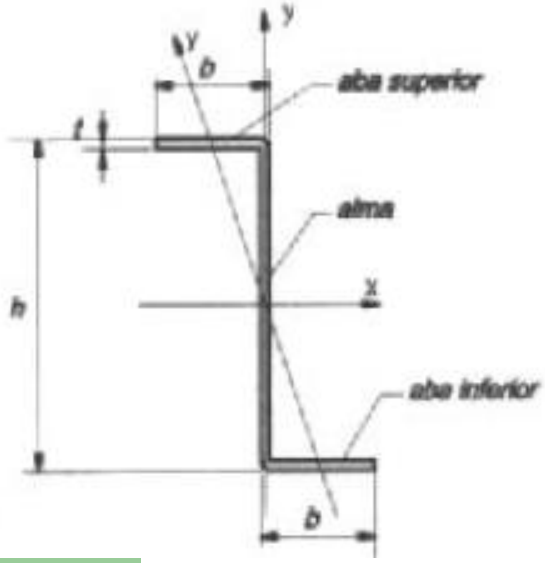
| Tiras a Quente - TQ | | | Chapas Grossas - CG | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Esp | Larg | Comp | Esp | Larg | Comp |
| 2,00 | 1000 | 2000 | 6,30 | 1000 | 6000 |
| 2,25 | 1100 | 3000 | 8,00 | 1200 | 12000 |
| 2,65 | 1100 | 6000 | 9,50 | 1500 | |
| 3,00 | 1200 | | 12,50 | 1830 | |
| 3,35 | 1200 | | 16,00 | 2000 | |
| 3,75 | 1500 | | 19,00 | 2200 | |
| 4,00 | 1500 | | 22,40 | 2440 | |
| 4,25 | 1500 | | 25,003 | 2750 | |
| 4,50 | 1800 | | 31,50 | 3000 | |
| 4,75 | 1800 | | 37,50 | 3500 | |
| 5,00 | 1800 | | 44,50 | 3800 | |
| 6,30 | 1800 | | 50,00 | | |
| 8,00 | 1500 | | 63,00 | | |
| 9,50 | 1500 | | 75,00 | | |
| | | | 89,00 | | |
| | | | 100,00 | | |

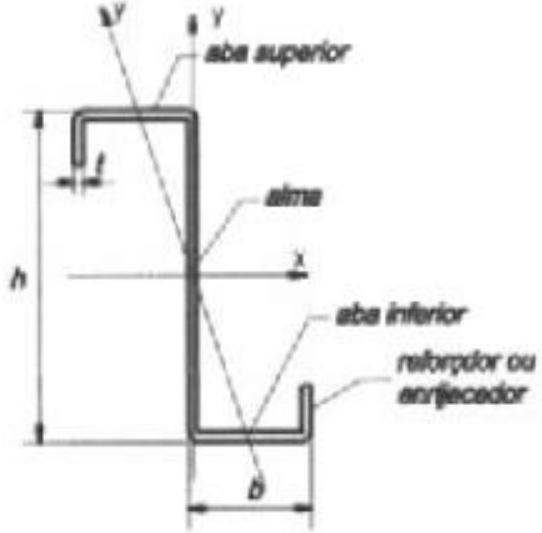
# Perfis formados a frio

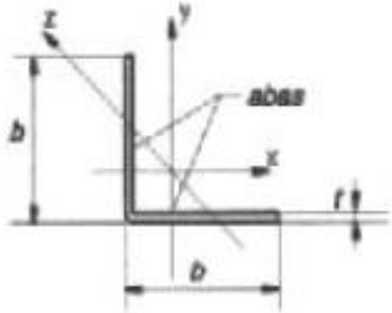


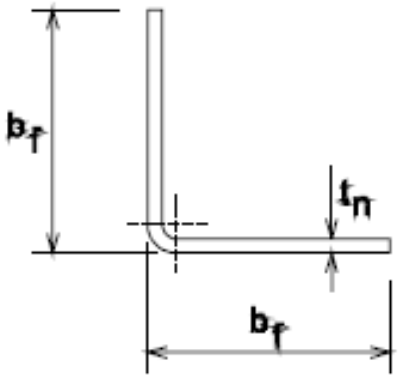



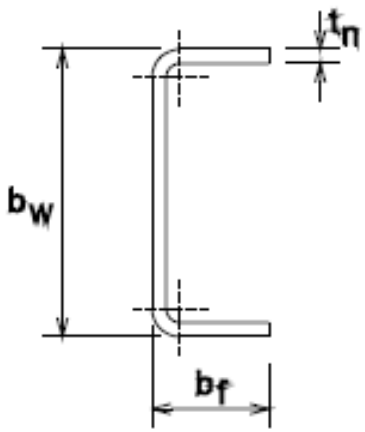



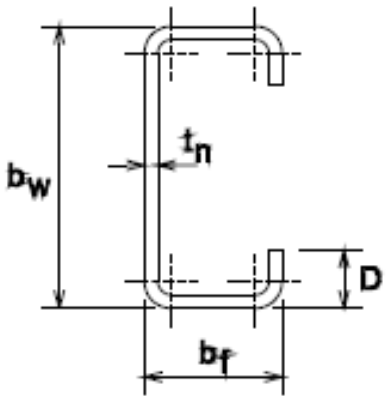



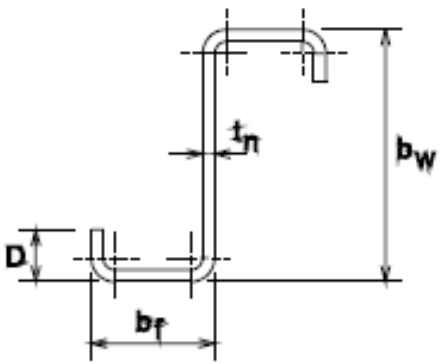



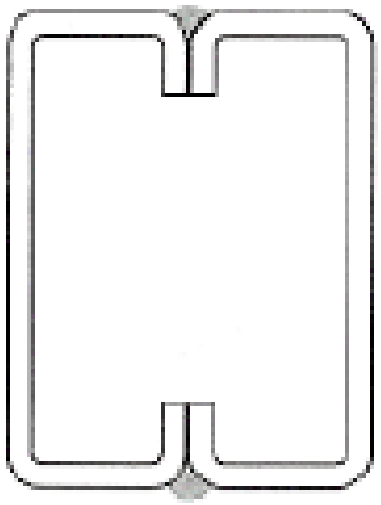



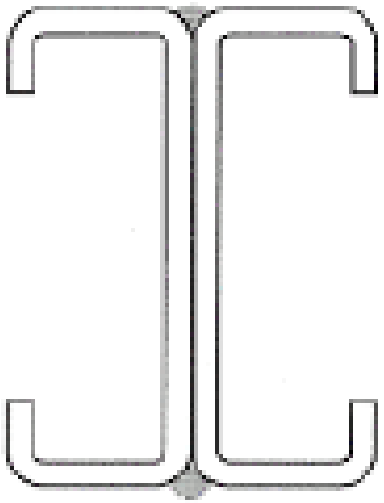

$b_f$
$t_n$
$b_f$

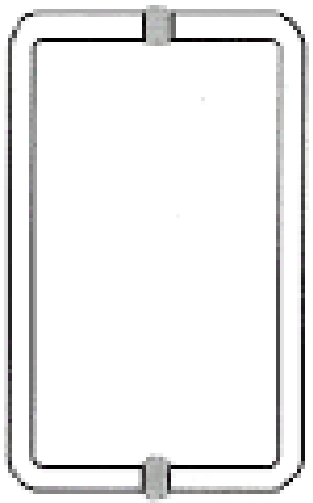

$t_n$
$b_w$
$b_f$


$b_w$
$t_n$
D
$b_f$

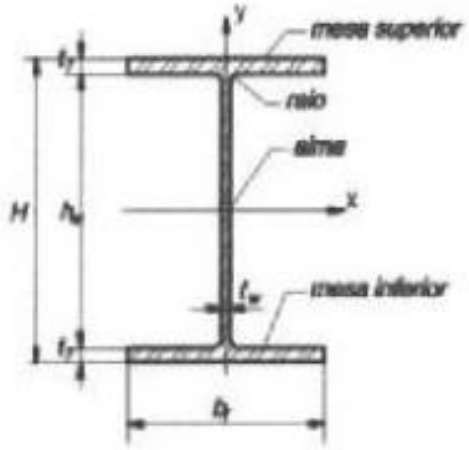

$t_n$
$b_w$
D
$b_f$

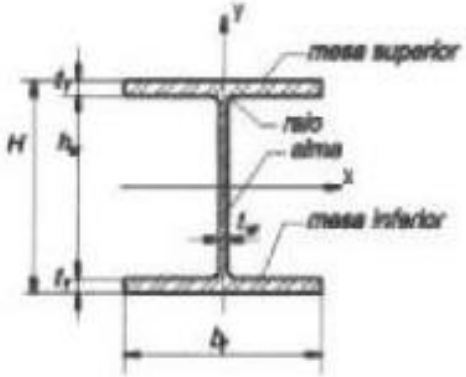


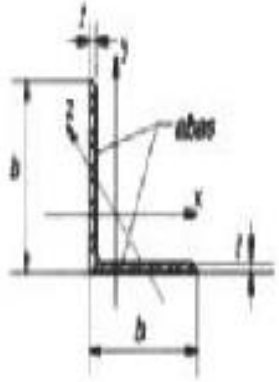


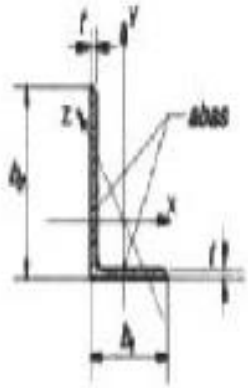


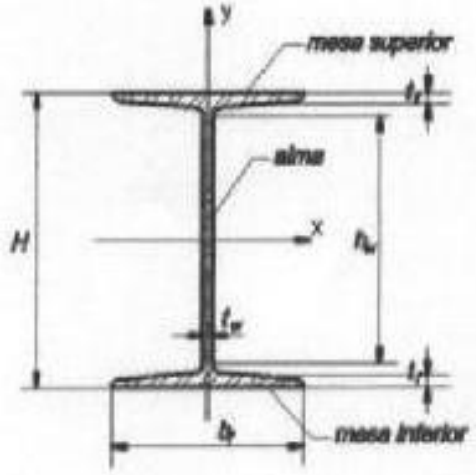
# PERFIS LAMINADOS

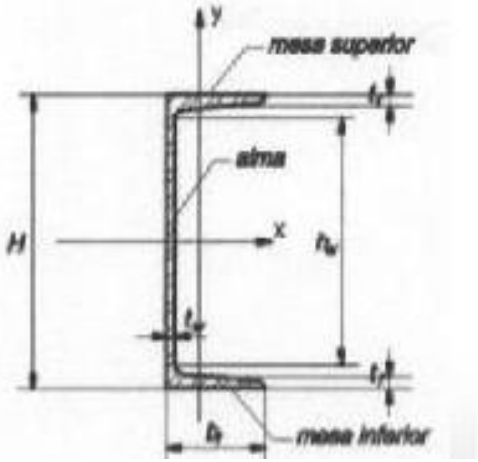


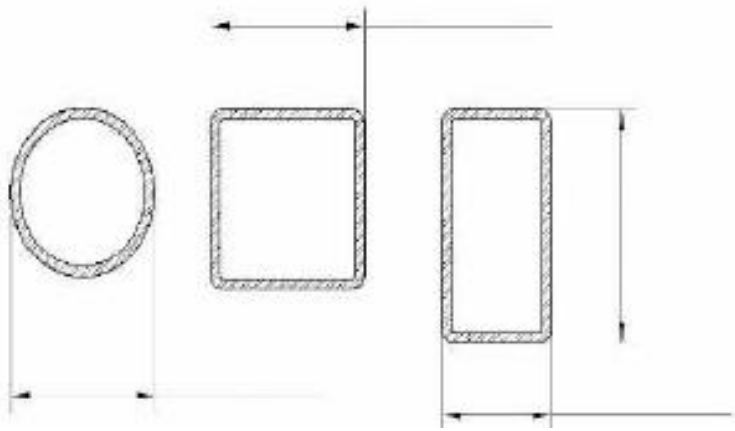



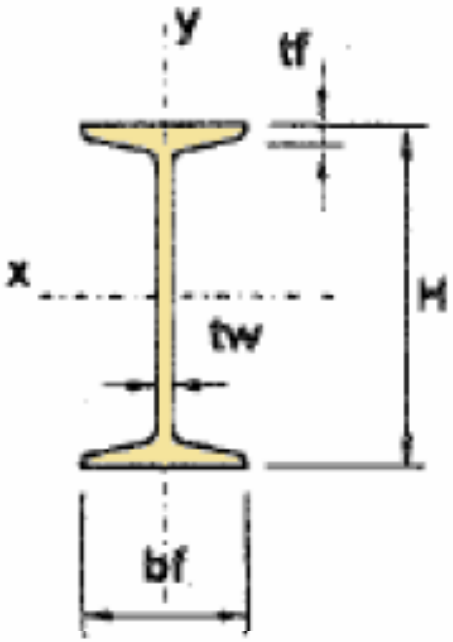



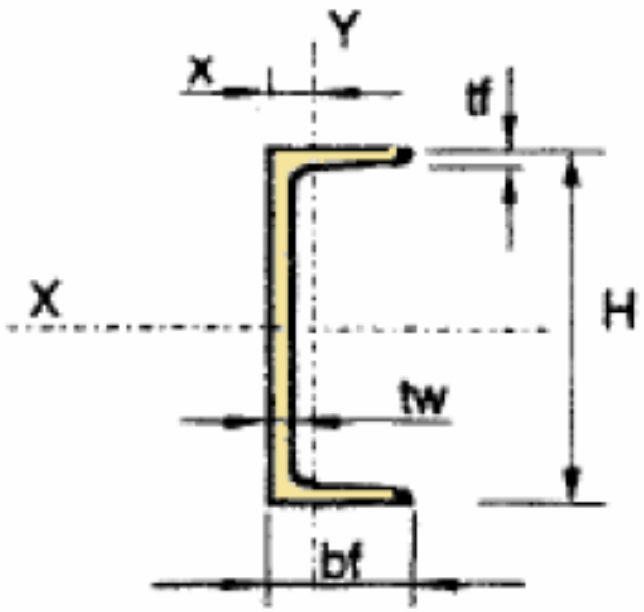



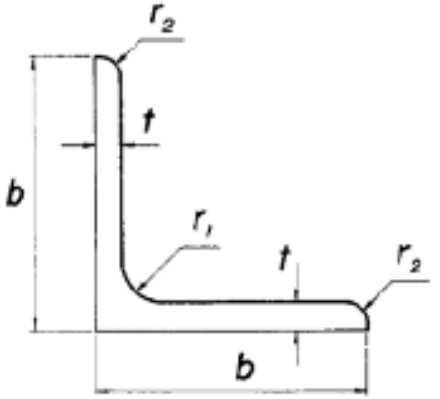
- ***Perfis laminados - americanos***



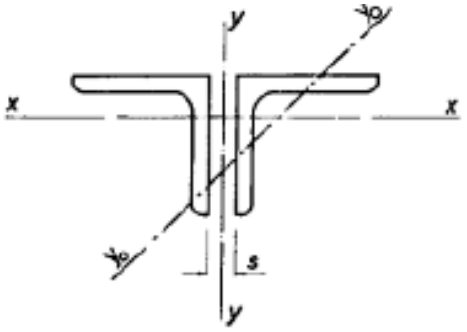

**I 254 x 37,7kg/m**
**I 10” x 37,7kg/m**
**Primeira alma**




**U 203x 17,1kg/m**
**U 8”x 17,1kg/m**
**Primeira alma**

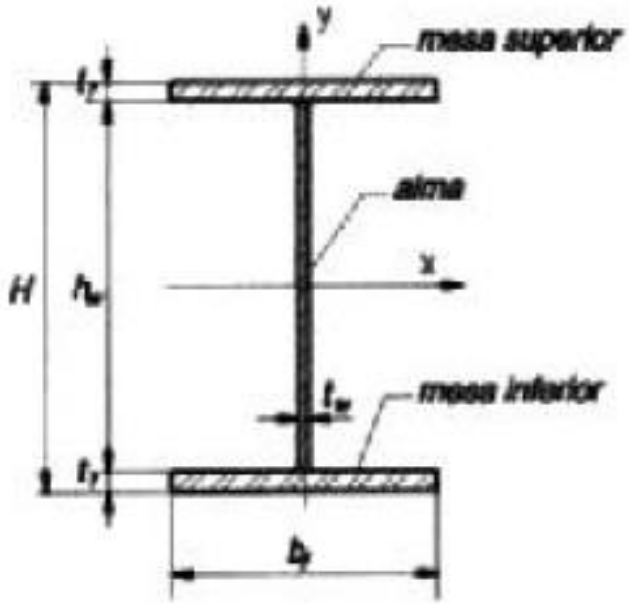


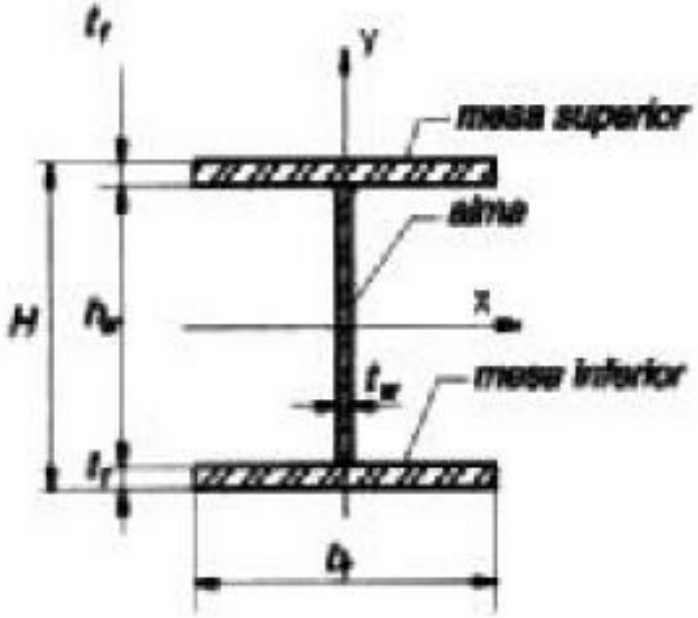

**L50x50x3,0**
**L50x3,0**

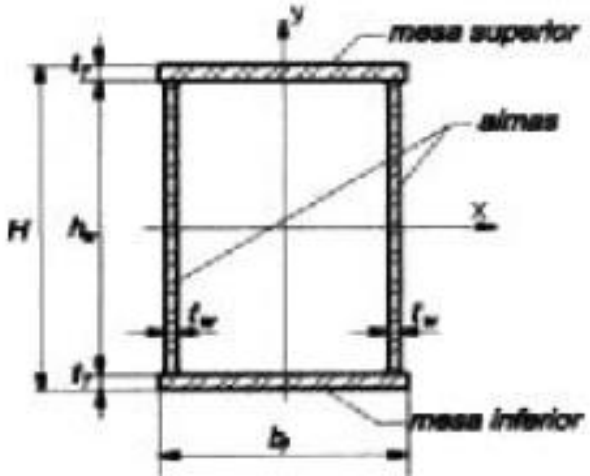



**2L50x3,0**

# PERFIS SOLDADOS

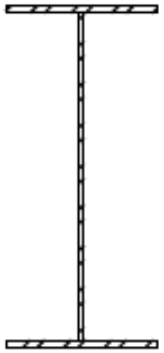


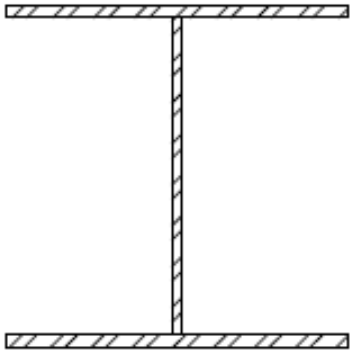



- **Perfis soldados**

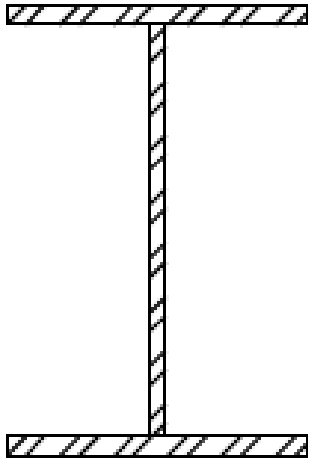
**VS 450 x 51**
Mesas: 2 Ch. 9.5 x 200
Alma: 1 Ch. 6.3 x 431



**CS 450 x 154**
Mesas: 2 Ch. 16 x 450
Alma: 1 Ch. 12.5 x 418



**CVS 450 x 116**
Mesas: 2 Ch. 16 x 300
Alma: 1 Ch. 12.5 x 418

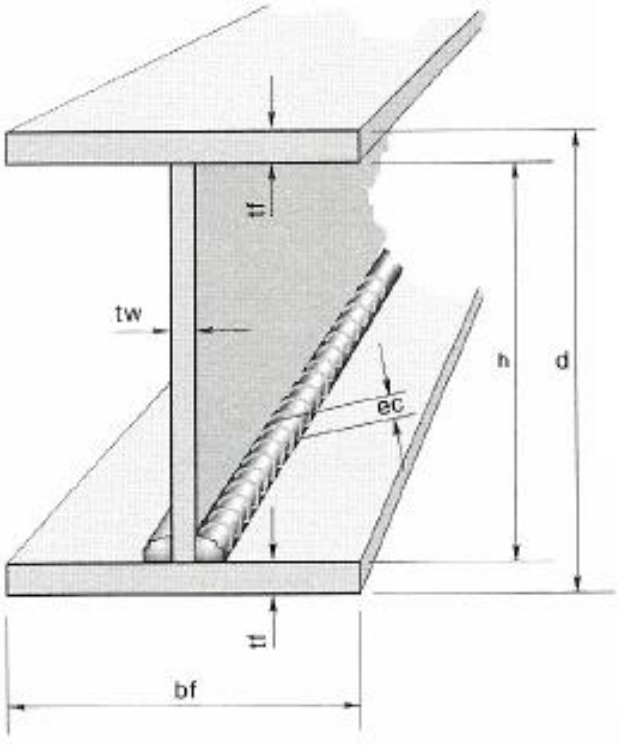


## *Séries Existentes*

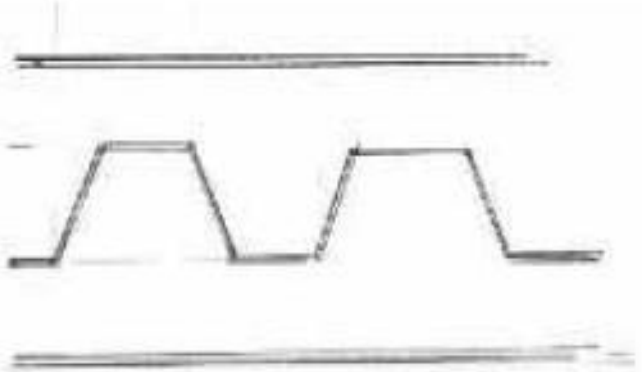
**VS → altura/largura ≤ 4**

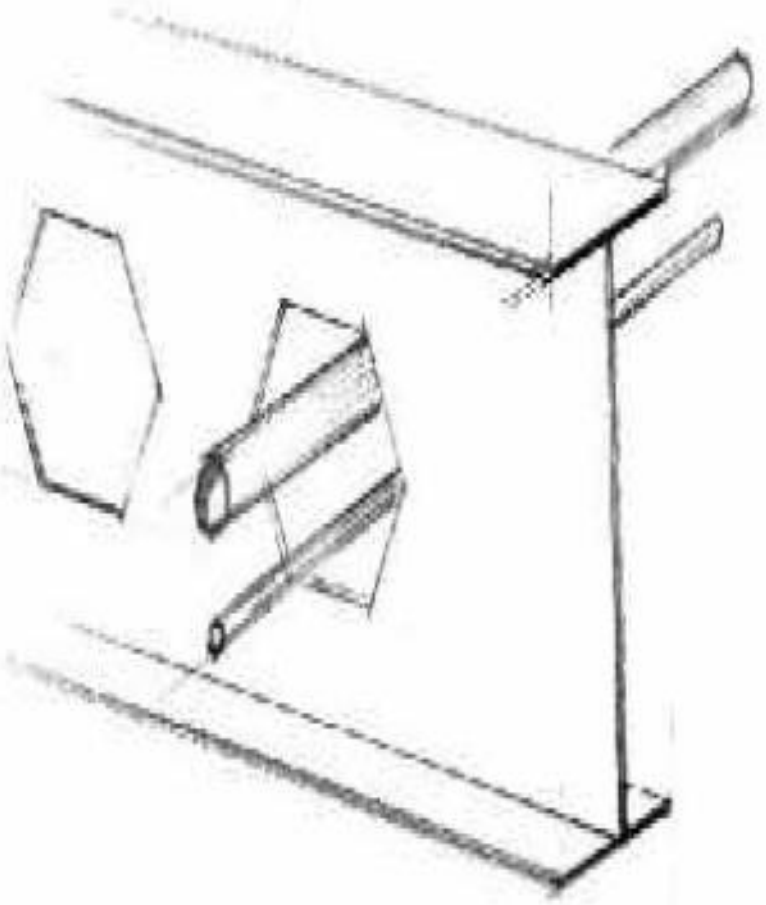
**CS → altura/largura = 1**

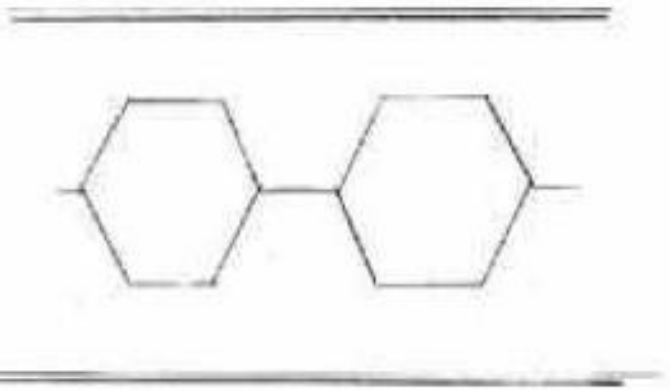
**CVS → 1 < altura/largura ≤ 1,5**



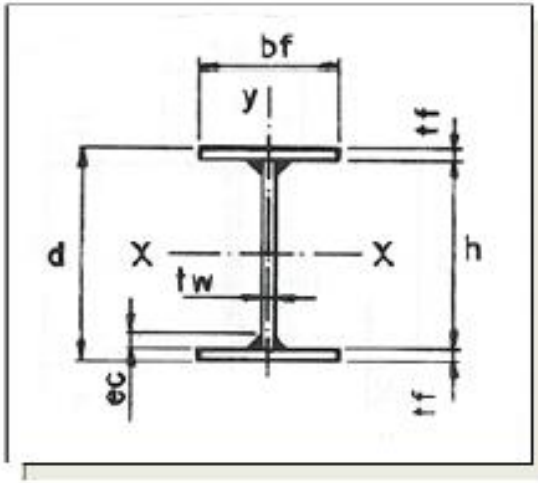
# PERFIS ESPECIAIS







- **Perfis soldados**

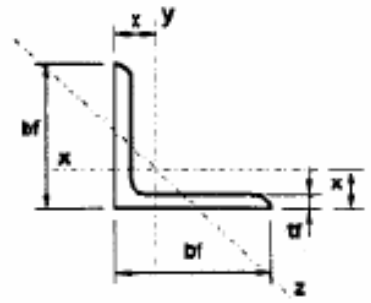


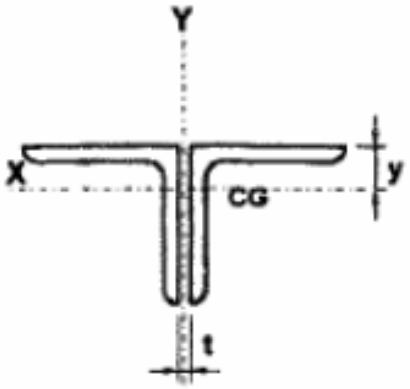

| PERFIL | MASSA | ÁREA | ALT. | ALMA | | MESAS | | EIXO X-X | | | EIXO Y-Y | | | rT | IT | h/tw | bf/2tf | ec | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| VS 200 - 550 | M | A | d | tw | h | tf | bf | Ix | Wx | rx | Iy | Wy | ry | cm | cm4 | | | mm | m2/m |
| | kg/m | cm2 | mm | mm | mm | mm | mm | cm4 | cm3 | cm | cm4 | cm3 | cm | | | | | | |
| 200 X 17 | 17.2 | 22.0 | 200 | 5.0 | 167 | 8.3 | 100 | 1457 | 146 | 8.14 | 103 | 21 | 2.19 | 2.58 | 2 | 37 | 7.9 | 3 | 0.79 |
| 200 X 20 | 19.8 | 25.2 | 200 | 5.0 | 164 | 8.0 | 100 | 1735 | 173 | 8.30 | 134 | 27 | 2.30 | 2.65 | 4 | 37 | 6.3 | 5 | 0.79 |
| 200 X 22 | 22.2 | 28.1 | 200 | 5.0 | 161 | 9.5 | 100 | 1972 | 197 | 8.39 | 159 | 32 | 2.38 | 2.68 | 7 | 36 | 5.3 | 5 | 0.79 |
| 200 X 26 | 26.5 | 33.8 | 200 | 5.0 | 175 | 12.5 | 100 | 2424 | 242 | 8.47 | 209 | 42 | 2.49 | 2.73 | 14 | 35 | 4.0 | 5 | 0.79 |
| 225 X 19 | 18.2 | 24.5 | 225 | 5.0 | 212 | 8.0 | 110 | 2957 | 183 | 9.17 | 140 | 25 | 2.39 | 2.84 | 3 | 42 | 6.7 | 3 | 0.88 |
| 225 X 22 | 22.0 | 28.1 | 225 | 5.0 | 209 | 8.0 | 110 | 2453 | 218 | 9.35 | 178 | 32 | 2.52 | 2.90 | 5 | 42 | 6.9 | 5 | 0.88 |
| 225 X 24 | 24.5 | 31.2 | 225 | 5.0 | 206 | 9.5 | 110 | 2792 | 248 | 9.46 | 211 | 38 | 2.60 | 2.94 | 7 | 41 | 5.8 | 5 | 0.88 |
| 225 X 29 | 28.4 | 37.5 | 225 | 5.0 | 200 | 12.5 | 110 | 3441 | 306 | 9.58 | 278 | 50 | 2.72 | 3.00 | 15 | 40 | 4.4 | 5 | 0.88 |
| *250 X 28 | 27.9 | 35.6 | 250 | 6.3 | 234 | 8 | 130 | 3719 | 298 | 10.24 | 293 | 45 | 2.87 | 3.38 | 6 | 37 | 8.1 | 5 | 1.01 |
| *250 X 31 | 30.9 | 39.3 | 250 | 6.3 | 231 | 9.5 | 130 | 4221 | 338 | 10.36 | 348 | 54 | 2.98 | 3.43 | 9 | 36 | 6.8 | 5 | 1.01 |
| *250 X 37 | 36.7 | 46.7 | 250 | 6.3 | 225 | 12.5 | 130 | 5185 | 415 | 10.54 | 468 | 70 | 3.13 | 3.51 | 19 | 35 | 5.2 | 5 | 1.01 |
| *250 X 38 | 37.7 | 48 | 250 | 8 | 225 | 12.5 | 120 | 4994 | 400 | 10.2 | 361 | 60 | 2.74 | 3.17 | 20 | 28 | 4.8 | 5 | .96 |
| *275 X 30 | 30.4 | 38.7 | 275 | 6.3 | 259 | 8 | 140 | 4906 | 357 | 11.26 | 366 | 52 | 3.08 | 3.63 | 7 | 41 | 8.8 | 5 | 1.1 |
| *275 X 34 | 33.5 | 42.7 | 275 | 6.3 | 256 | 9.5 | 140 | 5570 | 405 | 11.42 | 435 | 62 | 3.19 | 3.69 | 10 | 40 | 7.4 | 5 | 1.1 |
| *275 X 40 | 39.9 | 50.8 | 275 | 6.3 | 250 | 12.5 | 140 | 6854 | 498 | 11.62 | 572 | 82 | 3.36 | 3.77 | 20 | 39 | 5.6 | 5 | 1.1 |
| *300 X 33 | 32.9 | 41.9 | 300 | 6.3 | 284 | 8 | 150 | 6329 | 421 | 12.28 | 451 | 60 | 3.28 | 3.88 | 8 | 45 | 9.4 | 5 | 1.19 |
| *300 X 36 | 36.3 | 46.2 | 300 | 6.3 | 281 | 9.5 | 150 | 7189 | 479 | 12.47 | 535 | 71 | 3.4 | 3.94 | 11 | 44 | 7.9 | 5 | 1.19 |
| *300 X 43 | 43 | 54.8 | 300 | 6.3 | 275 | 12.5 | 150 | 8846 | 590 | 12.71 | 704 | 94 | 3.58 | 4.03 | 22 | 43 | 6 | 5 | 1.19 |
| *300 X 61 | 61.5 | 78.3 | 300 | 12.5 | 268 | 16 | 140 | 11048 | 737 | 11.88 | 736 | 105 | 3.07 | 3.63 | 57 | 21 | 4.4 | 6 | 1.14 |
| *325 X 35 | 35.4 | 45.1 | 325 | 6.3 | 309 | 8 | 160 | 7982 | 491 | 13.3 | 547 | 68 | 3.48 | 4.13 | 8 | 49 | 10 | 5 | 1.28 |
| *325 X 39 | 39 | 49.7 | 325 | 6.3 | 306 | 9.5 | 160 | 9072 | 558 | 13.51 | 649 | 81 | 3.61 | 4.2 | 12 | 48 | 8.4 | 5 | 1.28 |
| *325 X 46 | 46.2 | 58.9 | 325 | 6.3 | 300 | 12.5 | 160 | 11188 | 688 | 13.78 | 854 | 107 | 3.81 | 4.29 | 23 | 47 | 6.4 | 5 | 1.28 |
| *350 X 38 | 37.8 | 48.2 | 350 | 6.3 | 334 | 8 | 170 | 9911 | 566 | 14.34 | 666 | 77 | 3.69 | 4.38 | 9 | 53 | 10.6 | 5 | 1.37 |
| *350 X 42 | 41.8 | 53.2 | 350 | 6.3 | 331 | 9.5 | 170 | 11269 | 644 | 14.55 | 779 | 92 | 3.83 | 4.45 | 13 | 52 | 8.9 | 5 | 1.37 |
| *350 X 49 | 49.5 | 63 | 350 | 6.3 | 325 | 12.5 | 170 | 13910 | 795 | 14.86 | 1024 | 120 | 4.03 | 4.56 | 25 | 51 | 6.8 | 5 | 1.37 |
| *350 X 68 | 58.4 | 74.4 | 350 | 6.3 | 318 | 16 | 170 | 16871 | 964 | 15.06 | 1311 | 154 | 4.2 | 4.63 | 49 | 50 | 5.3 | 6 | 1.37 |
| *375 X 40 | 40.3 | 51.4 | 375 | 6.3 | 359 | 8 | 180 | 12123 | 647 | 15.36 | 778 | 86 | 3.89 | 4.63 | 9 | 56 | 11.3 | 5 | 1.46 |
| *375 X 44 | 44.4 | 56.6 | 375 | 6.3 | 356 | 9.5 | 180 | 13793 | 736 | 15.61 | 924 | 103 | 4.04 | 4.71 | 13 | 56 | 9.5 | 5 | 1.46 |
| *375 X 53 | 52.7 | 67.1 | 375 | 6.3 | 350 | 12.5 | 180 | 17049 | 909 | 15.94 | 1216 | 135 | 4.26 | 4.82 | 26 | 55 | 7.2 | 5 | 1.46 |
| *375 X 62 | 62.2 | 79.2 | 375 | 6.3 | 343 | 16 | 180 | 20690 | 1103 | 16.16 | 1556 | 173 | 4.43 | 4.9 | 52 | 54 | 5.6 | 6 | 1.46 |
| *380 X 61 | 61.2 | 77.9 | 380 | 9.5 | 348 | 16 | 140 | 18186 | 957 | 15.28 | 734 | 105 | 3.07 | 3.63 | 49 | 35 | 4.4 | 6 | 1.3 |
| 400 X 49 | 48.7 | 62 | 400 | 6.3 | 381 | 9.5 | 200 | 17393 | 870 | 16.75 | 1267 | 127 | 4.52 | 5.25 | 15 | 60 | 10.5 | 5 | 1.59 |
| 400 X 58 | 57.8 | 73.6 | 400 | 6.3 | 375 | 12.5 | 200 | 21549 | 1077 | 17.11 | 1667 | 167 | 4.76 | 5.37 | 29 | 59 | 8 | 5 | 1.59 |
| 400 X 68 | 68.5 | 87.2 | 400 | 6.3 | 368 | 16 | 200 | 26223 | 1311 | 17.34 | 2134 | 213 | 4.95 | 5.45 | 58 | 58 | 6.3 | 6 | 1.59 |
| 400 X 78 | 77.6 | 98.8 | 400 | 6.3 | 362 | 19 | 200 | 30094 | 1505 | 17.45 | 2534 | 253 | 5.06 | 5.51 | 95 | 57 | 5.3 | 6 | 1.59 |
| 450 X 51 | 51.2 | 65.2 | 450 | 6.3 | 431 | 9.5 | 200 | 22649 | 1006 | 18.63 | 1268 | 127 | 4.41 | 5.19 | 15 | 68 | 10.5 | 5 | 1.69 |
| 450 X 60 | 60.3 | 76.8 | 450 | 6.3 | 425 | 12.5 | 200 | 27962 | 1243 | 19.08 | 1668 | 167 | 4.66 | 5.32 | 30 | 67 | 8 | 5 | 1.69 |
| 450 X 71 | 70.9 | 90.3 | 450 | 6.3 | 418 | 16 | 200 | 33885 | 1510 | 19.4 | 2134 | 213 | 4.86 | 5.41 | 58 | 66 | 6.3 | 6 | 1.69 |
| 450 X 80 | 80.1 | 102 | 450 | 6.3 | 412 | 19 | 200 | 38869 | 1733 | 19.55 | 2534 | 253 | 4.98 | 5.47 | 95 | 65 | 5.3 | 6 | 1.69 |
| 500 X 61 | 61.1 | 77.8 | 500 | 6.3 | 481 | 9.5 | 250 | 34416 | 1377 | 21.03 | 2475 | 198 | 5.64 | 6.55 | 18 | 76 | 13.2 | 5 | 1.99 |
| 500 X 73 | 72.5 | 92.4 | 500 | 6.3 | 475 | 12.5 | 250 | 42768 | 1711 | 21.51 | 3256 | 260 | 5.94 | 6.7 | 37 | 75 | 10 | 5 | 1.99 |
| 500 X 88 | 86 | 109.5 | 500 | 6.3 | 468 | 16 | 250 | 52250 | 2090 | 21.84 | 4166 | 333 | 6.17 | 6.81 | 72 | 74 | 7.8 | 6 | 1.99 |
| 500 X 97 | 97.4 | 124.1 | 500 | 6.3 | 462 | 19 | 250 | 60154 | 2406 | 22.02 | 4949 | 396 | 6.31 | 6.88 | 118 | 73 | 6.6 | 6 | 1.99 |
| 550 X 64 | 63.6 | 81 | 550 | 6.3 | 531 | 9.5 | 250 | 42556 | 1547 | 22.92 | 2475 | 198 | 5.53 | 6.5 | 19 | 84 | 13.2 | 5 | 2.09 |
| 550 X 75 | 75 | 95.6 | 550 | 6.3 | 525 | 12.5 | 250 | 52747 | 1918 | 23.49 | 3256 | 260 | 5.84 | 6.65 | 37 | 83 | 10 | 5 | 2.09 |
| 550 X 88 | 88.4 | 112.6 | 550 | 6.3 | 518 | 16 | 250 | 64345 | 2340 | 23.9 | 4166 | 333 | 6.08 | 6.77 | 73 | 82 | 7.8 | 6 | 2.09 |
| 550 X 100 | 99.9 | 127.3 | 550 | 6.3 | 512 | 19 | 250 | 74041 | 2692 | 24.12 | 4949 | 396 | 6.24 | 6.84 | 119 | 81 | 6.6 | 6 | 2.09 |

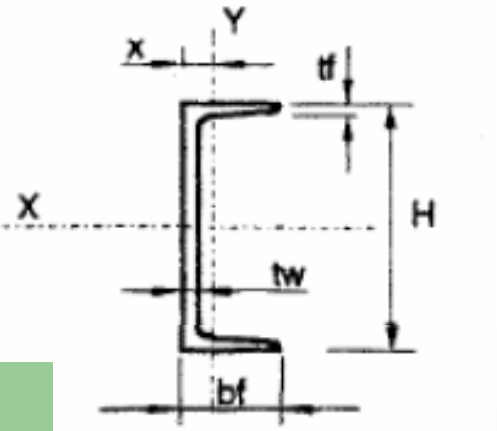
- ***Perfis laminados***

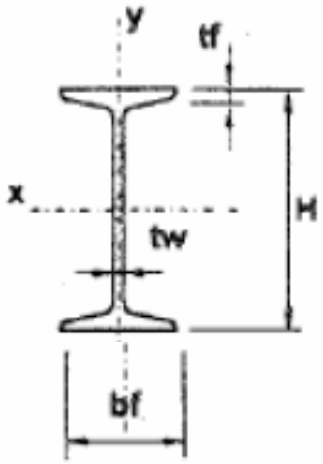
obtidos diretamente dos laminadores das siderúrgicas. Estão disponíveis no mercado em forma de I, H, U e L.

Perfis laminados padrão americano




**Utilização variada**

**Limitações dimensionais**

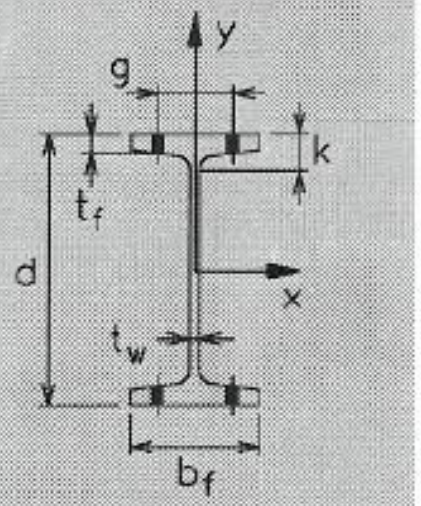
**Dificuldades nas ligações**

**Elevado fator peso/inércia**

**Composição de perfis**

# • Perfis laminados - americanos

**Perfil I Laminado**

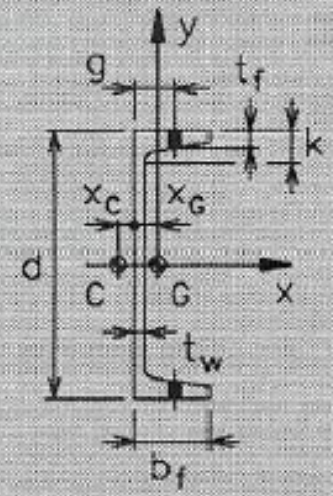



| I | d [mm] | $b_f$ [mm] | $t_f$ [mm] | $t_w$ [mm] | k [mm] | g [mm] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 102 × 11,5 | 102 | 67,6 | 7,44 | 4,90 | 19,1 | 38 |
| 152 × 18,6 | 152 | 84,6 | 9,12 | 5,89 | 22,2 | 50 |
| 203 × 27,4 | 203 | 102 | 10,8 | 6,88 | 25,4 | 57 |
| 254 × 37,8 | 254 | 118 | 12,5 | 7,90 | 28,6 | 70 |
| 305 × 60,7 | 305 | 133 | 16,7 | 11,7 | 36,5 | 76 |
| 457 × 81,4 | 457 | 152 | 17,6 | 11,7 | 38,1 | 89 |
| 508 × 121 | 508 | 178 | 23,3 | 15,2 | 47,6 | 102 |

| I | A [$cm^2$] | $I_x$ [$cm^4$] | $W_x$ [$cm^3$] | $r_x$ [cm] | $Z_x$ [$cm^3$] | $I_y$ [$cm^4$] | $W_y$ [$cm^3$] | $r_y$ [cm] | $Z_y$ [$cm^3$] | $I_t$ [$cm^4$] | $C_w$ [$cm^6$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 102 × 11,5 | 14,6 | 253 | 49,8 | 4,17 | 57,5 | 31,8 | 9,41 | 1,48 | 15,8 | 2,91 | 705 |
| 152 × 18,6 | 23,7 | 920 | 121 | 6,22 | 139 | 75,8 | 17,9 | 1,79 | 30,3 | 7,06 | 3690 |
| 203 × 27,4 | 34,9 | 2400 | 236 | 8,28 | 270 | 155 | 30,5 | 2,11 | 51,8 | 14,2 | 14360 |
| 254 × 37,8 | 48,1 | 5160 | 405 | 10,3 | 465 | 283 | 47,7 | 2,42 | 81,3 | 25,0 | 41220 |
| 305 × 60,7 | 77,4 | 11320 | 744 | 12,1 | 870 | 566 | 84,6 | 2,69 | 145 | 73,5 | 117400 |
| 457 × 81,4 | 104 | 33470 | 1470 | 18,0 | 1720 | 866 | 114 | 2,90 | 198 | 98,6 | 418400 |
| 508 × 121 | 154 | 61640 | 2430 | 20,0 | 2810 | 1870 | 211 | 3,48 | 360 | 257 | 1098000 |

# • Perfis laminados - americanos

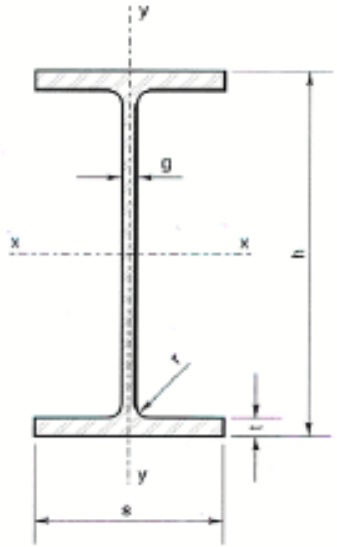
**Perfil C Laminado**



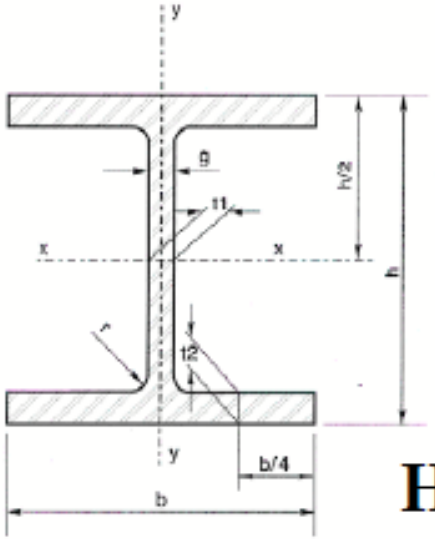

| C | d [mm] | $b_f$ [mm] | $t_f$ [mm] | $t_w$ [mm] | k [mm] | g [mm] | $x_G$ [cm] | $x_C$ [cm] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 × 6,10 | 76,2 | 35,8 | 6,93 | 4,32 | 17,5 | 22 | 1,11 | 1,17 |
| 102 × 8,04 | 102 | 40,2 | 7,52 | 4,67 | 17,5 | 25 | 1,16 | 1,28 |
| 152 × 12,2 | 152 | 48,8 | 8,71 | 5,08 | 20,6 | 29 | 1,30 | 1,52 |
| 203 × 17,1 | 203 | 57,4 | 9,91 | 5,59 | 23,8 | 35 | 1,45 | 1,77 |
| 254 × 22,8 | 254 | 66,0 | 11,1 | 6,10 | 25,4 | 38 | 1,61 | 2,02 |
| 305 × 30,8 | 305 | 74,7 | 12,7 | 7,16 | 28,6 | 44 | 1,77 | 2,21 |

| C | A [$cm^2$] | $I_x$ [$cm^4$] | $W_x$ [$cm^3$] | $r_x$ [cm] | $Z_x$ [$cm^3$] | $I_y$ [$cm^4$] | $W_y$ [$cm^3$] | $r_y$ [cm] | $Z_y$ [$cm^3$] | $I_t$ [$cm^4$] | $C_w$ [$cm^6$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 × 6,10 | 7,81 | 69,1 | 18,0 | 2,97 | 21,4 | 8,20 | 3,31 | 1,03 | 7,49 | 0,96 | 57,6 |
| 102 × 8,04 | 10,3 | 160 | 31,6 | 3,96 | 37,2 | 13,3 | 4,64 | 1,14 | 10,9 | 1,43 | 166 |
| 152 × 12,2 | 15,5 | 545 | 71,8 | 5,94 | 84,2 | 28,8 | 8,06 | 1,36 | 19,8 | 2,74 | 862 |
| 203 × 17,1 | 21,8 | 1360 | 133 | 7,90 | 157 | 54,9 | 12,8 | 1,59 | 32,3 | 4,79 | 2990 |
| 254 × 22,8 | 29,0 | 2810 | 221 | 9,83 | 260 | 94,9 | 19,0 | 1,81 | 48,9 | 7,73 | 8200 |
| 305 × 30,8 | 39,3 | 5370 | 352 | 11,7 | 417 | 161 | 28,3 | 2,03 | 73,6 | 13,7 | 19680 |

# • *Perfis laminados – Abas planas*



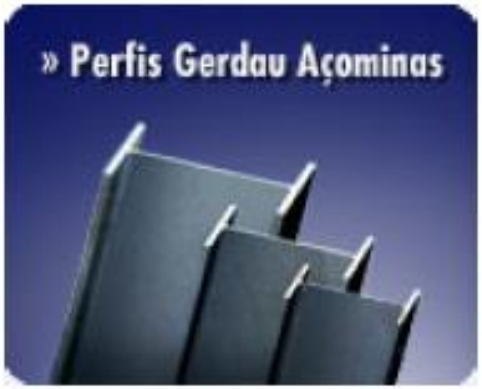

IP




HP

- **Tipos de Perfis**
  - **IP**
    - Perfil I de abas paralelas – Série econômica
  - **HPL**
    - Perfil I de abas paralelas – Série leve
  - **HPM**
    - Perfil H de abas paralelas – Série média
  - **HPP**
    - Perfil H de abas paralelas – Série pesada

# • Perfis laminados – Abas planas




Perfis tipo I – para vigas

Perfis H - para colunas

Fabricados em aço ASTM A572

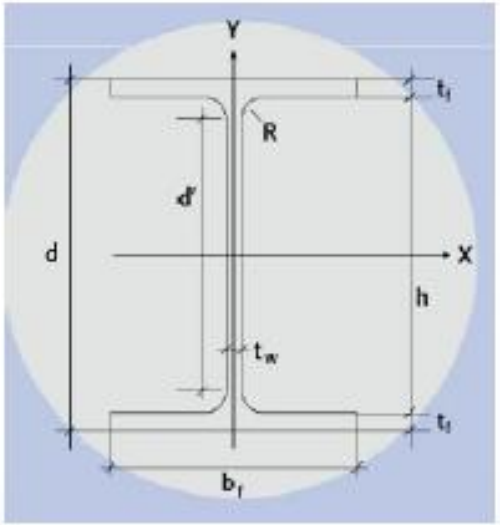
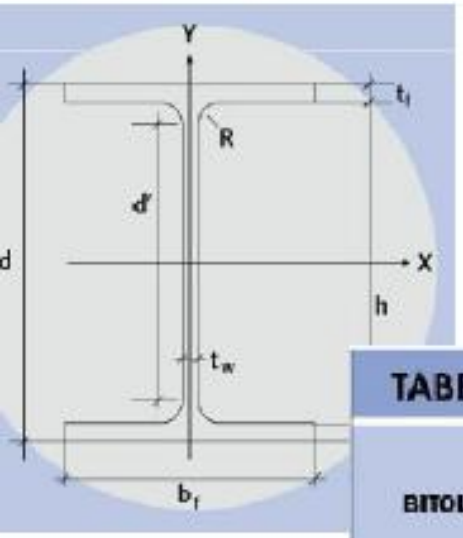



**TABELA DE BITOLAS - PERFIS H**

| BITOLA | Massa linear kg/m | d mm | $b_f$ mm | ESPESSURA $t_w$ mm | ESPESSURA $t_f$ mm | h mm | d' mm | Área cm² | EIXO X-X $I_x$ cm⁴ | EIXO X-X $W_x$ cm³ | EIXO X-X $r_x$ cm | EIXO X-X $Z_x$ cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W 150 x 22,5 | 22,5 | 152 | 152 | 5,8 | 6,6 | 139 | 119 | 29,0 | 1.229 | 161,7 | 6,51 | 179,6 |
| W 150 x 29,8 | 29,8 | 157 | 153 | 6,6 | 9,3 | 138 | 118 | 38,5 | 1.739 | 221,5 | 6,72 | 247,5 |
| W 150 x 37,1 | 37,1 | 162 | 154 | 8,1 | 11,6 | 139 | 119 | 47,8 | 2.244 | 277,0 | 6,85 | 313,8 |
| W 200 x 35,9 | 35,9 | 201 | 165 | 6,2 | 10,2 | 181 | 161 | 45,7 | 3.437 | 342,0 | 8,67 | 379,3 |
| W 200 x 46,1 | 46,1 | 203 | 203 | 7,2 | 11,0 | 181 | 161 | 58,6 | 4.543 | 447,6 | 8,81 | 495,3 |
| HP 200 x 53,0 | 53,0 | 204 | 207 | 11,3 | 11,3 | 181 | 161 | 68,1 | 4.977 | 488,0 | 8,55 | 551,3 |
| W 200 x 71,0 | 71,0 | 216 | 206 | 10,2 | 17,4 | 181 | 161 | 91,0 | 7.680 | 709,2 | 9,17 | 803,2 |
| HP 250 x 62,0 | 62,0 | 246 | 255 | 10,5 | 10,7 | 225 | 201 | 79,6 | 8.728 | 709,6 | 10,47 | 790,5 |
| W 250 x 73,0 | 73,0 | 253 | 254 | 8,6 | 14,2 | 225 | 201 | 92,7 | 11.257 | 889,9 | 11,02 | 983,3 |
| W 250 x 80,0 | 80,0 | 256 | 255 | 9,4 | 15,6 | 225 | 201 | 101,9 | 12.550 | 980,5 | 11,10 | 1 088,7 |
| HP 250 x 85,0 | 85,0 | 254 | 260 | 14,4 | 14,4 | 225 | 201 | 108,5 | 12.280 | 965,9 | 10,64 | 1 093,2 |
| W 250 x 89,0 | 89,0 | 260 | 256 | 10,7 | 17,3 | 225 | 201 | 113,9 | 14.237 | 1.095,1 | 11,18 | 1 224,4 |

# • Perfis laminados – Abas planas




## TABELA DE BITOLAS - PERFIS I

| BITOLA | Massa linear kg/m | d mm | $b_f$ mm | ESPESSURA $t_w$ mm | ESPESSURA $t_f$ mm | h mm | d' mm | Área cm² | EIXO X - X $I_x$ cm⁴ | EIXO X - X $W_x$ cm³ | EIXO X - X $r_x$ cm | EIXO X - X $Z_x$ cm³ | EIXO Y - Y $I_y$ cm⁴ | EIXO Y - Y $W_y$ cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W 150 x 13.0 | 13,0 | 148 | 100 | 4,3 | 4,9 | 138 | 116 | 16,6 | 635 | 85,8 | 6,18 | 96,4 | 82 | 16,4 |
| W 150 x 18.0 | 18,0 | 153 | 102 | 5,8 | 7,1 | 139 | 119 | 23,4 | 939 | 122,8 | 6,34 | 139,4 | 126 | 24,7 |
| W 200 x 15.0 | 15,0 | 200 | 100 | 4,3 | 5,2 | 190 | 170 | 19,4 | 1.305 | 130,5 | 8,20 | 147,9 | 87 | 17,4 |
| W 200 x 19.3 | 19,3 | 203 | 102 | 5,8 | 6,5 | 190 | 170 | 25,1 | 1.686 | 166,1 | 8,19 | 190,6 | 116 | 22,7 |
| W 200 x 22.5 | 22,5 | 206 | 102 | 6,2 | 8,0 | 190 | 170 | 29,0 | 2.029 | 197,0 | 8,37 | 225,5 | 142 | 27,9 |
| W 200 x 26.6 | 26,6 | 207 | 133 | 5,8 | 8,4 | 190 | 170 | 34,2 | 2.611 | 252,3 | 8,73 | 282,3 | 330 | 49,6 |
| W 200 x 31.3 | 31,3 | 210 | 134 | 6,4 | 10,2 | 190 | 170 | 40,3 | 3.168 | 301,7 | 8,86 | 338,6 | 410 | 61,2 |
| W 250 x 17.9 | 17,9 | 251 | 101 | 4,8 | 5,3 | 240 | 220 | 23,1 | 2.291 | 182,6 | 9,96 | 211,0 | 91 | 18,1 |
| W 250 x 22.3 | 22,3 | 254 | 102 | 5,8 | 6,9 | 240 | 220 | 28,9 | 2.939 | 231,4 | 10,09 | 267,1 | 123 | 24,1 |
| W 250 x 25.3 | 25,3 | 257 | 102 | 6,1 | 8,4 | 240 | 220 | 32,6 | 3.473 | 270,2 | 10,31 | 311,1 | 149 | 29,3 |
| W 250 x 28.4 | 28,4 | 260 | 102 | 6,4 | 10,0 | 240 | 220 | 36,6 | 4.046 | 311,2 | 10,51 | 357,3 | 178 | 34,8 |
| W 250 x 32.7 | 32,7 | 258 | 146 | 6,1 | 9,1 | 240 | 220 | 42,1 | 4.937 | 382,7 | 10,83 | 428,5 | 473 | 64,8 |
| W 250 x 38.5 | 38,5 | 262 | 147 | 6,6 | 11,2 | 240 | 220 | 49,6 | 6.057 | 462,4 | 11,05 | 517,8 | 594 | 80,8 |
| W 250 x 44.8 | 44,8 | 266 | 148 | 7,6 | 13,0 | 240 | 220 | 57,6 | 7.158 | 538,2 | 11,15 | 606,3 | 704 | 95,1 |

# Teste das barras da estrutura metálica.

Determinados os esforços $N_d$, $V_d$, $M_d$, a normal, cortante e Momento de cálculo, deve-se verificar para a barra metálica:

$(N_d/f_u.A_s)+(V_d/f_y.A_s)+(M_d/f_y.W)\leq 1,0$, para estado limite último.

Também, sendo L o vão, deve-se verificar a flecha f.

$f \leq L/200$ entre apoios e $f \leq L/100$ nos balanços.

# Ligações Parafusadas

**Tração: ruptura da Ap por esforço normal de tração**

$N_{t,\,Rd} = 0{,}75.Ap.f_{up}/\gamma$

$N_{t,\,Rd}$ **: Normal de Tração Resistente de Cálculo (N);**

**Ap: Área da secção transversal do parafuso;**

$f_{up}$**:Tensão de ruptura do parafuso;**

$\gamma$**:Coeficiente de minoração, 1,35 para parafusos com especificação estrutural e 1,55 para parafusos comuns e sem qualificação estrutural;**

# Ligações Parafusadas

**Tipos de ruptura por cisalhamento:**

a) **Ruptura por corte do fuste;**
b) **Ruptura por esmagamento da chapa na superfície de apoio;**
c) **Ruptura por rasgamento da chapa entre o furo e a borda ou entre os furos consecutivos; e**
d) **Ruptura por tração da chapa na secção transversal líquida.**

# Ligações Parafusadas

**Cisalhamento: ruptura da Ap por esforço cortante.**

- **Força cortante na rosca do parafuso**

**$V_{Rd}$ =0,45.Ap.$f_{up}$/$\gamma$, $\gamma$=1,55 para parafuso de alta resistência e $\gamma$=1,65 para parafuso sem qualificação estrutural.**

- **Pressão de contato ou esmagamento**

**$F_{Rd}$ =2,4.d.t.$f_u$/$\gamma$, $\gamma$=1,35; $f_u$ é a tensão de ruptura da chapa; t a espessura da chapa; d é o diâmeto do parafuso.**

# Ligações Parafusadas

**Cisalhamento: ruptura da Ap por esforço cortante.**

- **Rasgamento entre furos ou furo e borda na chapa**

**$F_{Rd} = t.e.f_u/\gamma$, $\gamma = 1,35$; "e" a distância menor, a partir do centro do furo, na direção do esforço, à borda mais próxima do furo adjacente ou à extremidade do elemento conectado.**

# Ligações Parafusadas

**Rasgamento da parte conectada – tração ou cisalhamento**

**a) Para parafusos próximos à extremidade da barra,**

$A_{nt}.f_u > 0,6.A_{nv}.f_u \rightarrow F_{Rd}=(0,6.A_{gv}.f_y + 0,6A_{nt}.f_u)/\gamma$, $\gamma=1,35$.

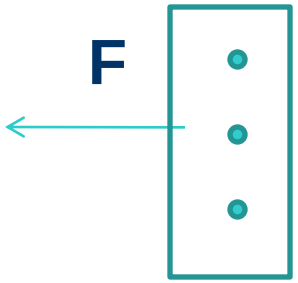
**b) Para parafusos alinhados com o esforço atuante,**

$0,6.A_{nv}.f_u > A_{nt}.f_u \rightarrow F_{Rd}=(0,6.A_{nv}.f_y + 0,6A_{gt}.f_y)/\gamma$, $\gamma=1,35$.

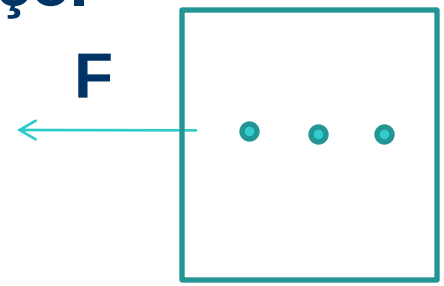
**Sendo as seguintes as áreas susceptíveis a ruptura por rasgamento: $A_{gt}$ é a área bruta sujeita a tração; $A_{gv}$ é a área bruta sujeita ao cisalhamento; $A_{nt}$ é a área líquida sujeita a tração; $A_{nv}$ é a área líquida sujeita ao cisalhamento.**

# Ligações Parafusadas

a) **É quando se tem os parafusos alinhados no sentido ortogonal do esforço.**




a) **É quando se tem os parafusos alinhados no sentido do esforço.**



# Ligações Parafusadas

**Normal e cortante combinadas: fazer também as seguintes verificações:**

**a) Para parafusos com qualificação estrutural:**

**(Nt,Sd/Nt, Rd)+(VSd/VRd)<1,25**

**b) Para parafusos sem qualificação estrutural:**

**(Nt,Sd/Nt, Rd)+(VSd/VRd)<1,0**

# Ligações Parafusadas

| Dimensões máximas de furos (mm) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diâmetro nominal do parafuso (d) | Diâmetro do furo padrão | Diâmetro do furo alargado | Diâmetro do furo pouco alongado | Diâmetro do furo muito alongado |
| <12,5 | d+0,8 | d+1,5 | (d+0,8)x(d+6) | (d+0,8)x(2,5xd) |
| >=12,5 | d+1,5 | d+5 | (d+1,5)x(d+6) | (d+1,5)x(2,5xd) |

**Espaçamento mínimo entre eixos:**

**Entre furos: 3d**

**Entre borda e furo: 1,5d**

# Ligações Soldadas

**Juntas de topo:**

- **Tração ou compressão, Normal ou 90°, ao eixo da solda:**

**$F_{Rd} = L.t_{ef}.f_y/\gamma$, $\gamma=1,1$ e, L o comprimento de solda, $t_{ef}$ secção efetiva da solda. Para penetração total, $t_{ef}$ é a menor espessura do metal base.**

- **Cisalhamento na secção efetiva – testar solda (w) e material (y):**

**$F_{Rd} = L.t_{ef}.(0,6.f_w)/\gamma$, $\gamma=1,25$; $F_{Rd} = L.t_{ef}.(0,6.f_y)/\gamma$, $\gamma=1,1$**

# Ligações Soldadas

**Solda de filete em superfícies planas:**

- **ELU de ruptura do metal base, paralelo ao eixo da solda:**

1) **$L/t<25 \rightarrow F_{Rd} = [1-0,01.L/t].L.t.f_u/\gamma$, $\gamma=1,65$, t é a menor espessura entre as chapas interligadas.**
2) **$L/t \geq 25 \rightarrow F_{Rd} = 0,75.L.t.f_u/\gamma$, $\gamma=1,8$**

- **ELU de ruptura do metal base, normal ao eixo da solda:**

1) **$F_{Rd} = L.t.f_u/\gamma$, $\gamma=1,65$, $t<3,75mm$.**
2) **$t>3,75mm$, obedecer (1) e $F_{Rd} \leq 0,75.L.t_{ef}.f_w/\gamma$, $\gamma=1,65$, $t_{ef}=0,7.w$, a menor espessura da secção transversal da solda junto às partes interligadas.**

# Ligações Soldadas

**Solda de filete em superfícies curvas:**

- **ELU de ruptura do metal base, normal ao eixo da solda:**

1) $F_{Rd}$ =0,83.L.t.$f_u$/ɣ, ɣ=1,8, t é a menor espessura entre as chapas interligadas.

- **ELU de ruptura do metal base, paralelo ao eixo da solda:**

1) $t_{ef} \geq 2t$ e $h \geq L \rightarrow F_{Rd}$ =1,50.L.t.$f_u$/ɣ, ɣ=1,8, h é a altura da borda normal à solda.

2) $t \leq t_{ef} < 2t$ e $h < L \rightarrow F_{Rd}$ =0,75.L.t.$f_u$/ɣ, ɣ=1,8.

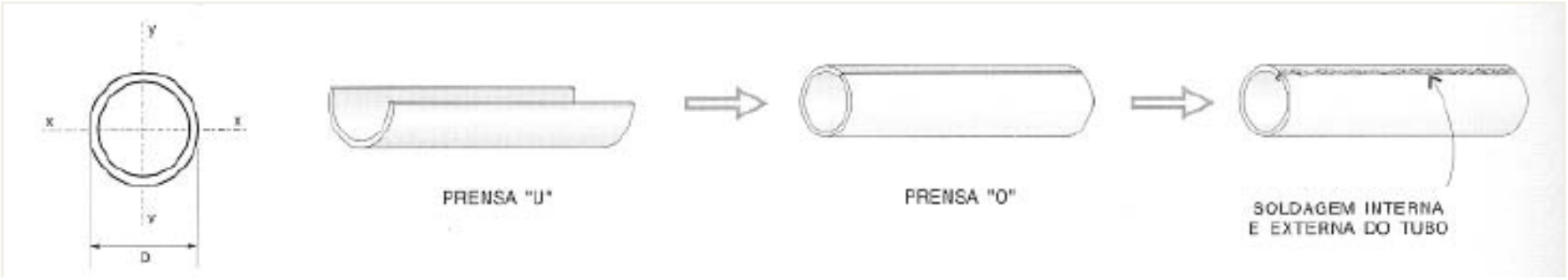
# Ligações Soldadas – complementos para t>3,75mm

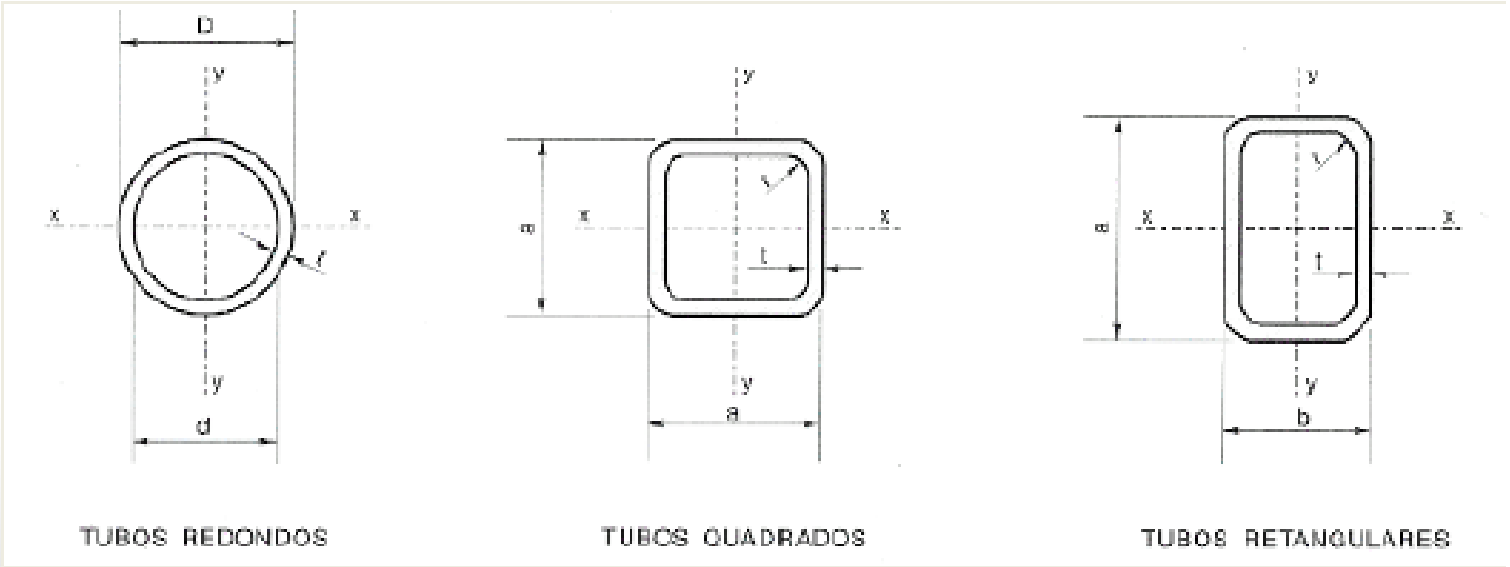
- ELU de ruptura da solda para t>3,75mm, $F_{Rd} \leq 0{,}75.L.t_{ef}.f_w/\gamma$, $\gamma=1{,}65$, $t_{ef} = 0{,}7w$ em superfícies planas, $t_{ef} = 0{,}3r_e$ o raio externo em apenas uma superfície curva, $t_{ef} = 0{,}5r_e$ o raio externo em duas superfícies curvas com $r_e \leq 12{,}5mm$, $t_{ef} = 0{,}37r_e$ o raio externo em duas superfícies curvas com $r_e > 12{,}5mm$,

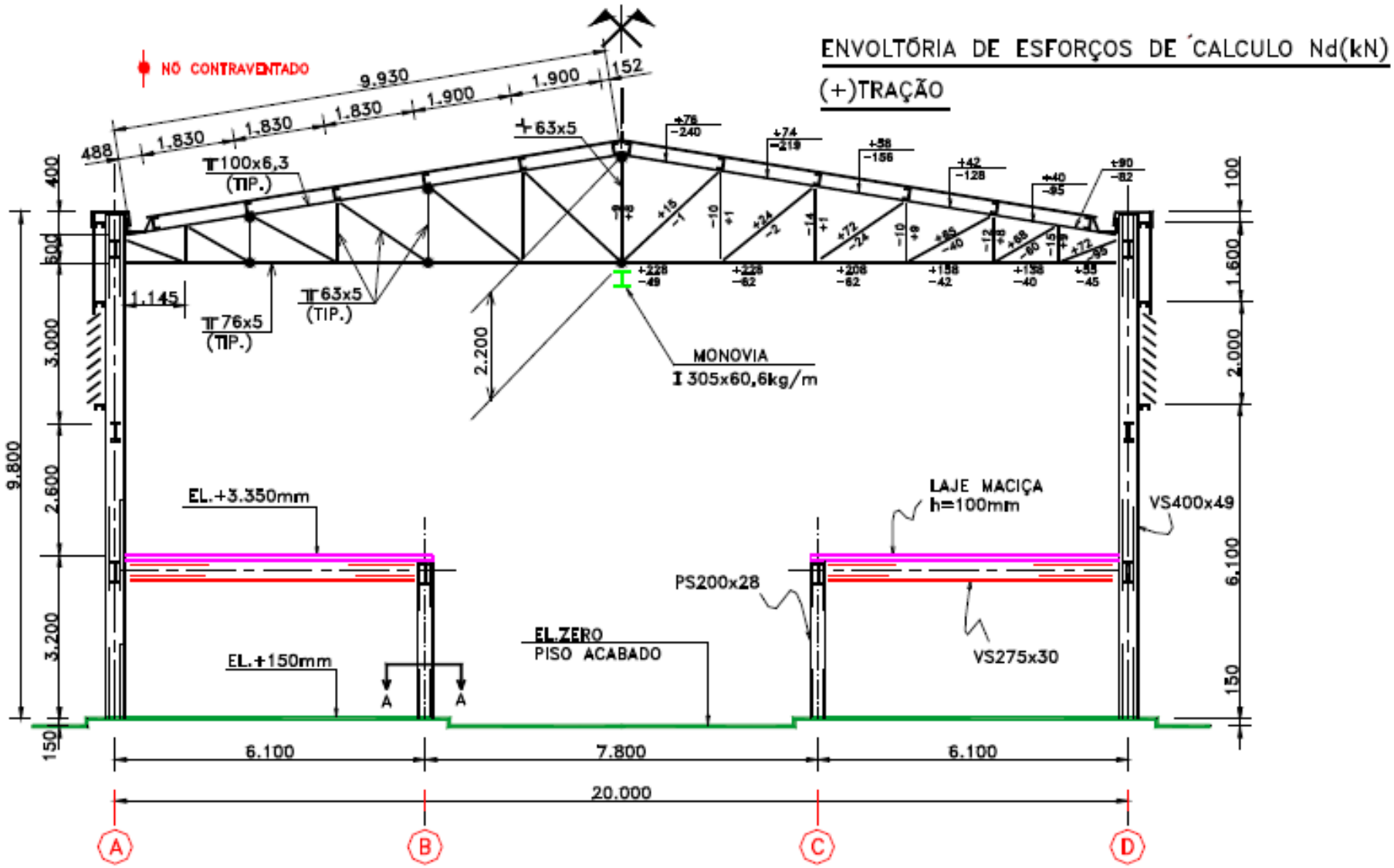
- ***Perfis laminados – tubulares***

**Tipos**

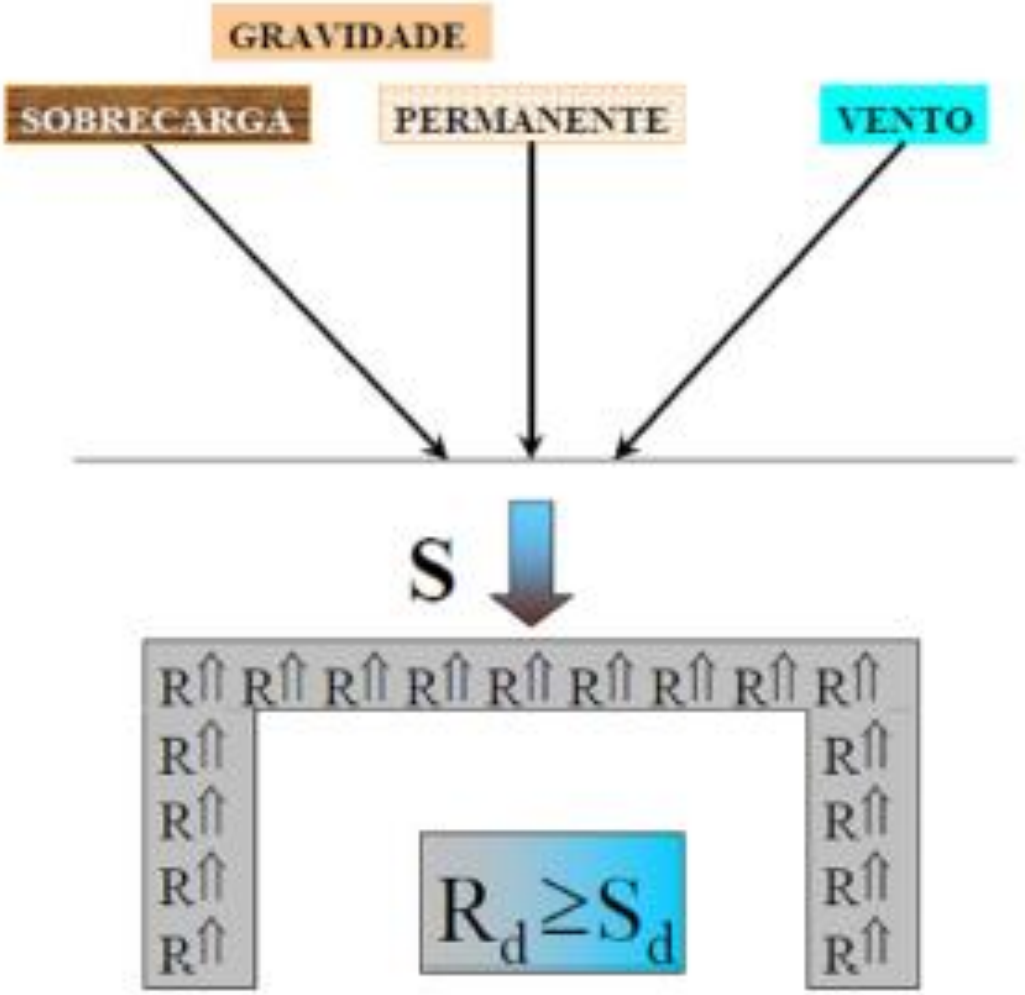
- **Sem Costura** — **Extrusão**
- **Com Costura** — **Calandragem** — **Soldagem**




ENVOLTÓRIA DE ESFORÇOS DE CÁLCULO Nd(kN)
(+)TRAÇÃO
NÓ CONTRAVENTADO
9.930
1.900
1.900
1.830
1.830
1.830
488
152
+63x5
T 100x6,3
(TIP.)
T 63x5
(TIP.)
T 76x5
(TIP.)
1.145
2.200
MONOVIA
I 305x60,6kg/m
EL.+3.350mm
EL.+150mm
EL.ZERO
PISO ACABADO
LAJE MACIÇA
h=100mm
VS400x49
PS200x28
VS275x30
A
A
9.800
400
600
3.000
2.600
3.200
150
100
1.600
2.000
6.100
150
6.100
7.800
6.100
20.000
A
B
C
D

# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS



# Ação do Vento

- Conceitos iniciais
- Velocidade do vento
- Coeficientes aerodinâmicos e ação estática do vento
- Exemplo Prático

## Introdução

- Diferenças de pressão => movimento das massas de ar
- Caráter aleatório na **intensidade**, **duração** e **direção.**

**Como Quantificar???**

# Ação do Vento

$$F = C_f \cdot q \cdot A$$

$C_f$ – coeficiente de força

q – pressão dinâmica

A – área de referência

$C_f$ - características Geométricas

A – área exposta ao vento

$$q = 0{,}613 . V_k^2$$

$V_k$ – velocidade característica do vento

$$V_k = V_0 . S_1 . S_2 . S_3$$

$V_0$ – velocidade básica do vento

$S_1$ – fator topográfico

$S_2$ – rugosidade, dimensões e altura

$S_3$ – fator estatístico

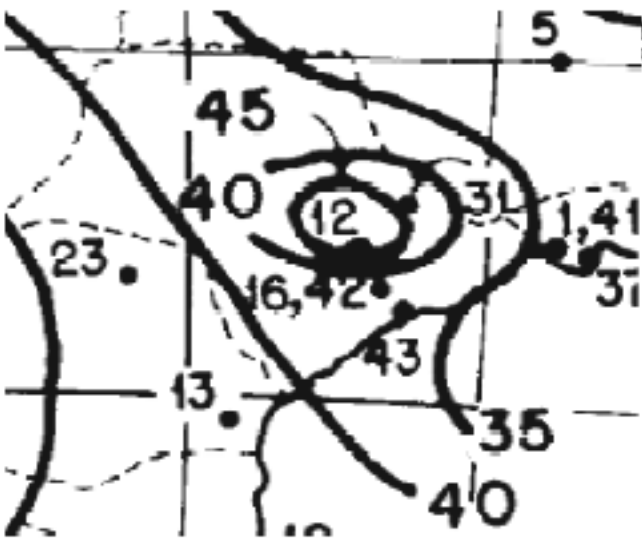
# Ação do Vento

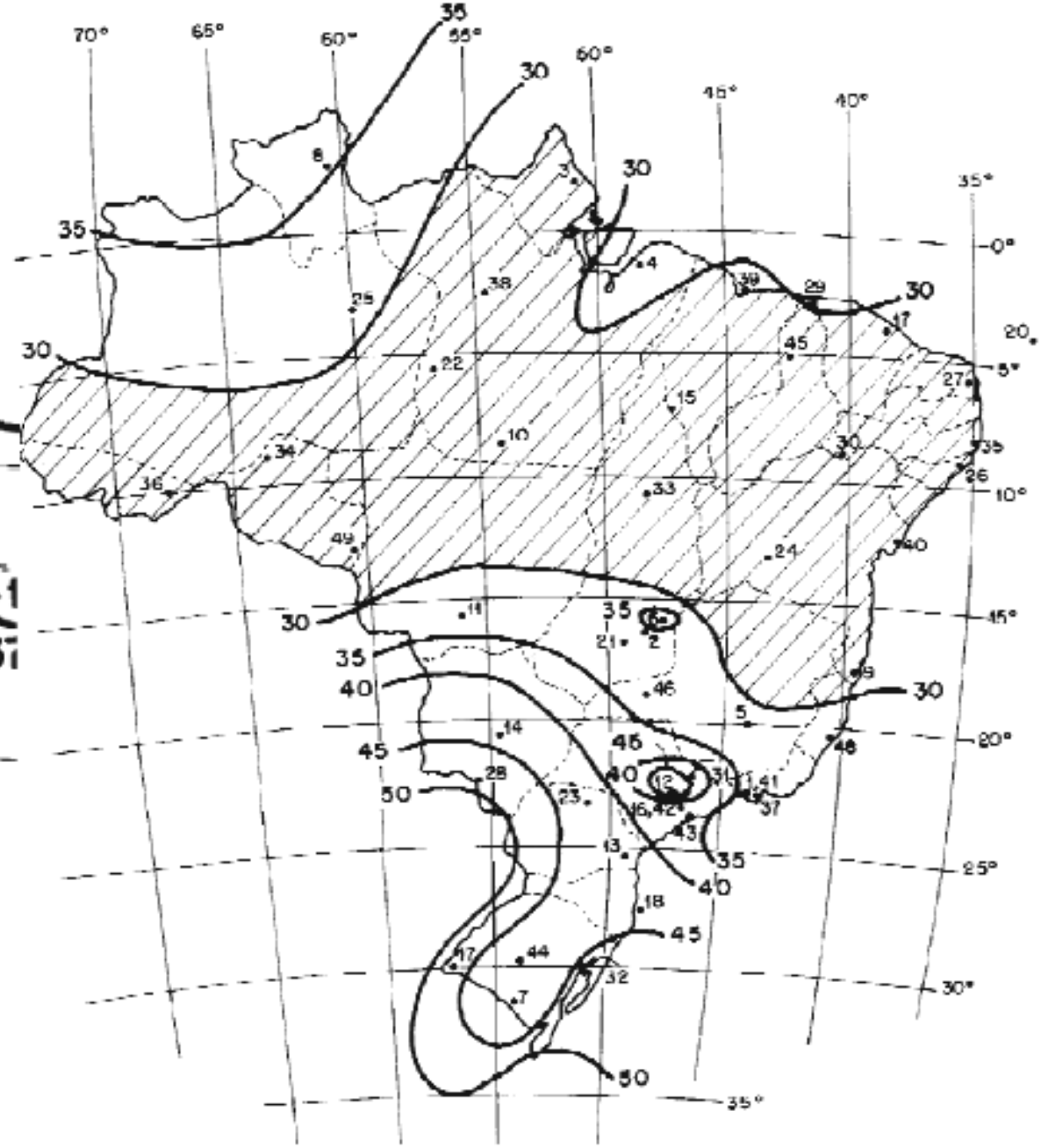
## Velocidade do Vento

- **Fatores intervenientes:**
  - Local
  - Tipo de terreno (plano, aclive, morro)
  - Altura da edificação
  - Rugosidade do terreno
  - Tipo de ocupação

- **Velocidade básica (Vo)**
  - Rajada de 3 s
  - Excedida uma vez em 50 anos
  - A 10 m acima do terreno
  - Em campo aberto e plano
  - Admite-se que o vento básico pode soprar de qualquer direção horizontal
  - Na dúvida ou em obras de excepcional importância
    - Estudo específico para a determinação de Vo
    - Podem ser consideradas direções preferenciais, se devidamente justificadas.

- **Isopletas**


5
45
40
12
31
1,41
23
16,42
43
13
35
40


70°
65°
60°
55°
50°
45°
40°
35°
0°
5°
10°
15°
20°
25°
30°
35°
35
30
40
45
50

- **Fator topográfico $S_1$**

  – Terreno plano $S_1$= 1

  – Vales protegidos $S_1$ = 0,9

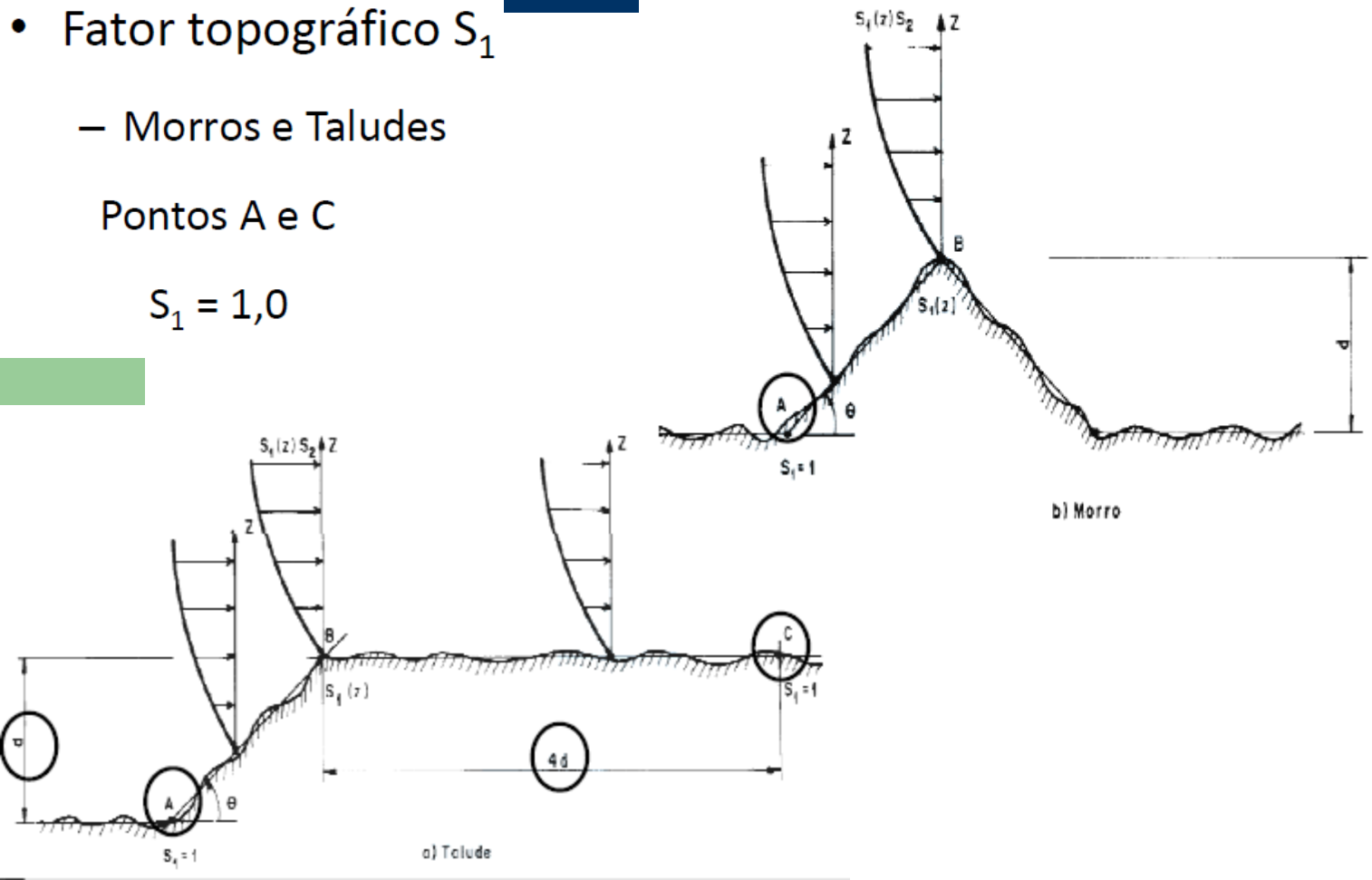
  – Morros e Taludes – $S_1$ conforme a seguir

- Fator topográfico $S_1$

  – Morros e Taludes

  Pontos A e C

  $S_1$ = 1,0



- Fator topográfico $S_1$
  - Morros e Taludes
    - Pontos A e C: $S_1 = 1$
    - Ponto B:

$$\theta \le 3^\circ \quad \rightarrow \quad S_1(z) = 1{,}0$$

$$6^\circ \le \theta \le 17^\circ \quad \rightarrow \quad S_1(z) = 1{,}0 + (2{,}5 - \frac{z}{d}) tg(\theta - 3^\circ) \ge 1$$

$$\theta \ge 45^\circ \rightarrow \quad S_1(z) = 1{,}0 + (2{,}5 - \frac{z}{d}) \cdot 0{,}31 \ge 1$$

    - Entre A e B, B e C => interpolar
    - Entre 3 e 6º, entre 17 e 45º=> interpolar

- **Fator $S_2$**

  – Efeito combinado:

    - Rugosidade do terreno
    - Dimensões da edificação
    - Altura sobre o terreno

- **Rugosidade do terreno**

  – Categoria I:

    - Superfícies lisas de grandes dimensões com mais de 5 km de extensão, medida na direção e sentido do vento incidente.
    - **Exemplos**: mar calmo, lagos e rios, pântanos sem vegetação.

- **Rugosidade do terreno**
  - Categoria II:
    - Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.
    - **Exemplos**: zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias e charnecas, fazendas sem sebes ou muros.
    - A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m.

- **Rugosidade do terreno**
  - Categoria III:
    - Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas.
    - **Exemplos**: granjas e casas de campo (com exceção das partes com matos), fazendas com sebes e/ou muros, subúrbios a considerável distância do centro, com casas baixas e esparsas.
    - A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3,0 m.

- **Rugosidade do terreno**
  - Categoria IV:
    - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada.
    - **Exemplos**: zonas de parques e bosques com muitas árvores, cidades pequenas e seus arredores, subúrbios densamente construídos de grandes cidades, áreas industriais plena ou parcialmente desenvolvidas.
    - A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 10 m.

- **Rugosidade do terreno**
  - Categoria V:
    - Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados.
    - **Exemplos:** florestas com árvores altas, de copas isoladas, centros de grandes cidades, complexos industriais bem desenvolvidos.
    - A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual ou superior a 25 m.

- **Dimensões da edificação**

  - Classe A (3 s)

    - Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. **Toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m.**

- **Dimensões da edificação**

  - Classe C (10 s)

    - Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

  - Anexo A da NBR 6123

    - Superfície frontal maior que 80 m.

- **Altura sobre o terreno**

$$S_2 = b\, F_r\, (z/10)^p$$

| Categoria | $z_s$ (m) | Parâmetro | Classes | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C |
| I | 250 | b | 1.10 | 1,11 | 1.12 |
| | | p | 0,06 | 0,065 | 0,07 |
| II | 300 | b | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | | F | 1,00 | 0,98 | 0,95 |
| | | p | 0,085 | 0,09 | 0,10 |
| III | 350 | b | 0,94 | 0,94 | 0,93 |
| | | p | 0,10 | 0,105 | 0,115 |
| IV | 420 | b | 0,86 | 0,85 | 0,84 |
| | | p | 0,12 | 0,125 | 0,135 |
| V | 500 | b | 0,74 | 0,73 | 0,71 |
| | | p | 0,15 | 0,16 | 0,175 |

- **Fator $S_2$**

| z (m) | Categoria I | | | Categoria II | | | Categoria III | | | Categoria IV | | | Categoria V | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Classe | | | Classe | | | Classe | | | Classe | | | Classe | | |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| ≤ 5 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,74 | 0,72 | 0,67 |
| 10 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,88 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0,74 | 0,72 | 0,67 |
| 15 | 1,13 | 1,12 | 1,09 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,90 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,72 |
| 20 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,82 | 0,80 | 0,76 |
| 30 | 1,17 | 1,17 | 1,15 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,05 | 1,03 | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,87 | 0,85 | 0,82 |
| 40 | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,91 | 0,89 | 0,86 |
| 50 | 1,21 | 1,21 | 1,19 | 1,15 | 1,13 | 1,12 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,94 | 0,93 | 0,89 |
| 60 | 1,22 | 1,22 | 1,21 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,04 | 1,02 | 0,97 | 0,95 | 0,92 |
| 80 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,01 | 1,00 | 0,97 |
| 100 | 1,26 | 1,26 | 1,25 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,05 | 1,03 | 1,01 |
| 120 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,07 | 1,06 | 1,04 |
| 140 | 1,29 | 1,29 | 1,28 | 1,25 | 1,24 | 1,24 | 1,22 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,10 | 1,09 | 1,07 |
| 160 | 1,30 | 1,30 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,12 | 1,11 | 1,10 |
| 180 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,28 | 1,27 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,14 | 1,14 | 1,12 |
| 200 | 1,32 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,21 | 1,20 | 1,16 | 1,16 | 1,14 |
| 250 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,23 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| 300 | - | - | - | 1,34 | 1,33 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,23 | 1,23 | 1,22 |
| 350 | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,30 | 1,29 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,29 | 1,29 |
| 420 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,35 | 1,35 | 1,33 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| 450 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,32 | 1,32 | 1,32 |
| 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,34 | 1,34 |

- **Fator Estatístico $S_3$**
  - Vida útil: 50 anos
  - Vo superado: 63%
  - adequados para edificações normais destinadas a moradias, hotéis, escritórios, etc. (grupo 2)
  - Anexo B da NBR 6123:1988:
    - Outros níveis de probabilidade
    - Outros períodos de exposição

- **Fator estatístico $S_3$**

| Grupo | Descrição | $S_3$ |
|---|---|---|
| 1 | Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.) | 1,10 |
| 2 | Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação | 1,00 |
| 3 | Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.) | 0,95 |
| 4 | Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.) | 0,88 |
| 5 | Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção | 0,83 |

# Velocidade e Pressão Dinâmica do Vento

- **Velocidade Característica**

$$V_k = V_o \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3$$

- **Pressão dinâmica**

$$q = 0{,}613 V_k^2$$

  - q em $N/m^2$ e $V_k$ em m/s

# Coeficientes de Pressão

- FORÇA DO VENTO ⟺ DIFERENÇA DE PRESSÃO

  – Pressão efetiva ($\Delta p$) em um ponto da superfície de uma edificação:

$$\Delta p = \Delta p_e - \Delta p_i$$

$\Delta p_e$ = pressão efetiva externa

$\Delta p_i$ = pressão efetiva interna

- Como

$$\Delta p_e = c_{pe} \cdot q \qquad c_{pe} = \text{coeficiente de pressão externa}$$

$$\Delta p_i = c_{pi} \cdot q \qquad c_{pi} = \text{coeficiente de pressão interna:}$$

- Vale também

$$\Delta p = (c_{pe} - c_{pi})\, q$$

Cpe +, Cpi +, $\Delta$p + => sobrepressão

Cpe -, Cpi -, $\Delta$p - => sucção

# Coeficientes de Forma

- Forças:

$$F = F_e - F_i$$

$F_e$ = força externa à edificação, agindo na superfície plana de área A

$F_i$ = força interna à edificação, agindo na superfície plana de área A

- De forma análoga

$$F = (C_e - C_i)\, q\, A$$

$C_e$ = coeficiente de forma externo: $C_e = F_e/q\ A$

$C_i$ = coeficiente de forma interno: $C_i = F_i/q\ A$

# Coeficientes de Força

- Força Global ➡ Soma vetorial das forças
- Força na direção do vento = Força de arrasto

$$F_a = C_a \, q \, A_e$$

$C_a$ = coeficiente de arrasto

$A_e$ = área frontal efetiva: área da projeção ortogonal da edificação, estrutura ou elemento estrutural sobre um plano perpendicular à direção do vento ("área de sombra")

# Exemplo Prático

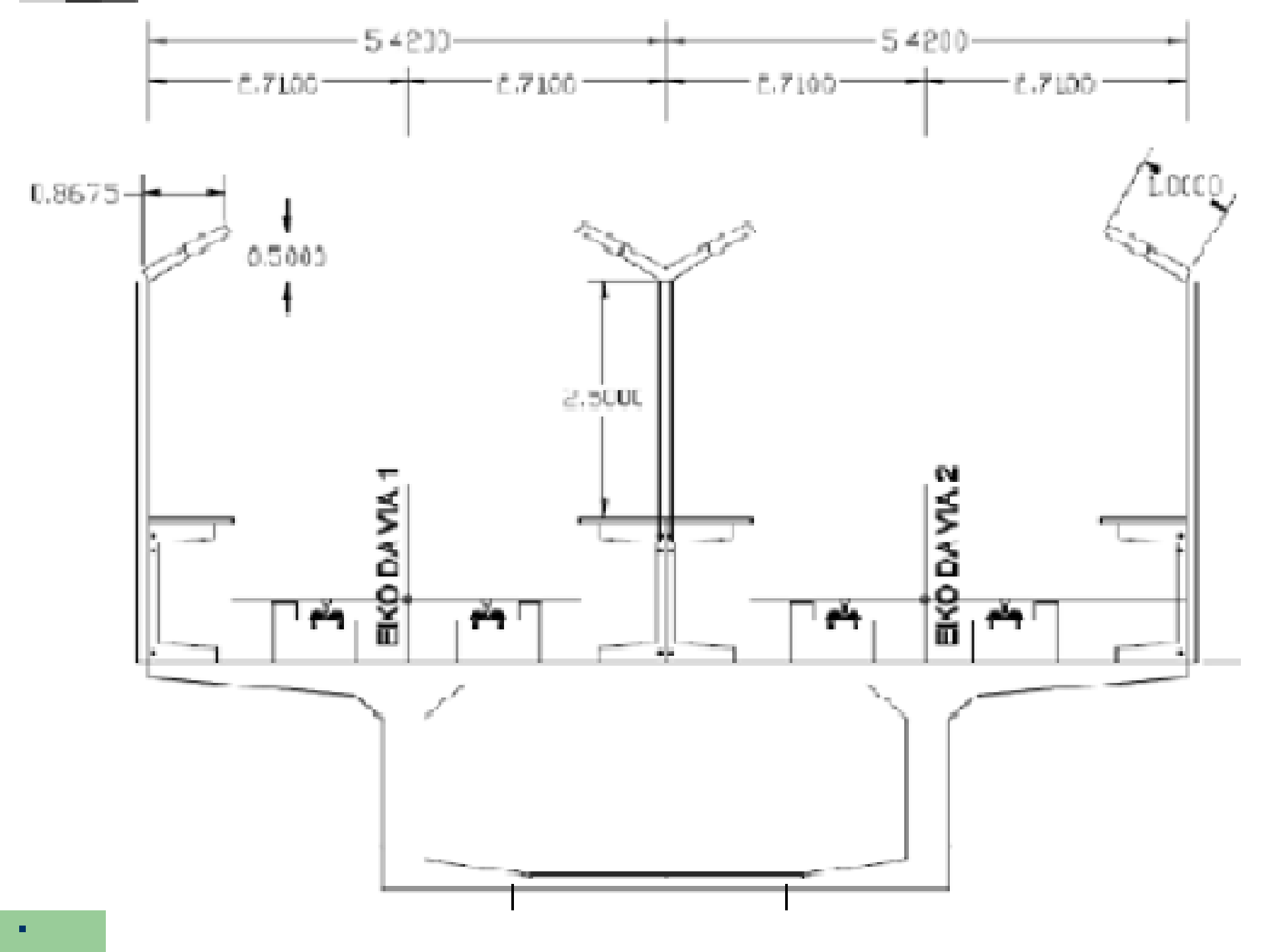
- Dimensionamento da estrutura suporte e de fixação da Barreira Acústica instalada no Metrô de São Paulo

- **Dados:**

- Localização: Cidade de São Paulo

- Altura: aproximadamente 20 m do solo

P7, P8, P9
P5, P6
© 2010 MapLink/Tele Atlas
Google
Data das imagens: 15 de Dez. de 2008
23°32'55.16"S 46°37'14.50"O elev. 733 m
Altitude do ponto de visão 2.40 km


5.200
5.200
6.7100
6.7100
6.7100
6.7100
0.8675
0.5000
2.5000
Locco
BKO DA VIA 1
BKO DA VIA 2

- **Fator topográfico $S_1$**

  – Terreno plano $S_1$= 1 ⇐ LOCAL DA OBRA

  – Vales protegidos $S_1$ = 0,9

  – Morros e Taludes – $S_1$ conforme cálculos apresentados

# Determinação do Fator S2 (rug, dim, alt)

| z (m) | Categoria I | | | Categoria II | | | Categoria III | | | Categoria IV | | | Categoria V | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Classe | | | Classe | | | Classe | | | Classe | | | Classe | | |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| ≤ 5 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0,74 | 0,72 | 0,67 |
| 10 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,88 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0,74 | 0,72 | 0,67 |
| 15 | 1,13 | 1,12 | 1,09 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,90 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,72 |
| 20 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,82 | 0,80 | 0,76 |
| 30 | 1,17 | 1,17 | 1,15 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,05 | 1,03 | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,87 | 0,85 | 0,82 |
| 40 | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,91 | 0,89 | 0,86 |
| 50 | 1,21 | 1,21 | 1,19 | 1,15 | 1,13 | 1,12 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,94 | 0,93 | 0,89 |
| 60 | 1,22 | 1,22 | 1,21 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,04 | 1,02 | 0,97 | 0,95 | 0,92 |
| 80 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,01 | 1,00 | 0,97 |
| 100 | 1,26 | 1,26 | 1,25 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,05 | 1,03 | 1,01 |
| 120 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,07 | 1,06 | 1,04 |
| 140 | 1,29 | 1,29 | 1,28 | 1,25 | 1,24 | 1,24 | 1,22 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,10 | 1,09 | 1,07 |
| 160 | 1,30 | 1,30 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,12 | 1,11 | 1,10 |
| 180 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,28 | 1,27 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,14 | 1,14 | 1,12 |
| 200 | 1,32 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,21 | 1,20 | 1,16 | 1,16 | 1,14 |
| 250 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,23 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| 300 | - | - | - | 1,34 | 1,33 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,23 | 1,23 | 1,22 |
| 350 | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,30 | 1,29 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,29 | 1,29 |
| 420 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,35 | 1,35 | 1,33 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| 450 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,32 | 1,32 | 1,32 |
| 500 | | | | | | | | | | | | | 1,34 | 1,34 | 1,34 |

**Depende:**

**Categoria**

**Classe**

# Determinação do Fator S2 (rug, dim, alt)

**Categoria II:**

Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas.

**Exemplos**: zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias, fazendas sem sebes ou muros.

A cota média do topo dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 m.

# Determinação do Fator S2 (rug, dim, alt)

## Classe C (10 s)

- Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

# Determinacão do Fator S2 (rug. dim, alt)

| z (m) | Categoria I | | | Categoria II | | | Categoria III | | | Categoria IV | | | Categoria V | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Classe A | Classe B | Classe C | Classe A | Classe B | Classe C | Classe A | Classe B | Classe C | Classe A | Classe B | Classe C | Classe A | Classe B | Classe C |
| ≤ 5 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,88 | 0,86 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 | 0 74 | 0,72 | 0,67 |
| 10 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,88 | 0,86 | 0,83 | 0,80 | 0.74 | 0,72 | 0,67 |
| 15 | 1,13 | 1,12 | 1,09 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,90 | 0,88 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,72 |
| 20 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,91 | 0,88 | 0,82 | 0,80 | 0,76 |
| 30 | 1,17 | 1,17 | 1,15 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,05 | 1,03 | 1,00 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,87 | 0,85 | 0,82 |
| 40 | 1,20 | 1,19 | 1,17 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,08 | 1,06 | 1,04 | 1,01 | 0,99 | 0,96 | 0,91 | 0,89 | 0,86 |
| 50 | 1,21 | 1,21 | 1,19 | 1,15 | 1,13 | 1,12 | 1,10 | 1,09 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 0,99 | 0,94 | 0,93 | 0,89 |
| 60 | 1,22 | 1,22 | 1,21 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,12 | 1,11 | 1,09 | 1,07 | 1,04 | 1,02 | 0 97 | 0,95 | 0,92 |
| 80 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,10 | 1,08 | 1,06 | 1,01 | 1,00 | 0,97 |
| 100 | 1,26 | 1,26 | 1,25 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,13 | 1,11 | 1,09 | 1,05 | 1,03 | 1,01 |
| 120 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,12 | 1,07 | 1,06 | 1,04 |
| 140 | 1,29 | 1,29 | 1,28 | 1,25 | 1,24 | 1,24 | 1,22 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1,14 | 1,10 | 1,09 | 1,07 |
| 160 | 1,30 | 1,30 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,16 | 1 12 | 1,11 | 1,10 |
| 180 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,28 | 1,27 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,22 | 1,20 | 1,18 | 1,14 | 1,14 | 1,12 |
| 200 | 1,32 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,28 | 1,28 | 1,27 | 1,26 | 1,25 | 1,23 | 1,21 | 1,20 | 1,16 | 1,16 | 1,14 |
| 250 | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,31 | 1,31 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,23 | 1,20 | 1,20 | 1,18 |
| 300 | - | - | - | 1,34 | 1,33 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,27 | 1,26 | 1 23 | 1,23 | 1,22 |
| 350 | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,30 | 1,29 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,34 | 1,32 | 1,32 | 1,29 | 1,29 | 1,29 |
| 420 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,35 | 1,35 | 1,33 | 1 30 | 1,30 | 1,30 |
| 450 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,32 | 1,32 | 1,32 |
| 500 | | | | | | | | | | | | | 1,34 | 1,34 | 1,34 |

**Categoria: II**

**Classe: C**

**S2 = 1,02**

# Determinação do Fator Estatístico - S3

| Grupo | Descrição | $S_3$ |
|---|---|---|
| 1 | Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.) | 1,10 |
| 2 | Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação | 1,00 |
| 3 | Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.) | 0,95 |
| 4 | Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.) | 0,88 |
| 5 | Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção | 0,83 |

**S3 = 1,00**

# Determinação da Velocidade Característica do Vento - Vk

$$V_k = V_0 . S_1 . S_2 . S_3$$

$V_0$ = 40 m/s (velocidade básica do vento)

$S_1$ = 1,0 (fator topográfico)

$S_2$ =1,02 (rugosidade, dimensões e altura)

$S_3$ =1,0 (fator estatístico)

$$V_k = 40 . 1,0 . 1,02 . 1,0$$

$$\boxed{V_k = 40,8 \text{ m/s}}$$

# Determinação da Pressão Dinâmica do Vento - q

$$q = 0{,}613.V_k^2$$

$V_k$ = 40,8 m/s – velocidade característica do vento

$$q = 0{,}613.40{,}8^2$$

$$\boxed{q = 1020{,}42\ N/m^2}$$

# Cálculo da Força devida ao Vento

$$F = C_f \cdot q \cdot A$$

$C_f$ – coeficiente de força

q – pressão dinâmica

A – área de referência

$C_f$ = 0,7 para sobrepressão

$C_f$ = -0,5 para sucção

$A = 2,0 \times 4,5 = 9\ m^2$

| Sobrepressão | Sucção |
|---|---|
| F = 0,7. 1020,42 .9 | F = -0,5. 1020,42 .9 |
| F = 6428,65 N = 6,43 kN | F = -4591,89 N = -4,6 kN |

# Cálculo da Força devida ao Vento

$$F = C_f \cdot q \cdot A$$

$C_f$ – coeficiente de força

q – pressão dinâmica

A – área de referência

$C_f$ = 0,7 para sobrepressão

$C_f$ = -0,5 para sucção

$A = 2,0 \times 4,5 = 9\ m^2$

| Sobrepressão | Sucção |
|---|---|
| F = 0,7. 1020,42 .9 | F = -0,5. 1020,42 .9 |
| F = 6428,65 N = 6,43 kN | F = -4591,89 N = -4,6 kN |

# Exemplo 02

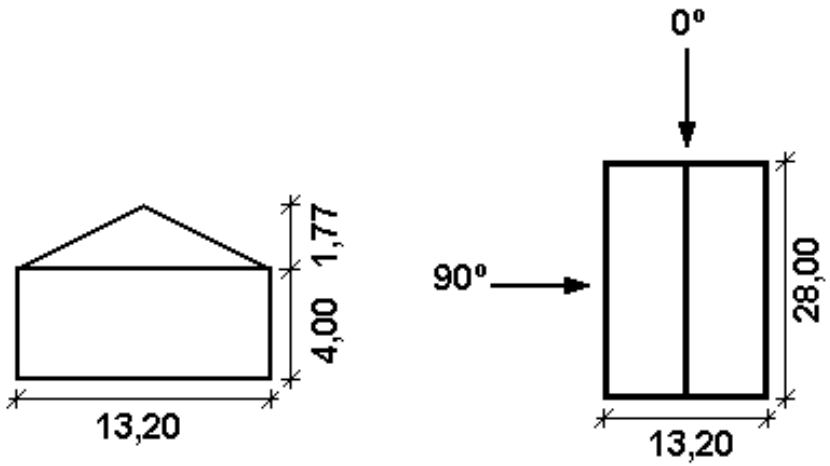
Determinação da Ação dos Ventos sobre a Estrutura

Região de Ilha Solteira $\Rightarrow V_0 = 40$ m/s

Topografia plana $\Rightarrow S_1 = 1,0$

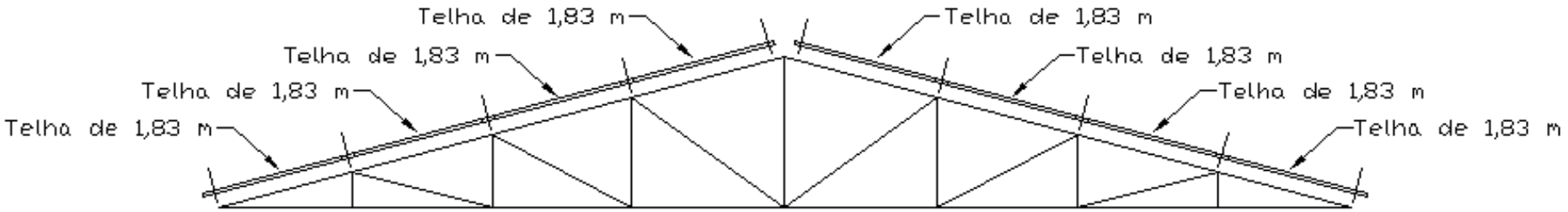
$S_2 \Rightarrow$ Categoria IV

Dimensões da Estrutura



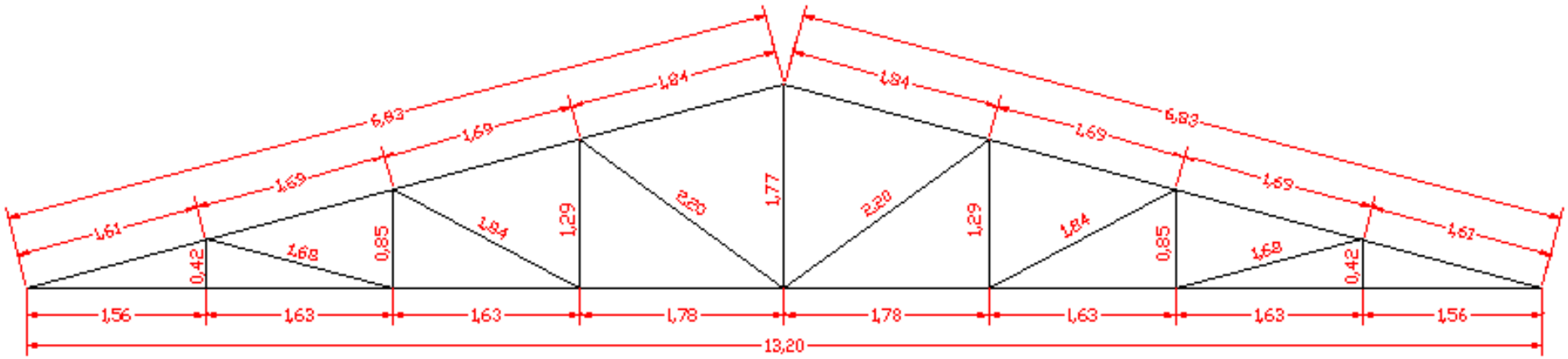
# Exemplo 02

Vão livre: 13,20 m
Comprimento da edificação: 28,00 m
Telha recomendada: cimento amianto ondulada de 6 mm
Pé direito: 4,00 m
Madeira: C-60
Ângulo de inclinação do telhado: 15º



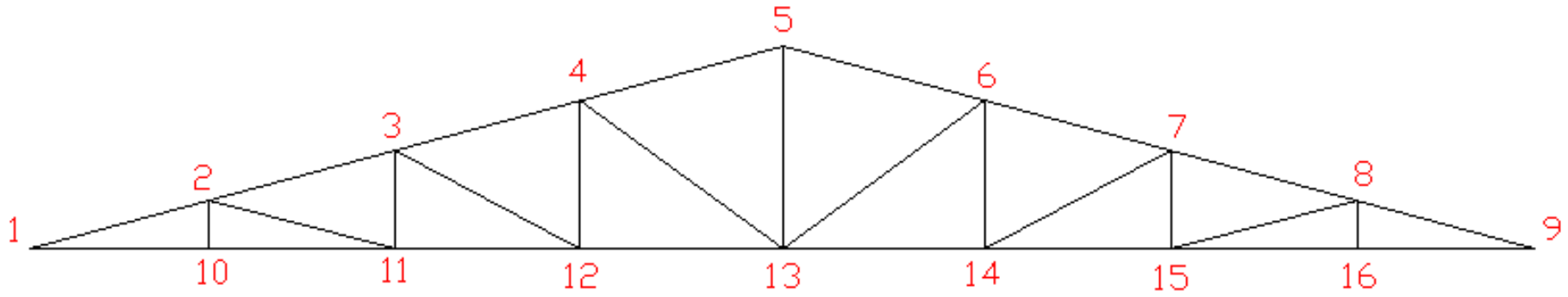
# Exemplo 02

**ESQUEMA DA TRELIÇA (sem escala) - Medidas em metros**



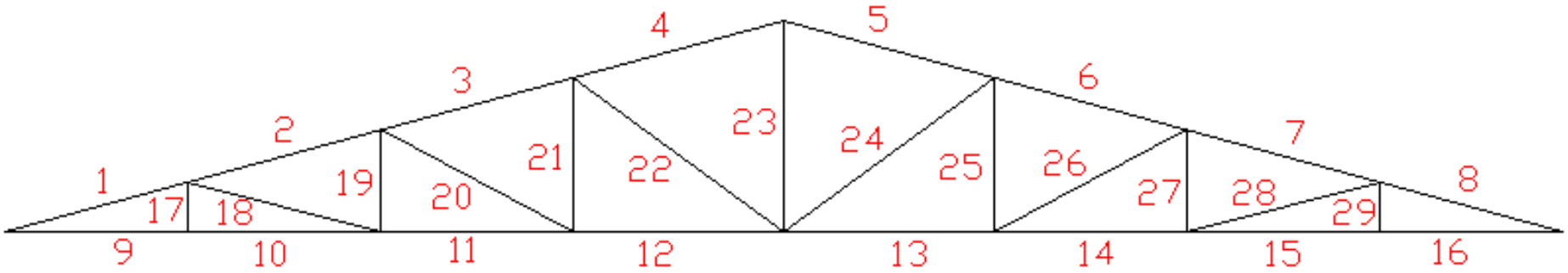
# Exemplo 02

**ESQUEMA DOS NÓS DA TRELIÇA (sem escala)**



# Exemplo 02

**ESQUEMA DAS BARRAS DA TRELIÇA (sem escala)**



# Exemplo 02

.

$$\begin{cases} Para\ Vento\ 0^{o} \Rightarrow classe\ A \Rightarrow S_2 = 0{,}86 \\ Para\ Vento\ 90^{o} \Rightarrow classe\ B \Rightarrow S_2 = 0{,}83 \end{cases}$$

$$z = 5{,}73m$$

$S_3 \Rightarrow$ Grupo 3 $\Rightarrow S_3 = 0{,}95$

$$V_R = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3$$

$$\begin{cases} Vento\ 0^{o} \Rightarrow V_R = 32{,}68m/s \\ Vento\ 90^{o} \Rightarrow V_R = 31{,}54m/s \end{cases}$$

$$q = 0{,}0613 \times V_R^{\ 2}$$

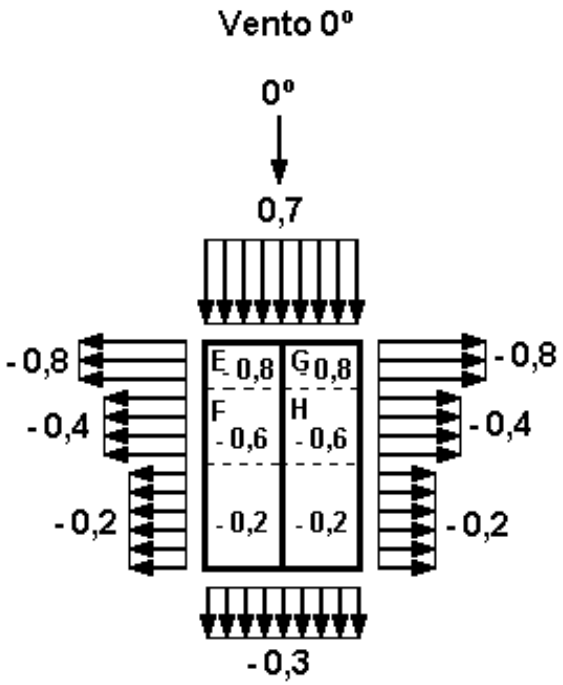
$$\begin{cases} Vento\ 0^{o} \Rightarrow q = 65{,}47m/s \\ Vento\ 90^{o} \Rightarrow q = 60{,}98m/s \end{cases}$$

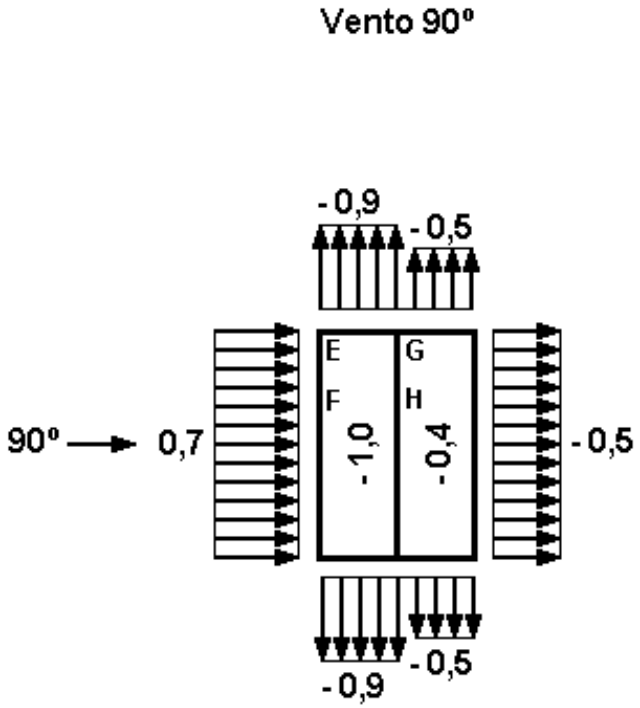
# Exemplo 02

Determinação dos Coeficientes de Pressão Externa

.

$$\frac{h}{b} = \frac{4{,}0}{13{,}2} = 0{,}303 \qquad \frac{a}{b} = \frac{28}{13{,}2} = 2{,}12$$



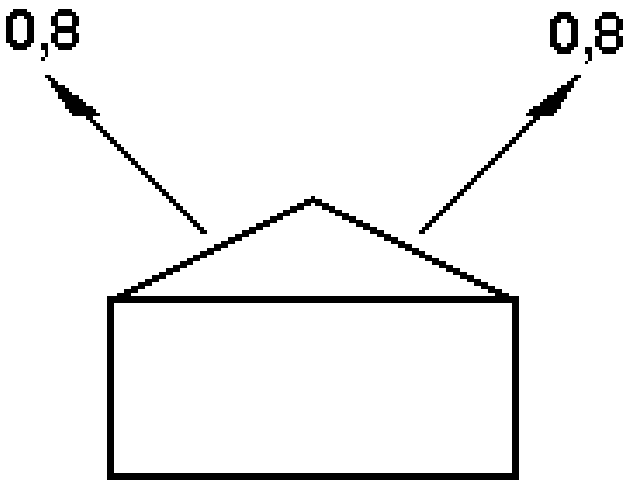



# Exemplo 02

Determinação dos Coeficientes de Pressão Interna
Para as 4 faces permeáveis

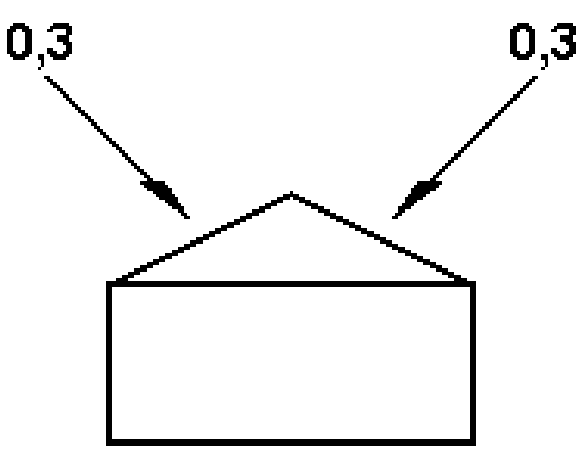
$$\begin{cases} C_{pi} = 0 \quad ou \\ C_{pi} = -0{,}3 \end{cases}$$

Determinação das Condições mais Críticas
1º - Vento 0º (Sucção)

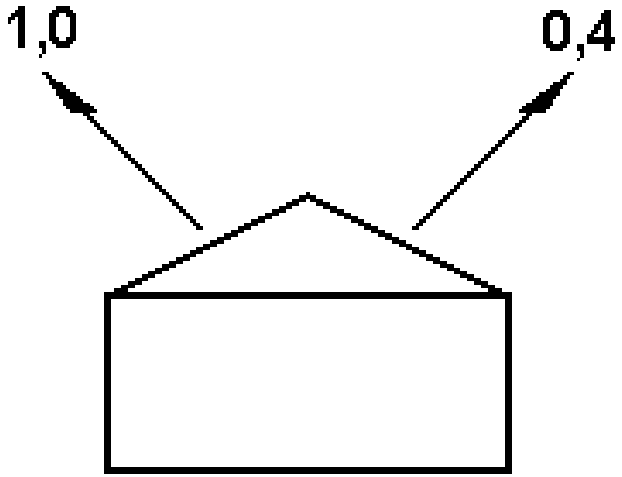


# Exemplo 02

2º - Vento 0º (Sobrepressão)




3º - Vento 90º (Sucção)




Combinações

$$1 \Rightarrow \rho_g\left(perm\right) + \rho_g \times 0{,}75 \times \left(2^{o}\, cond\right)$$

$$2 \Rightarrow \rho_g\left(perm\right) + \rho_g \times 0{,}75 \times \left(1^{o}\, cond\right)$$

$$3 \Rightarrow \rho_g\left(perm\right) + \rho_g \times 0{,}75 \times \left(3^{o}\, cond\right)$$

$\rho_g$ = 1,4 (ação de grande variabilidade) efeito desfavorável
$\rho_g$ = 0,9 (ação de grande variabilidade) efeito favorável
$\rho_g$ = 1,4 (ação variável)
0,75 (fator de redução - curta duração - vento)

Determinação dos Carregamentos Variáveis

A força no nó é dada por $F = C_p \times q \times A$

1º Condição: Vento 0º (Sucção)

$$Nó\,1\ e\ Nó\,9 \Rightarrow F = 0{,}8 \times 65{,}47 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}61}{2}\right) \times 4{,}66 = 233{,}09\,kg$$

$$Nó\,2\ e\ Nó\,8 \Rightarrow F = 0{,}8 \times 65{,}47 \times \left(\frac{1{,}61 + 1{,}67}{2}\right) \times 4{,}66 = 402{,}72\,kg$$

$$Nó\,3\ e\ Nó\,7 \Rightarrow F = 0{,}8 \times 65{,}47 \times (1{,}69) \times 4{,}66 = 412{,}48\,kg$$

$$Nó\,4\ e\ Nó\,6 \Rightarrow F = 0{,}8 \times 65{,}47 \times (1{,}765) \times 4{,}66 = 430{,}79\,kg$$

$$Nó\,5 \Rightarrow F = 0{,}8 \times 65{,}47 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}69}{2}\right) \times 4{,}66 = 242{,}85\,kg$$

# 2º Condição: Vento 0º (Sobrepressão)

.

$$Nó\,1\,e\,Nó\,9 \Rightarrow F = 0{,}3 \times 65{,}47 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}61}{2}\right) \times 4{,}66 = 87{,}41\,kg$$

$$Nó\,2\,e\,Nó\,8 \Rightarrow F = 0{,}3 \times 65{,}47 \times \left(\frac{1{,}61 + 1{,}67}{2}\right) \times 4{,}66 = 151{,}02\,kg$$

$$Nó\,3\,e\,Nó\,7 \Rightarrow F = 0{,}3 \times 65{,}47 \times (1{,}69) \times 4{,}66 = 154{,}68\,kg$$

$$Nó\,4\,e\,Nó\,6 \Rightarrow F = 0{,}3 \times 65{,}47 \times (1{,}765) \times 4{,}66 = 161{,}54\,kg$$

$$Nó\,5 \Rightarrow F = 0{,}3 \times 65{,}47 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}69}{2}\right) \times 4{,}66 = 91{,}07\,kg$$

## 3º Condição: Vento 90º (Sucção)

# 3º Condição: Vento 90º (Sucção)

.

$$Nó\,1 \Rightarrow F = 1{,}0 \times 60{,}98 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}61}{2}\right) \times 4{,}66 = 271{,}38\,kg$$

$$Nó\,2 \Rightarrow F = 1{,}0 \times 60{,}98 \times \left(\frac{1{,}61 + 1{,}67}{2}\right) \times 4{,}66 = 468{,}88\,kg$$

$$Nó\,3 \Rightarrow F = 1{,}0 \times 60{,}98 \times (1{,}69) \times 4{,}66 = 480{,}24\,kg$$

$$Nó\,4 \Rightarrow F = 1{,}0 \times 60{,}98 \times (1{,}765) \times 4{,}66 = 501{,}55\,kg$$

$$Nó\,5 \Rightarrow F = 1{,}0 \times 60{,}98 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}69}{2}\right) \times 4{,}66 = 522{,}87\,kg$$

$$Nó\,5 \Rightarrow F = 0{,}4 \times 60{,}98 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}69}{2}\right) \times 4{,}66 = 209{,}15\,kg$$

$$Nó\,6 \Rightarrow F = 0{,}4 \times 60{,}98 \times (1{,}765) \times 4{,}66 = 200{,}62\,kg$$

$$Nó\,7 \Rightarrow F = 0{,}4 \times 60{,}98 \times (1{,}69) \times 4{,}66 = 192{,}10\,kg$$

$$Nó\,8 \Rightarrow F = 0{,}4 \times 60{,}98 \times \left(\frac{1{,}61 + 1{,}67}{2}\right) \times 4{,}66 = 187{,}55\,kg$$

$$Nó\,9 \Rightarrow F = 0{,}4 \times 60{,}98 \times \left(0{,}15 + \frac{1{,}61}{2}\right) \times 4{,}66 = 108{,}55\,kg$$

# ***Determinação dos Esforços Normais nas Barras:***

- ***Carga Permanente + Vento 90º (Sucção)***
- Carga Permanente + Vento 0º (Sucção)
- ***Carga Permanente + Vento 0º (Sobrepressão)***

- ***Madeiras:***
- Verificações para Peças Curtas
- Verificações para Peças Esbeltas

# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

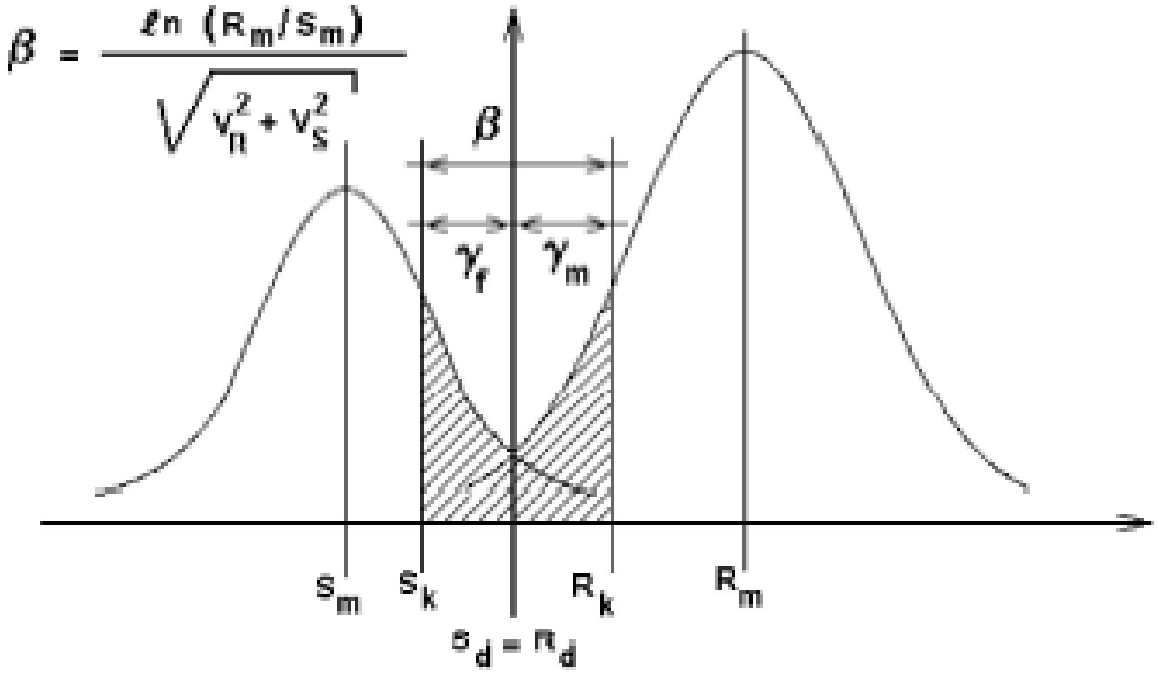
- NBR 8681:2004 – Fixa as condições de segurança para as estruturas usuais.

- Método dos estados limites: Estados limites últimos e Estados Limites de serviço.

- Genericamente: $\left(S_d \leq R_d\right)$

# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

- $S_d$ : Efeito das ações e $R_d$ : Resistência da estrutura



# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

- Resistência: aptão do material de suportar tensões.
- Resistência Característica;
- Resistência de cálculo.

# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

- Conceito de ação;
- Tipos de ações – valores nominais;
- Combinação das ações – valores de projeto.
  - Para estados limites últimos;

$$F_d = \sum_{i=1}^{m} \left( \gamma_{g_i} \cdot F_{G_{i,k}} \right) + \gamma_{q1} F_{Q_{1,k}} + \sum_{j=2}^{n} \left( \gamma_{qj} \Psi_{0j,ef} \cdot F_{Q_{j,k}} \right)$$

# AÇÕES E SEGURANÇA NAS ESTRUTURAS

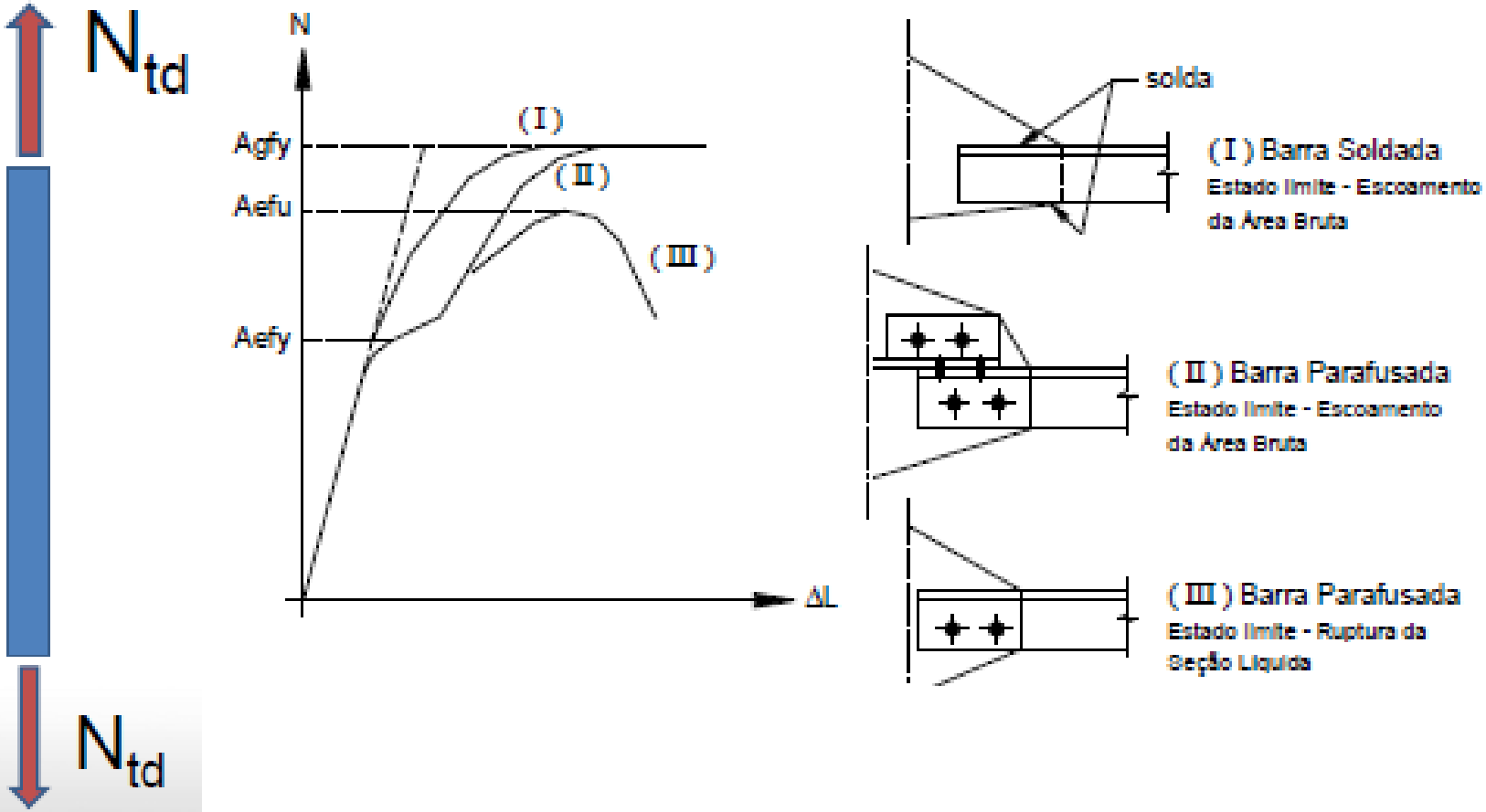
- Combinação das ações.
  - Para estados limites de serviço;

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^{m} F_{G_{i,k}} + \sum_{j=2}^{n} \Psi_{2j} F_{Q_{j,k}}$$

- Exemplo de ações e combinações.

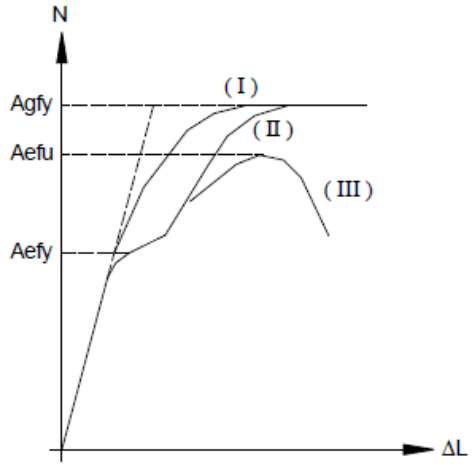
# BARRAS TRACIONADAS

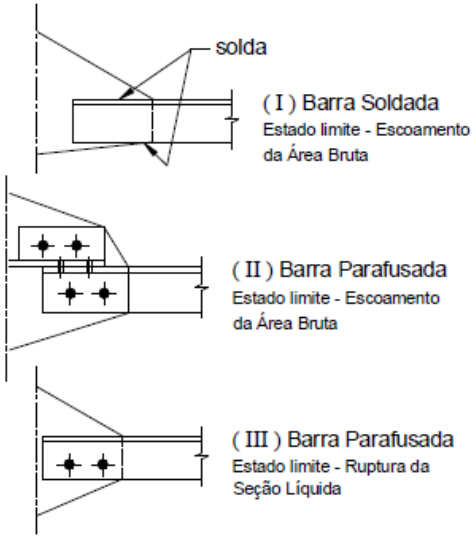
## Comportamento:



# BARRAS TRACIONADAS

## Resistência de cálculo:




Escoamento da área bruta:

$$N_{t,Rd} = {A_g f_y}/{\gamma_{a1}}$$

Ruptura da área liquida efetiva:

$$N_{t,Rd} = {A_e f_y}/{\gamma_{a2}}$$

$A_g$ = *área bruta*

$A_n$ = *área líquida*

$A_e = C_t A_n$ ⟹ $C_t$ = *Coeficiente de redução de* $A_n$

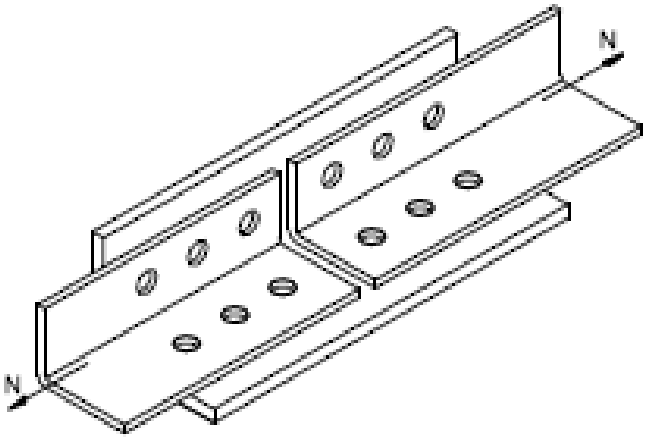
# BARRAS TRACIONADAS

**Áreas de cálculo:**

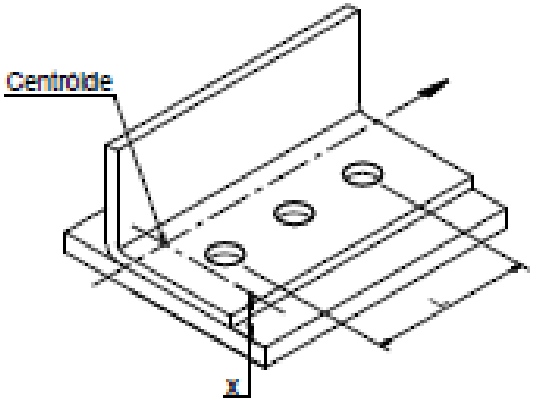
Área bruta: é a área do perfil.

Área líquida: é a área bruta diminuída de furos, recortes, etc.

$C_t$ : depende do projeto da ligação. Exemplos




$C_t = 1{,}0$




$$C_t = 1 - \frac{e_c}{L_c}$$