

Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica (PEF)

PEF3402 - Estruturas de aço



Profs. Eduardo de Moraes Barreto Campello (T. 1)
Henrique C. Gomes (T. 2)

Centro Cultural Itaú

Av. Paulista
São Paulo



Edifício San Paolo

Av. Faria Lima, São Paulo
98m



Centro Empresarial do Aço

Metrô Conceição

São Paulo



Estação Santo Amaro
(CPTM)
São Paulo



Edifício Garagem

Aeroporto de Congonhas

São Paulo



Shopping Frei Caneca

São Paulo



Shopping Santa Cruz

São Paulo



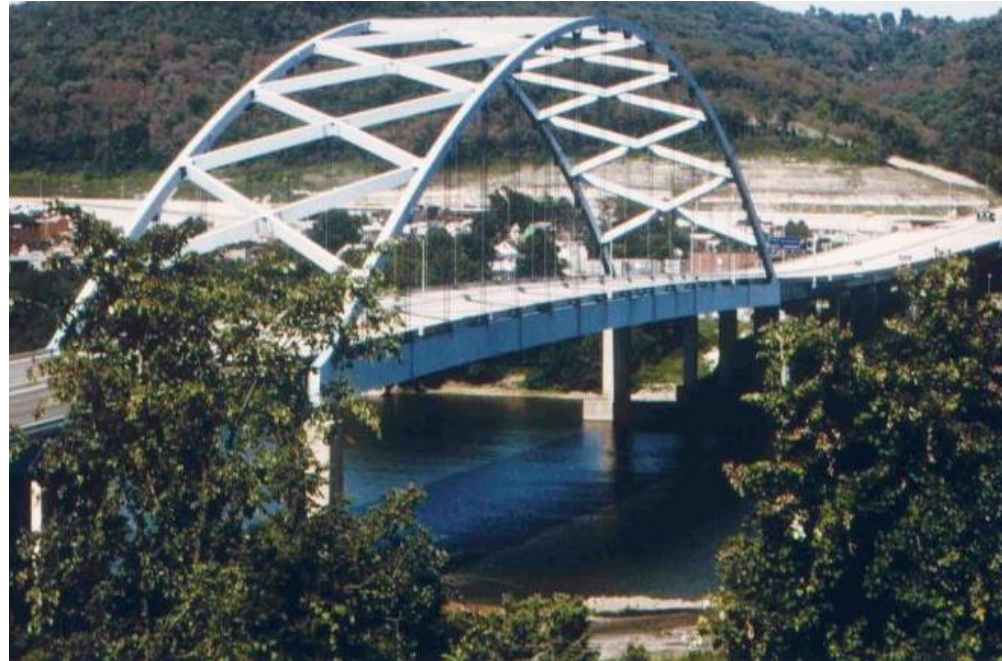


Shopping Iguatemi
São Paulo

Shopping Ibirapuera
(estacionamento)
São Paulo



Pontes e viadutos



Galpões industriais



Estruturas temporárias





Edifício de interesse social (HIS)
Heliópolis (SP)

HIS
Belo Horizonte/MG





Edifícios de pequeno porte
Clínica Pistelli – Moema
São Paulo

Escolas
São Paulo



O aço estrutural



Produção Mundial de Aço Bruto

País	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Japão	99,6	98,3	101,6	98,8	104,5	93,5	94,2
China	89,5	91,5	93,1	100,4	108,9	114,6	123,8
EUA	88,8	88,9	92,9	94,7	98,5	98,7	97,3
Rússia	58,3	48,8	51,4	49,2	48,5	43,8	51,5
Alemanha	37,6	40,8	41,8	39,8	45,0	44,0	42,1
Coréia do Sul	33,0	33,7	36,7	38,9	42,6	39,9	41,0
Ucrânia	32,4	23,8	21,8	23,3	25,6	24,4	27,2
Brasil	25,2	25,7	25,1	25,2	26,2	25,8	25,0
Itália	25,7	26,2	27,6	24,3	25,8	25,7	24,9
Índia	18,1	18,2	20,3	21,8	24,4	23,5	24,3
França	17,1	18,0	18,1	17,6	19,8	20,1	20,2
Reino Unido	16,6	17,3	17,6	18,0	18,5	17,3	16,3
Outros	188,6	192,5	182,3	200,0	210,5	203,4	199,0
Total Geral	730,5	723,7	730,3	752,0	798,8	776,9	786,8

2017

Ch – 683
 Jp -108
 EUA - 86
 Ind – 72
 Rus - 69
 Cor – 68
 Al – 44
 Ucr – 35
 Br – 35
 Turq – 34
 It – 28
 Taiw – 22
 Mex – 18
 Fr – 16
 Tot – 1490

Consumo mundial de aço bruto per capita

País	kg/pessoa/ano
Japão	567
Coréia do Sul	560
Itália	554
USA	494
Alemanha	485
Espanha	419
Chile	148
Argentina	143
México	135
Brasil	96

Características das Estruturas de Aço



3 aspectos:

- corrosão
- incêndio
- custo





1. CORROSÃO

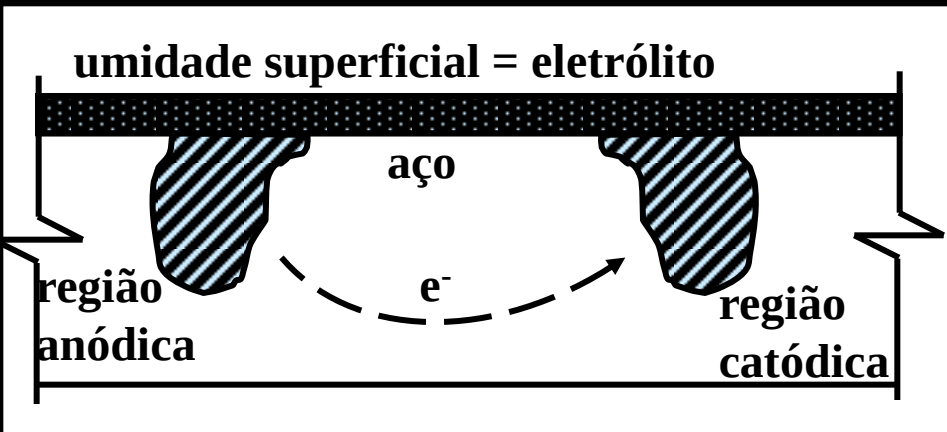
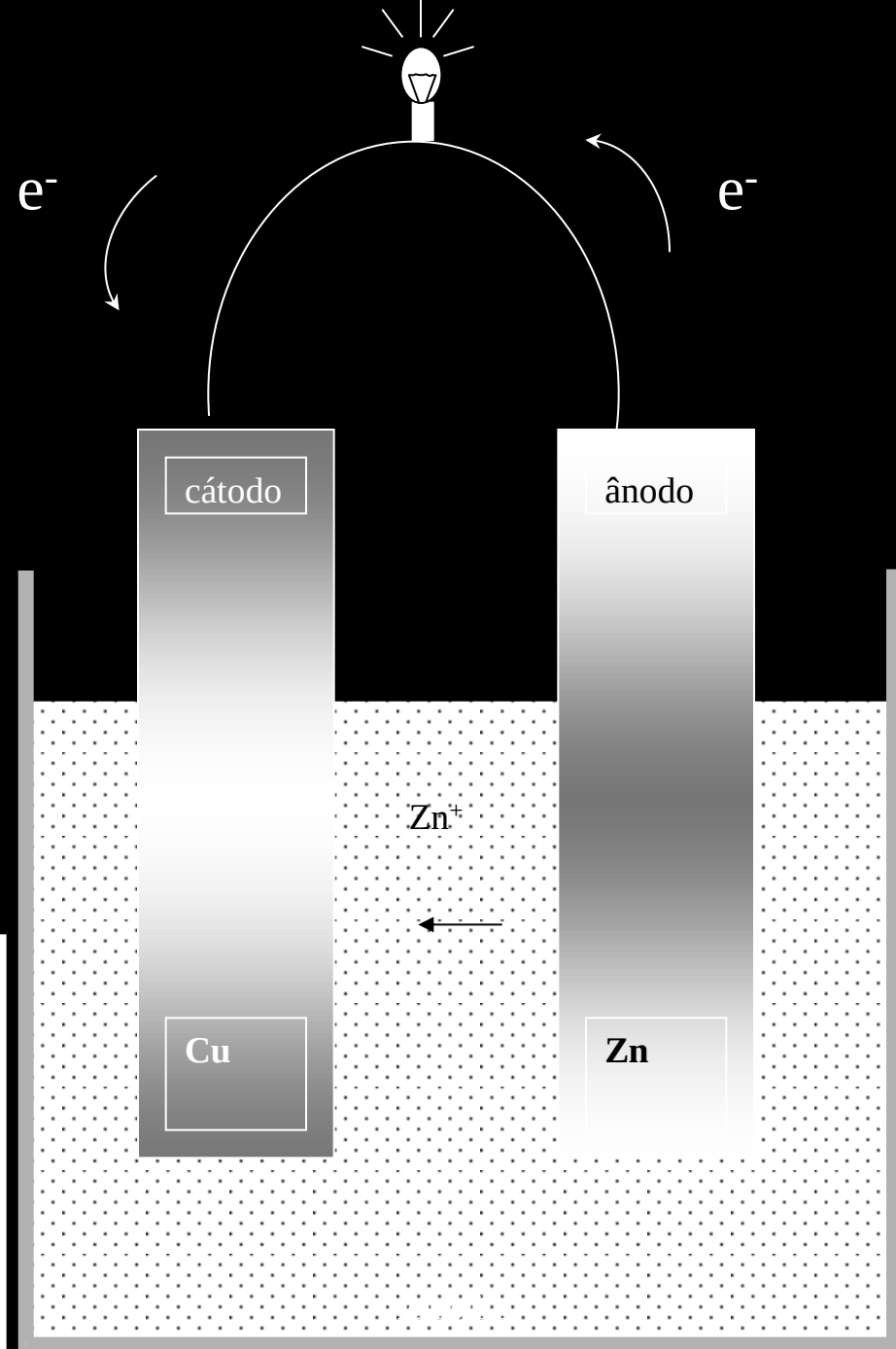
As estruturas, de qualquer material, são afetadas pela corrosão.

Modos de minorar o efeito da corrosão:
especificação de materiais, detalhes de projeto, cuidados na execução, proteção, manutenção, etc.

1. CORROSÃO

Mecanismo: bateria

Dois metais imersos em uma solução condutora (eletrólito) provocam a passagem de corrente elétrica e o desgaste de um dos metais (ânodo).



1. CORROSÃO

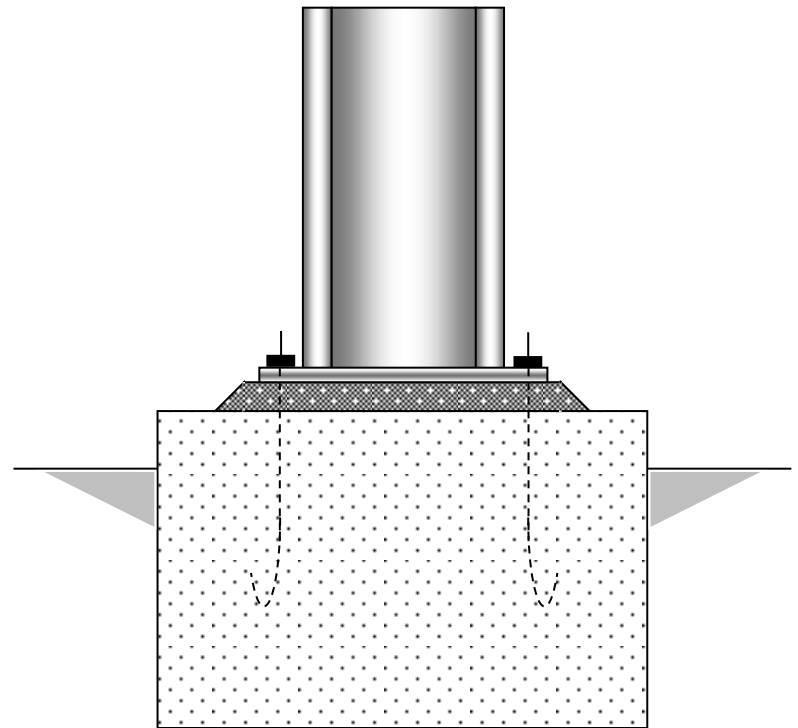
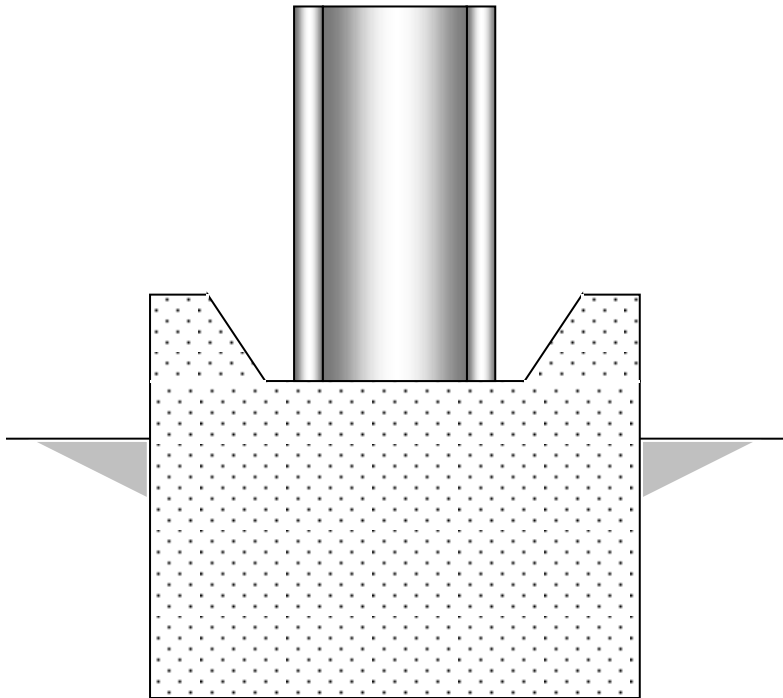
Durabilidade:

- detalhes de projeto
- proteção
 - galvanização
 - pintura
- materiais
 - uso de aços resistentes à corrosão



1. CORROSÃO

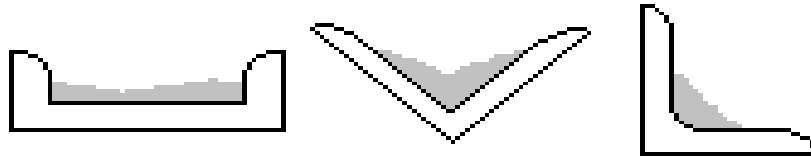
detalhes de projeto:



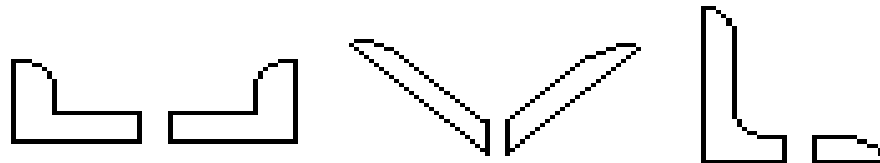
1. CORROSÃO

detalhes de projeto:

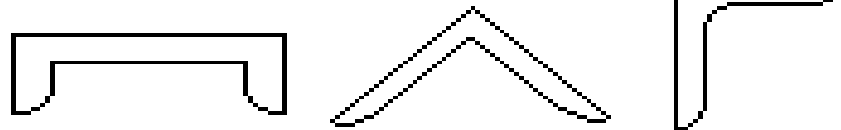
inadequado



melhor

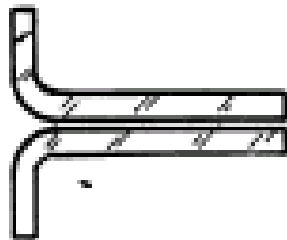


ideal

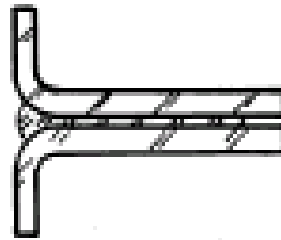


1. CORROSÃO

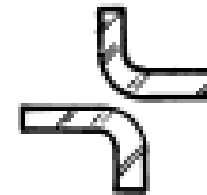
detalhes de projeto:



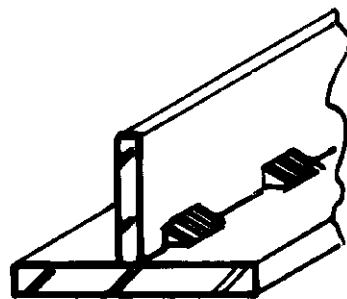
RUIM



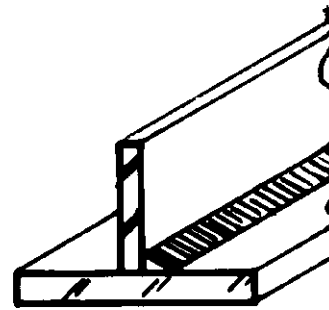
MELHOR



IDEAL



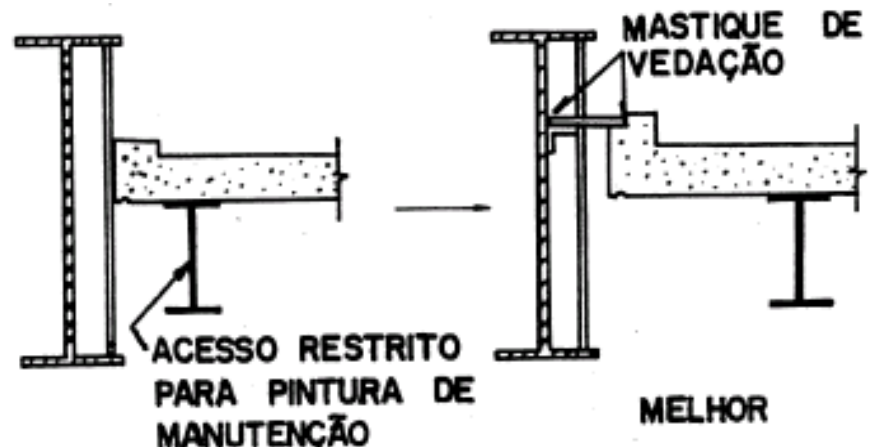
RUIM



IDEAL

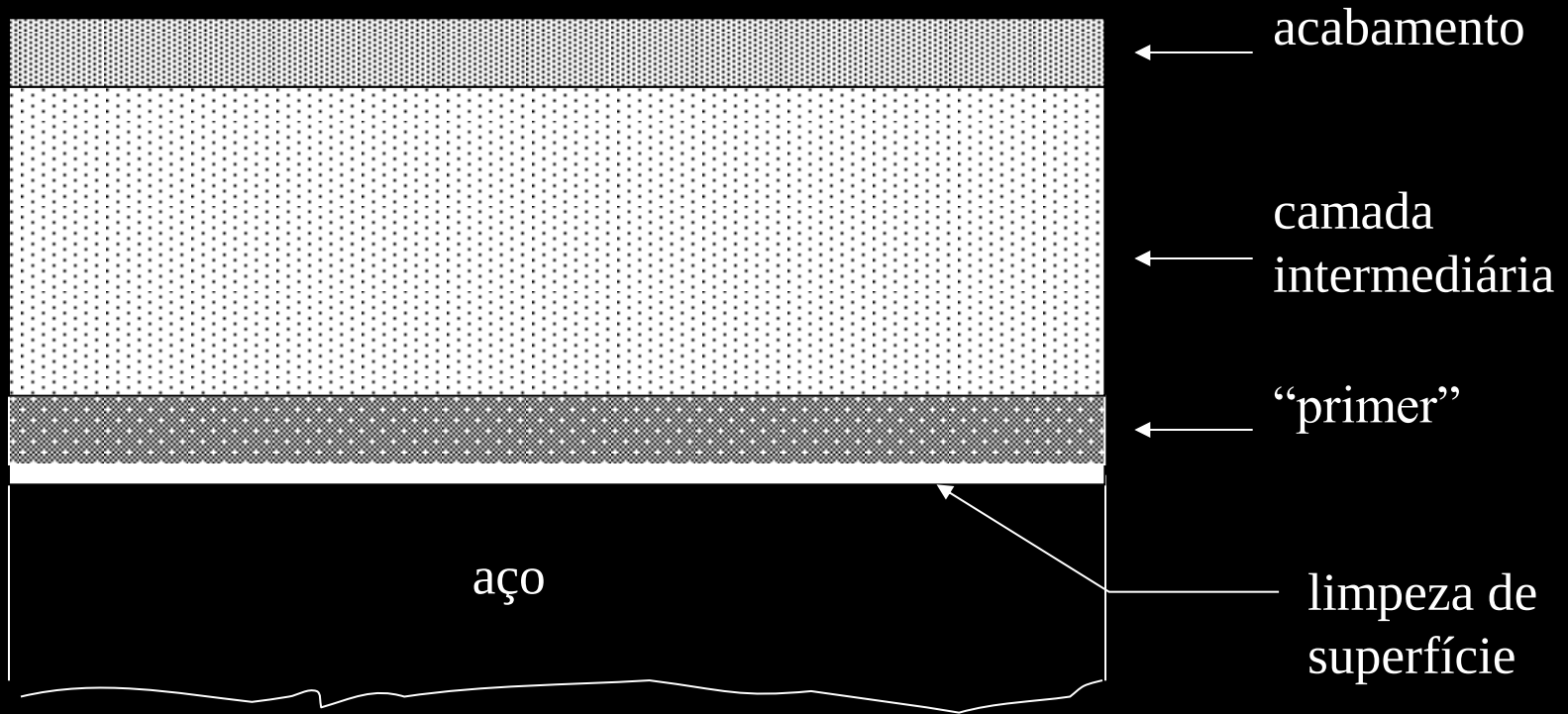
1. CORROSÃO

detalhes de projeto:



1. CORROSÃO

Proteção: pintura



1. CORROSÃO

**Uso de aços resistentes à corrosão
(aços corten ou patináveis)**



2. INCÊNDIO

As estruturas, de qualquer material, diminuem sua capacidade resistente a altas temperaturas

A engenharia resolve o problema

2. INCÊNDIO

- ◆ NBR 14432:2000 "Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações"
- ◆ NBR 14323:2012 "Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio"
- ◆ NBR 15200:2012 "Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio"

Disciplina optativa do PEF (segundos semestres)

PEF3518 - Projeto de estruturas em situação de incêndio

Prof. Valdir Pignatta

- ◆ Estruturas de aço
- ◆ Estruturas de concreto

3. CUSTO

Fatores que compõem o custo de uma estrutura de aço:

quantidade (peso) de aço, mão-de-obra de fabricação e montagem, concepção da estrutura (menos peças pode ser mais decisivo do que menos aço), fundação, etc.

Não importa apenas o custo da estrutura em si, mas também as vantagens econômicas agregadas à obra/empreendimento



3. CUSTO

- Alta resistência e alto módulo de elasticidade
- Fabricação fora do local da obra
- Qualidade de fabricação



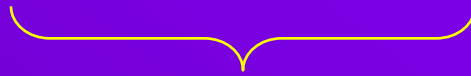
- Baixo peso =>
 - redução de esforços nas fundações
 - facilidade de montagem
- Confiabilidade precisão de medidas =>
 - economia no revestimento
- Rapidez de execução =>
 - retorno de investimento mais rápido
- Redução de perdas
- Facilidade de ampliações e desmontagens
- Reciclagem (sustenbabilidade)

O que é o aço?

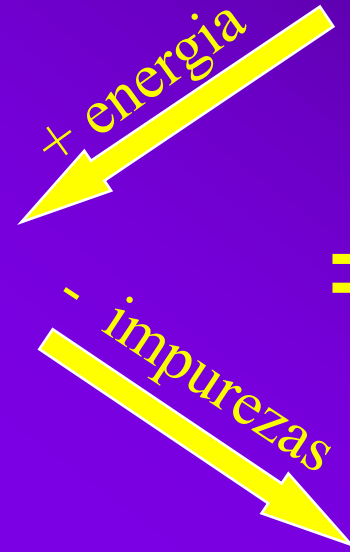
ferro + **carbono** = **aço**



minério de ferro
+
impurezas



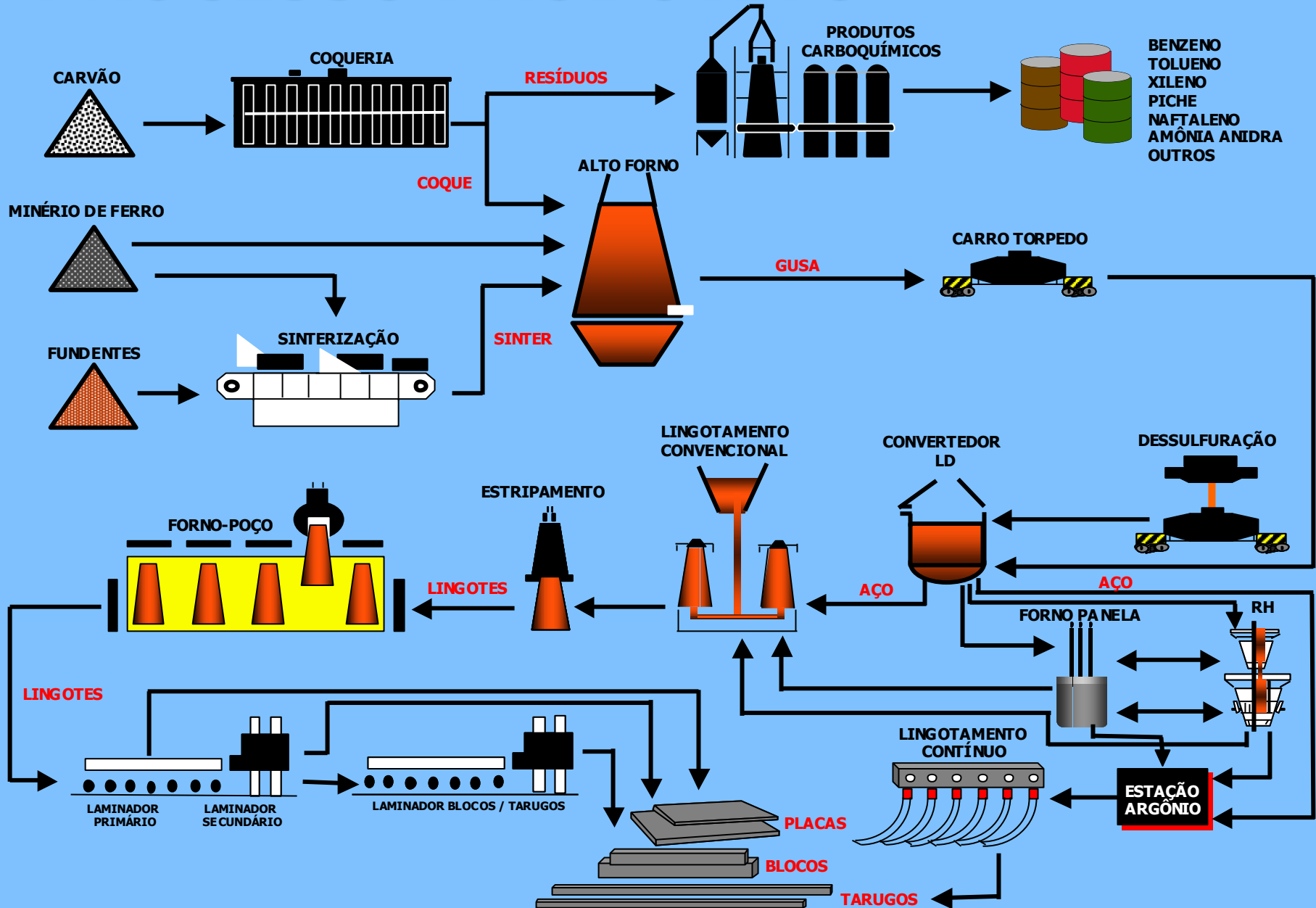
minério de carvão
+
impurezas



A fabricação do aço

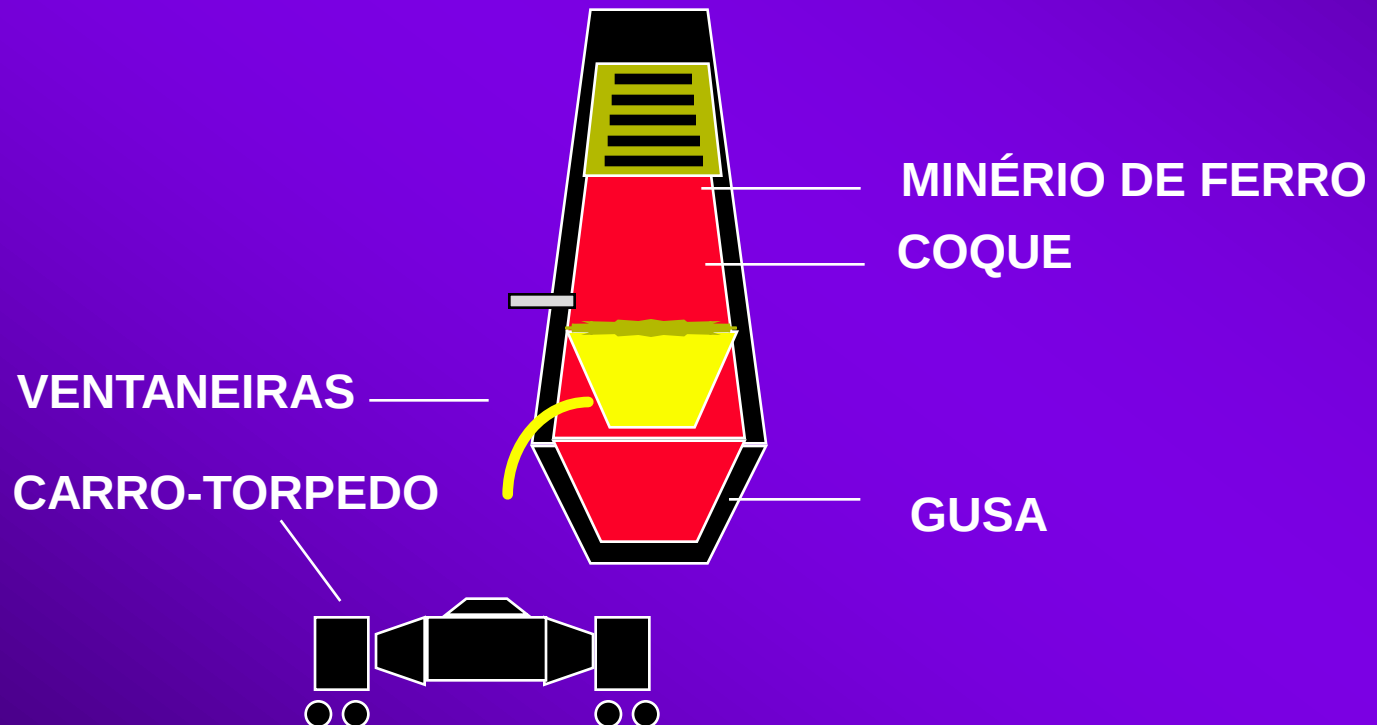


PROCESSO PRODUTIVO

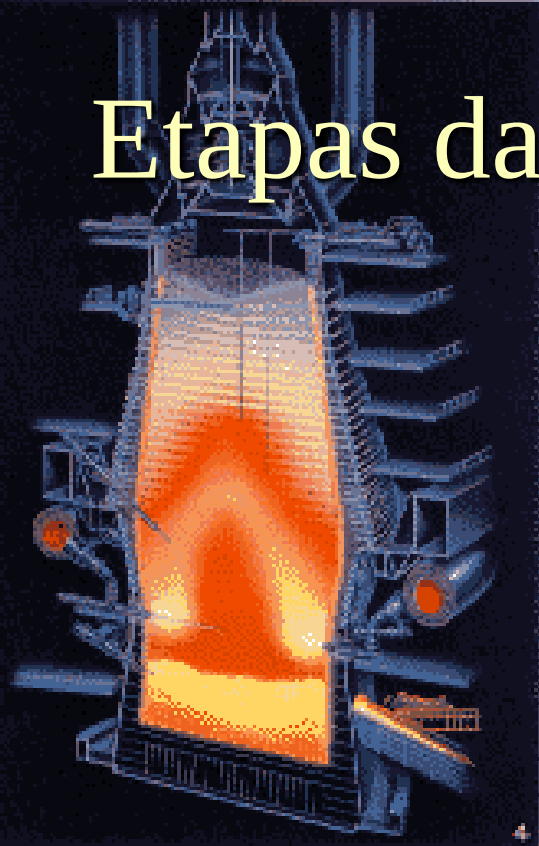


Etapas da fabricação do aço

- ◆ Redução do minério de ferro:
ocorre no ALTO-FORNO



Etapas da fabricação do aço



Alto-forno



Etapas da fabricação do aço



casa de corrida



carro torpedo

Etapas da fabricação do aço



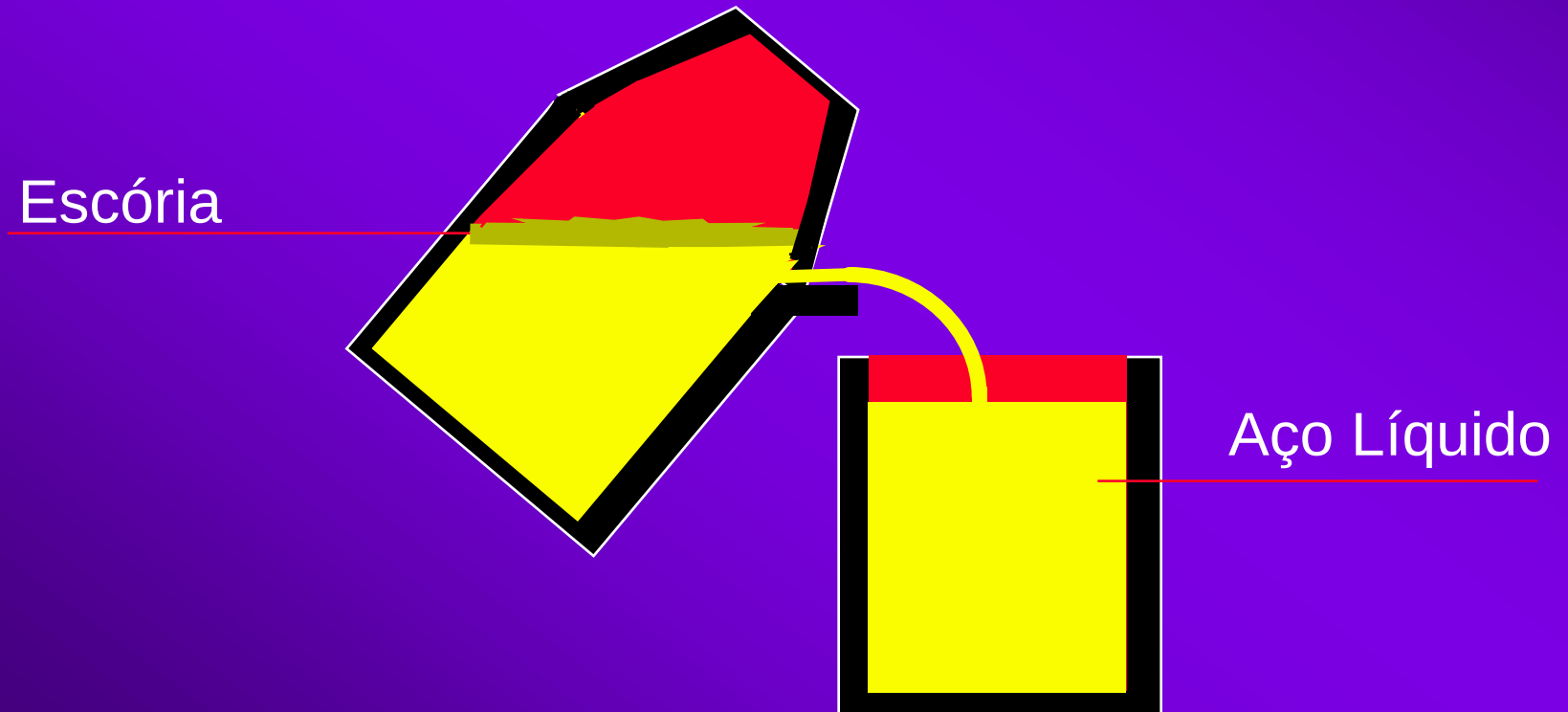
basculamento de gusa

Etapas da fabricação do aço



Etapas da fabricação do aço

- ◆ Refino do aço:
Ocorre na ACIARIA



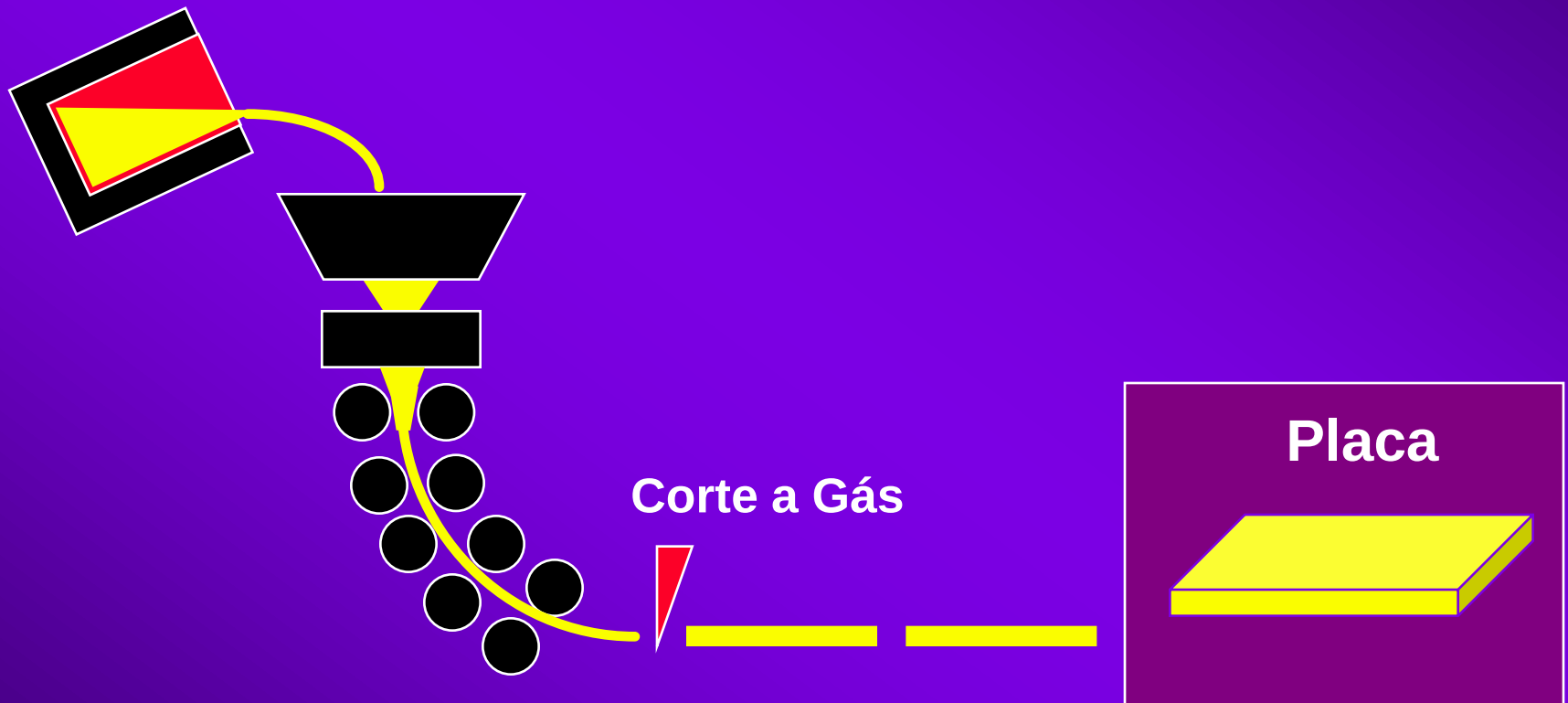
Etapas da fabricação do aço



Aciaria

Etapas da fabricação do aço

◆Lingotamento Contínuo



Etapas da fabricação do aço



Forno de Reaquecimento

Etapas da fabricação do aço

Placa

Etapas da fabricação do aço

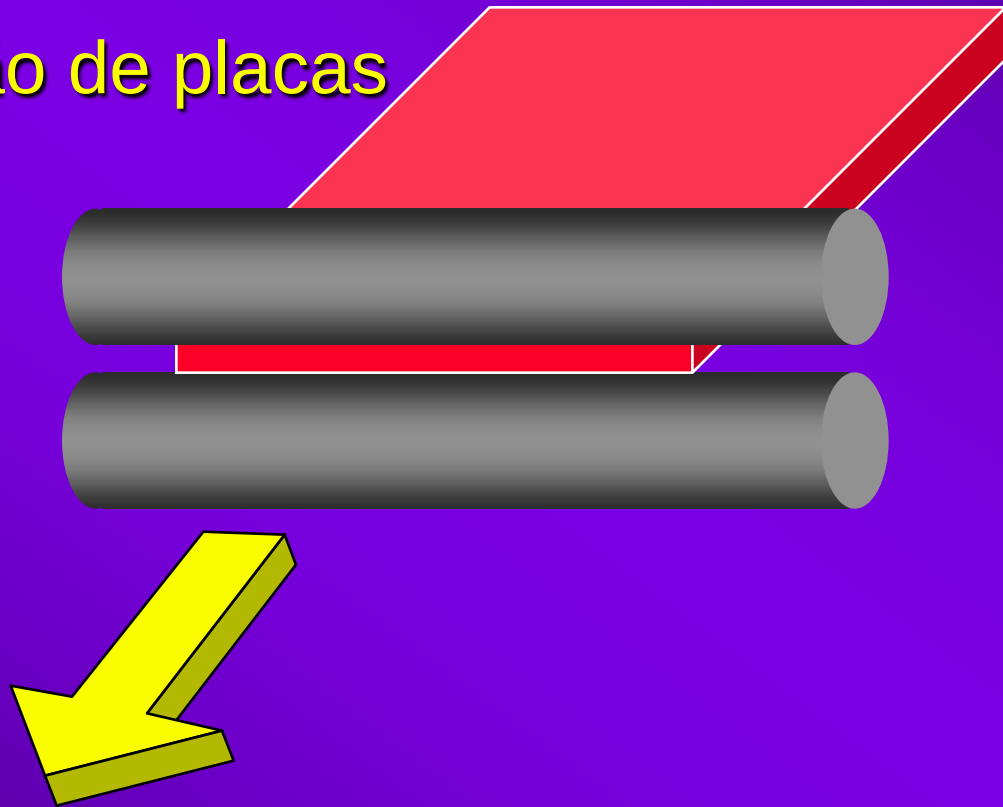


Controle de qualidade ao longo de todo o processo

Etapas da fabricação do aço

◆ Conformação mecânica:

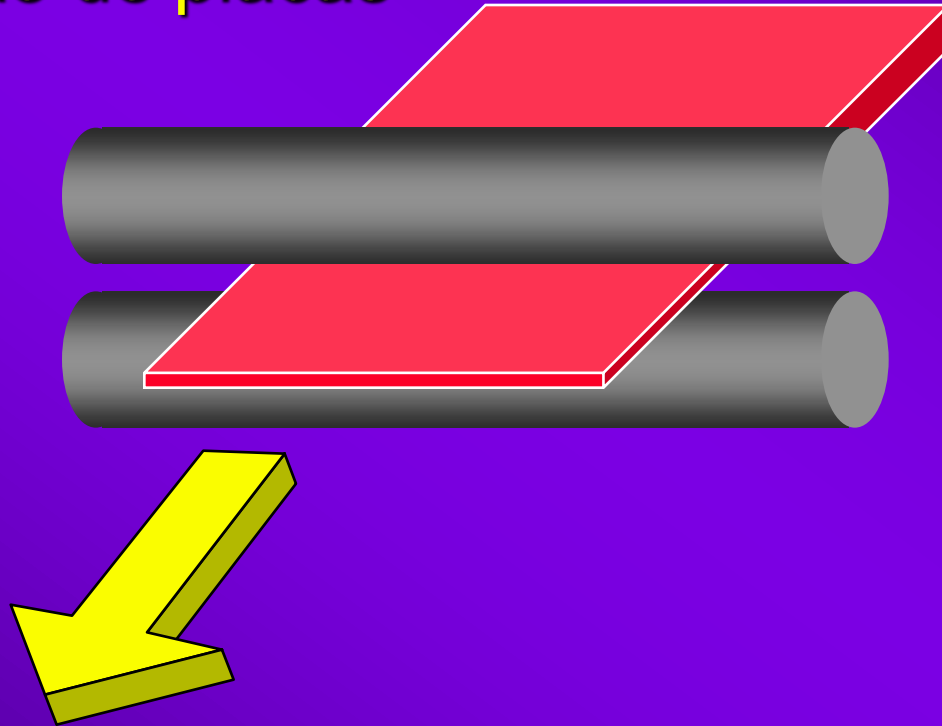
Laminação de placas



Etapas da fabricação do aço

◆ Conformação mecânica

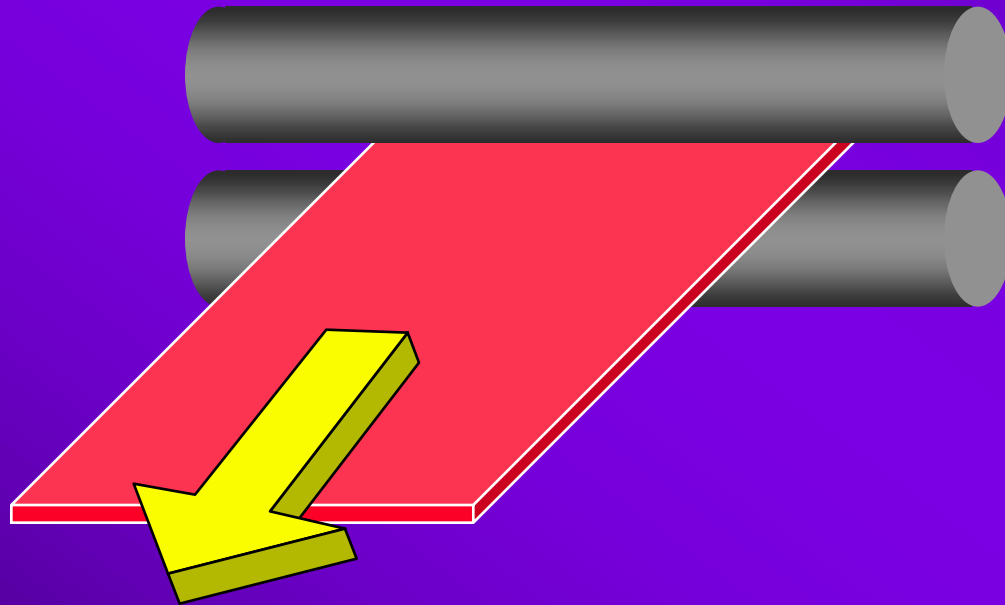
Laminação de placas



Etapas da fabricação do aço

◆ Conformação mecânica

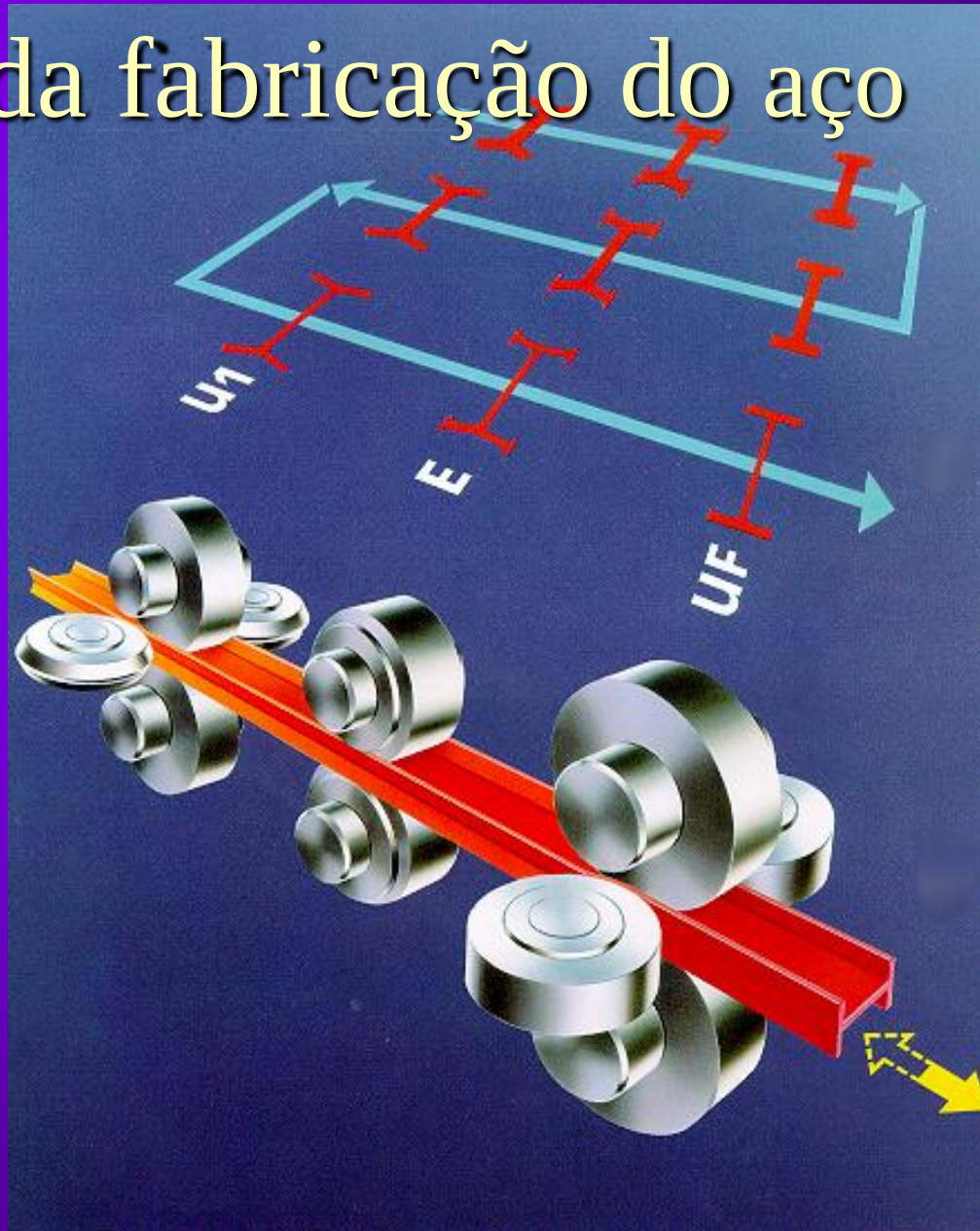
Laminação de placas



Etapas da fabricação do aço

Laminação de placas

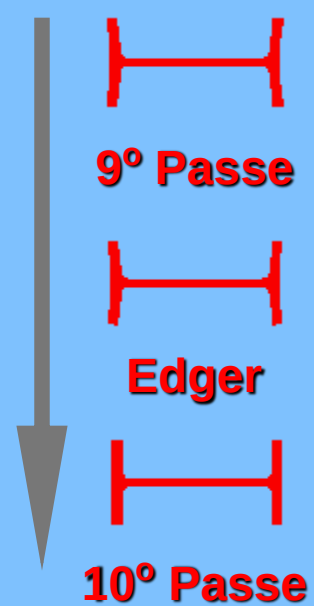
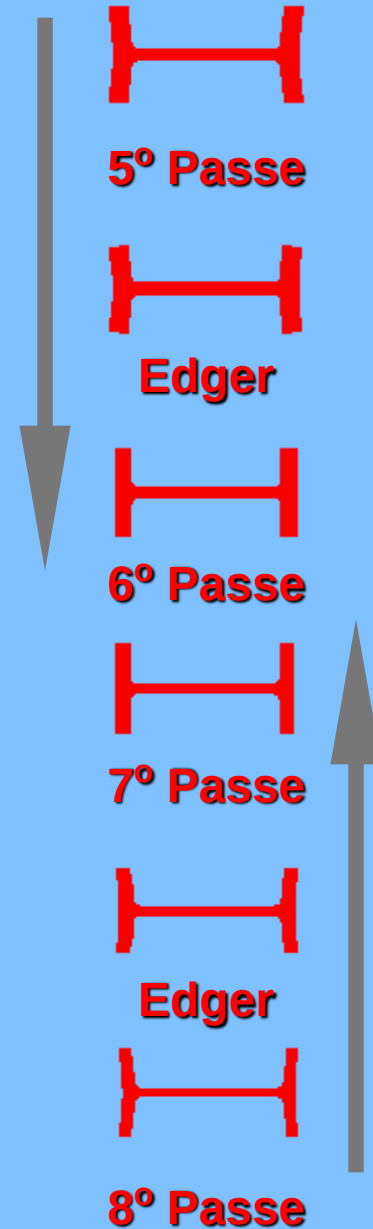
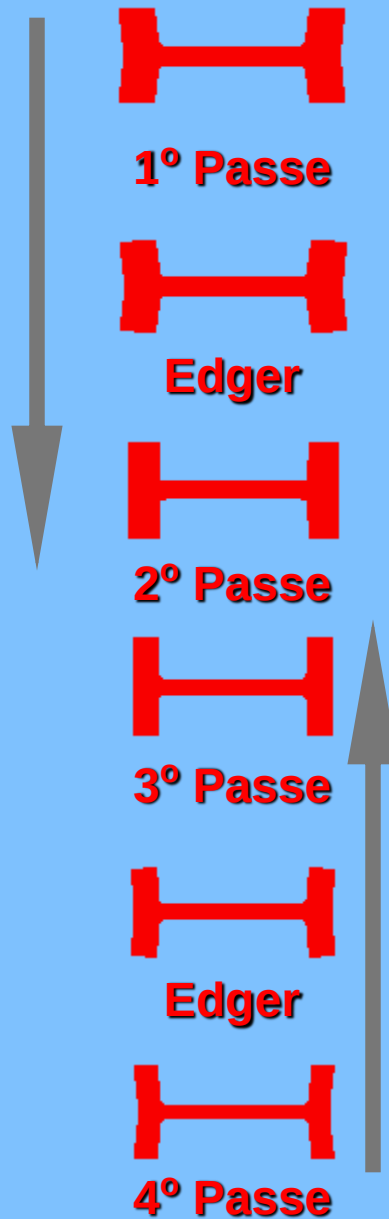
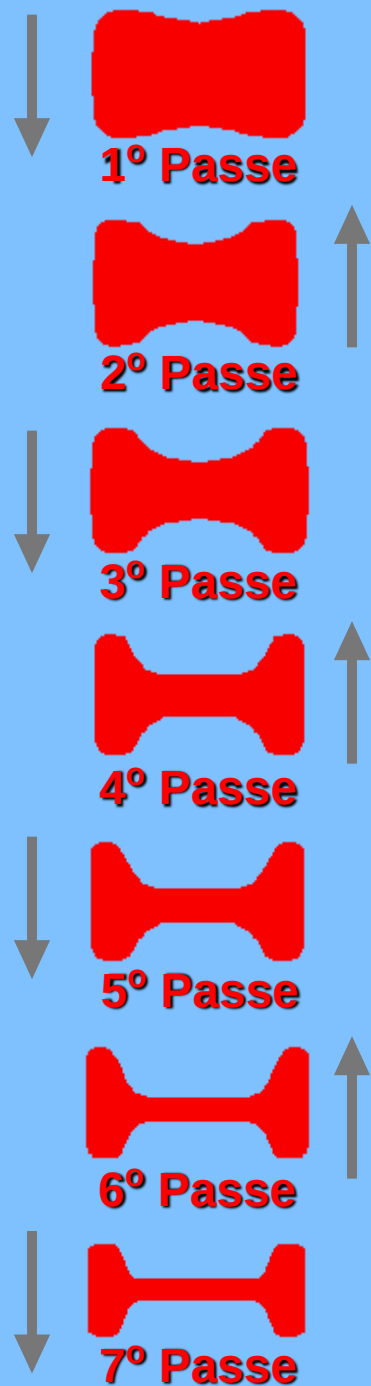
Etapas da fabricação do aço



Laminação de perfis

DESBASTADOR

Laminação de perfis (“Conjunto Universal”)



Etapas da fabricação do aço



Laminação de perfis

Saída do Conjunto Universal

TIPOS DE AÇO

1. Aços-carbono

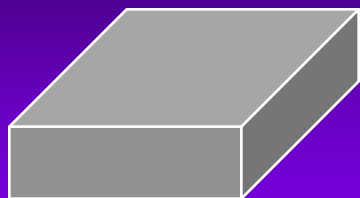
2. Aços de baixa liga

Tipo de Aço	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ASTM A-36	250	400
ASTM A-570 (Gr 36)	250	360
COS-AR-COR 500	375	490
COS-AR-COR 400	250	380
NBR 6648 (CG 26)	245/255	410
ASTM A572 Gr50	345	450

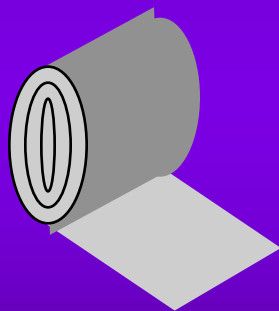
Produtos de aço

PLANOS

◆ Placas



◆ Bobinas



◆ Chapas



NÃO-PLANOS

◆ Perfis

◆ Trilhos

◆ Vergalhões

◆ Tubos

◆ Lingotes, blocos e tarugos

◆ Fio-máquina

Elementos estruturais de aço

(chapas e perfis)

1. CHAPAS

Produtos planos laminados de aço com largura superior a 500mm, sendo classificados como:

chapas grossas - $t > 5\text{mm}$

chapas finas - $t \leq 5\text{mm}$

Fabricadas pelas siderúrgicas

Chapas grossas:

largura: 2,44m

comprimento: 12,00m

espessuras:

6,30	25,0
8,00	31,5
9,50	37,5
12,5	50,0
16,0	63,0
19,0	75,0
22,4	100,0

Utilização:

- a) perfis soldados
- b) chapas de ligação
- c) placas de base

Chapas finas

largura: 1,20m

comprimento: 3m (a quente) ou 2m (a frio ou bobina)

espessuras:

0,60	2,25
0,75	2,65
0,85	3,00
0,90	3,35
1,06	3,75
1,20	4,25
1,50	4,50
1,70	4,75
1,90	5,00

Utilização:

a) perfis formados a frio
(chapa dobrada)

b) telhas

c) caixilhos

2. PERFIS

Perfis de utilização corrente têm seção transversal em forma de:

I, H, U, Z => denominação por essas letras

L => denominação “cantoneira”

Os perfis podem ser fabricados por:

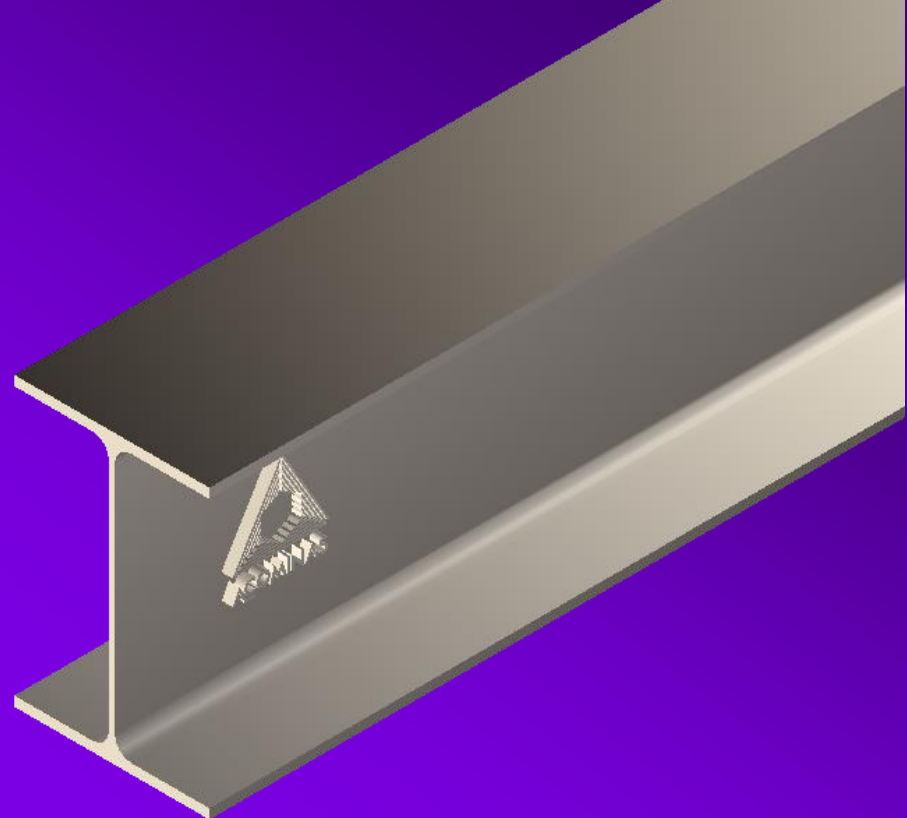
- Laminação => “perfis laminados” **siderúrgicas**
- Soldagem de chapas => “perfis soldados” **fabricantes de EM**
- Conformação a frio => “perfis formados a frio” **fabricantes de EM**

Perfis laminados

Fabricados pelas siderúrgicas => em geral mais econômicos (dispensam o fabricante), porém poucas opções são oferecidas



Perfis laminados



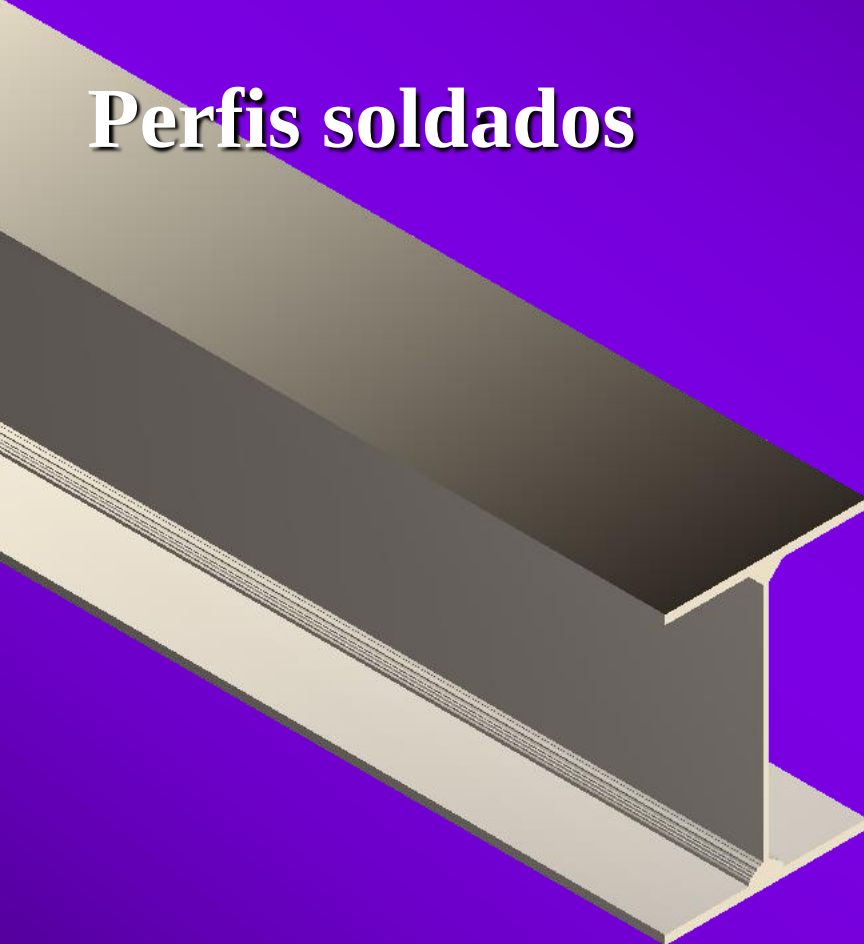
Designação:

série – altura da ST (mm) x massa por comprimento (kg)

W 360 x 79

HP 250 x 62

Perfis soldados



Produzidos pelos fabricantes de estruturas metálicas a partir do corte e soldagem de chapas adquiridas das siderúrgicas

Em geral mais caros, porém mais versáteis (mais opções de perfis)

soldagem: arco elétrico (processo industrial)

material de solda: deve ser compatível com o tipo de aço a ser soldado (características similares de resistência mecânica, à corrosão, etc.)

Perfis soldados



Perfis soldados

Especs: NBR 5884 – Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico

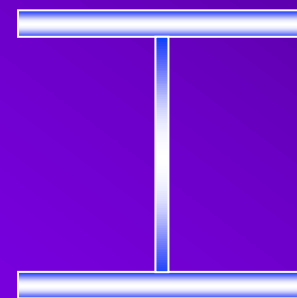
Série VS (perfis tipo viga)

$$1,5 < d/b_f \leq 4$$



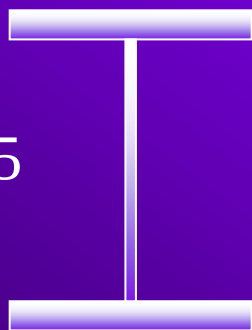
Série CS (perfis tipo pilar)

$$d/b_f = 1$$



Série CVS - perfis tipo viga-pilar

$$1 < d/b_f \leq 1,5$$



Série PS – quaisquer dimensões, fabricado conforme NBR 5884

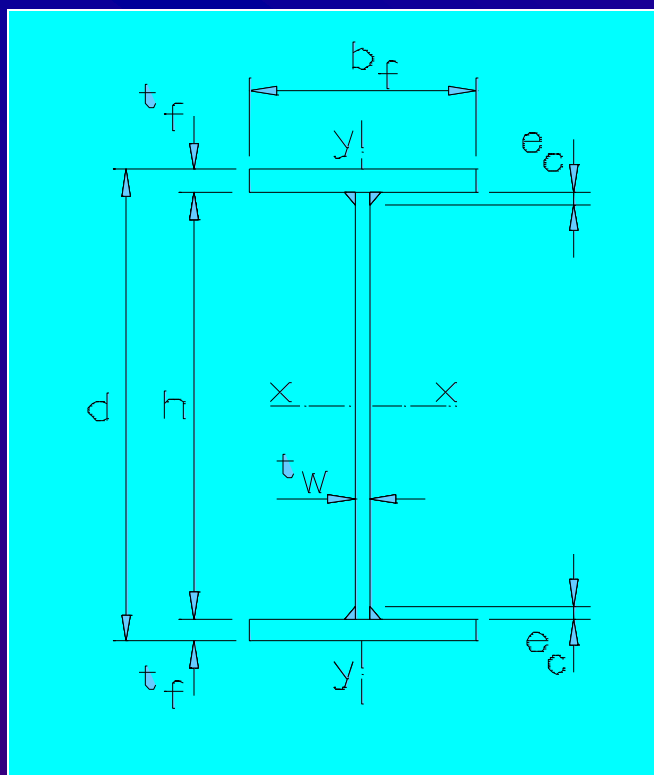
Perfis soldados

Designações:

série - altura da ST em milímetros - massa aproximada em quilogramas por metro

CS 300 x 62

($d = 300\text{mm}$; massa = $62,4\text{ kg/m}$)

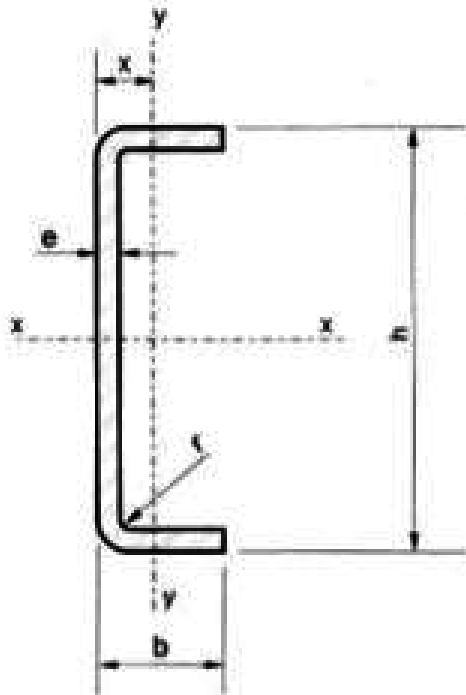


Perfis Formados a frio

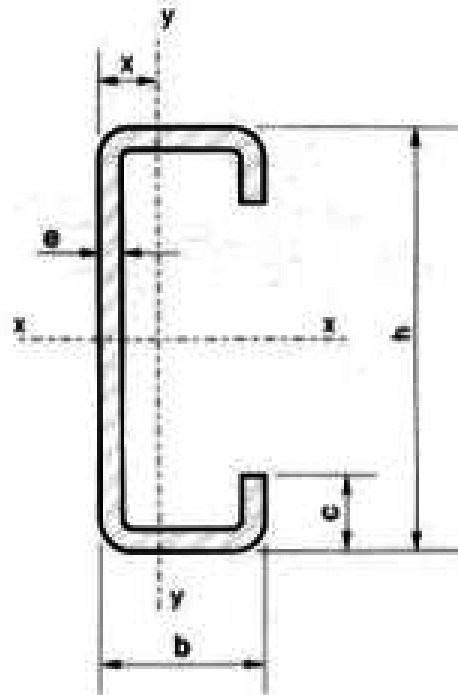


Produzidos pelos fabricantes de EM

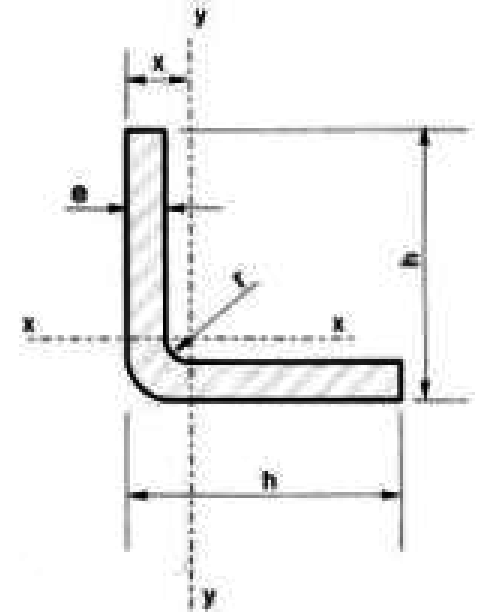
Perfis formados a frio



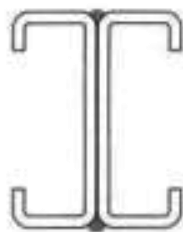
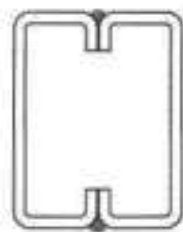
**PERFIL "U"
SIMPLES**



**PERFIL "U"
ENRIJECIDO**



**CANTONEIRA
DE ABAS IGUAIS**



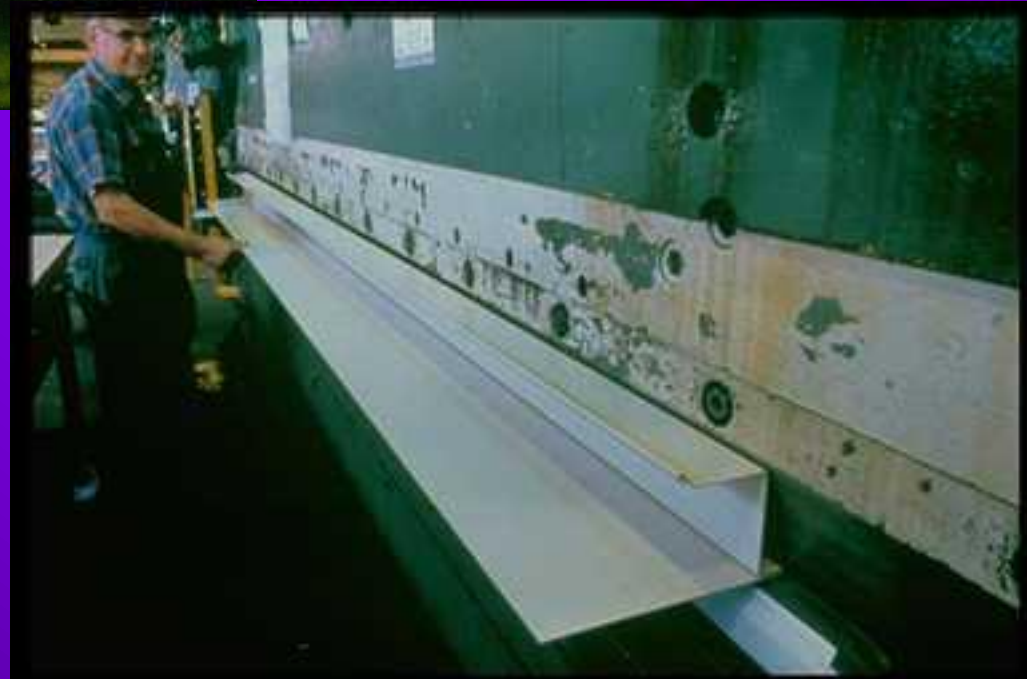
Perfis Formados a frio



Perfis Formados a frio

Processo descontínuo:
dobradeira

(produtividade menor)



Perfis Formados a frio



Fabricantes especializados em perfis formados a frio
(alta produtividade)

Perfis Formados a frio

Processo contínuo: roloformadeira



**Elementos de ligação mais comuns:
soldas e parafusos**



Cadeia do aço na construção civil:

