



EDI-33

Materiais e Processos Construtivos

Aço

Frank Cabral de Freitas Amaral – 1º Ten.-Eng.º

Instrutor

Abril / 2006



Programação

SEMANA	DATA	TÓPICOS	
1	06/mar	APRESENTAÇÃO DO CURSO	
	09/mar	TIPOS DE MATERIAIS E PROPRIEDADES	
2	13/mar	AGREGADOS	
	16/mar		
3	20/mar	AGLOMERANTES	
	23/mar		
4	27/mar	CONCRETO	
	30/mar		
5	3/abr		
	6/abr		
6	10/abr		
	13/abr		
7	17/abr		PROVA 1º BIMESTRE
	20/abr		
8	24/abr		AÇOS
	27/abr		
	29/abr a 6/mai	SEMANINHA	



Curiosidades

- ✓ A Usina de Itaipu foi erguida com o aço de 350 torres Eiffel.
- ✓ A reciclagem da sucata de aço permite a produção de um novo aço consumindo apenas aproximadamente 70% da energia gasta para a produção a partir de matérias-primas naturais.
- ✓ O prazo de validade dos refrigerantes é maior nas latinhas do que em outras embalagens. Esse tipo de embalagem conserva o gás das bebidas por mais tempo. Por isso as garrafas “pet” têm prazo de validade menor.
- ✓ O aço pode ser facilmente separado de outros resíduos, principalmente por eletromagnetismo. Por isso, pode ser utilizado infinitas vezes, mantendo as mesmas características, com baixo custo e alta eficiência no processo.



Curiosidades

- ✓ A cada 75 embalagens de aço recicladas, salva-se uma árvore que, sem isso, estaria sendo transformada em carvão vegetal. A cada 100 latas recicladas, poupa-se o equivalente a uma lâmpada de 60 W acesa por uma hora.
- ✓ As latas amassadas não comprometem a qualidade do produto envasado. As latas são revestidas por vernizes protetores elásticos que resistem a deformações. Na fixação da tampa, o produto sofre uma "deformação" de 180 graus, sem que isso comprometa a qualidade do conteúdo.
- ✓ Aço temperado é o aço produzido a partir da purificação do ferro quando este ainda estiver no estado líquido, recém-retirado do alto-forno e resfriado muito rapidamente. Assim, ele será resistente e brilhante. O processo pelo qual o aço é aquecido e rapidamente resfriado é chamado de têmpera.



Propriedades Mecânicas

- Resistência mecânica
 - altos valores devido sua microestrutura
 - comportamento elasto-plástico
- Dureza
 - resistência à penetração
- Ductilidade
 - redução a fios
- Maleabilidade
 - redução a chapas



Propriedades Físicas

- Densidade
em geral, maior que outros materiais ($\delta = 7,85$)
- Dilatação térmica
 $\alpha_{\text{aço}} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
 $\alpha_{\text{concreto}} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
- Condutividade elétrica
boa



Propriedades Químicas

- Corrosão

tendência a um estado de menor energia





Aplicações

- Concreto armado
aço = resistência à tração
- Concreto protendido
- Estruturas metálicas
- Outros ...



Concreto Protendido

Armadura tensionada para “aumentar” a resistência à tração do concreto!

- Redução da fissuração
- Aumento da resistência à tração
- Diminuição das deformações
- Aumento da durabilidade



Aço Estrutural

A. LIBERDADE NO PROJETO DE ARQUITETURA

A tecnologia do aço confere aos arquitetos total liberdade criadora, permitindo a elaboração de projetos arrojados e de expressão arquitetônica marcante.

B. MAIOR ÁREA ÚTIL

As seções dos pilares e das vigas de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fatores muito importantes, principalmente em garagens.

C. FLEXIBILIDADE

A estrutura metálica mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de utilidades como água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc.



Aço Estrutural

D. COMPATIBILIDADE EM OUTROS MATERIAIS

O sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais convencionais (tijolos, blocos e lajes moldadas *in loco*) até componentes pré-fabricados (lajes, painéis de concreto, painéis *dry-wall*, etc).

E. MENOR PRAZO DE EXECUÇÃO

A fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais.



Aço Estrutural

F. RACIONALIZAÇÃO DE MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA

Numa obra, através de processos convencionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em massa. A estrutura metálica possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o desperdício seja sensivelmente reduzido.

G. ALÍVIO DE CARGAS NAS FUNDAÇÕES

Por serem mais leves, as estruturas metálicas podem reduzir em até 30% o custo das fundações



Desvantagens

- CUSTO
- MÃO-DE-OBRA
- CORROSÃO
- LOGÍSTICA



Definição

É todo o produto siderúrgico obtido por via líquida com teor de carbono inferior a 1,7%, isto é, consiste em uma liga de ferro e carbono.



Fluxo de Produção

COSIPA

www.cosipa.com.br

GERDAU

www.gerdau.com.br

CSN – Companhia Siderúrgica Nacional

www.csn.com.br



Tipos de aço

- Concreto armado

- ✓ dureza natural

Laminados a quente, sem tratamento algum após laminação. Elevado patamar de escoamento e grandes deformações de ruptura. Não perdem suas propriedades quando aquecidos ao rubro e resfriados em seguida (até 1200°C), com isso podem ser soldados com eletrodos comerciais e não sofrem demasiadamente a ação de chamas moderadas (incêndio).

- ✓ encruado a frio com mossas

Também denominados aços com saliências. Aumento da aderência e da superfície de contato. Escoamento e deformação de ruptura menores.





Tipos de aço

- Concreto protendido

- ✓ Alívio de tensões

- Aquecimento a 400°C e resfriamento brusco*

- Maior ductilidade e elasticidade*

- ✓ Estabilização

- Aquecimento a 370°C + carga de 46% Limite de Ruptura*

- Redução da relaxação em 60 a 80%*



Estrutura

- Estrutura cristalina

- ✓ Ferrita – ferro puro

- Baixa dureza, menor resistência, alta ductilidade*

ADIÇÃO DE CARBONO

- ✓ Cementita (Fe_3C)

- Grande dureza, maior resistência, baixa ductilidade*



Estrutura

- Teor de carbono

< 0,9% : **ferrita + cementita**

pouca cementita, aço hipoeutetóide ou extradoce

~ 0,9% : **perlita**

proporção ideal entre ferrita (88%) e cementita (12%)

mistura mecânica obtida através do esfriamento lento do aço

> 0,9% : **perlita + cementita**

cementita depositada entre os grãos de perlita, aço quebradiço

Austenita: Solução sólida de ferro e cementita estável acima de 723°C. Estrutura de grãos poligonais irregulares, como boa resistência e apreciável tenacidade. Não é magnética.



Tipos

- Teor de carbono
 - < 0,6% : aço mole
 - $\geq 0,6\%$: aço duro ou de alta resistência

Usual:

Aço para concreto armado – 0,5% de C

Aço para concreto protendido – 0,6 a 0,9% de C



Tratamentos

- Iniciais
 - Decapagem
 - Patenteamento

- Principais
 - Encruamento
 - Trefilação
 - Alívio de tensões
 - Estabilização



Decapagem

- elimina camada de óxidos provenientes da laminação e resfriamento
- evita desgaste do equipamento
- otimiza tratamentos posteriores
- feita através de banhos ácidos (HCl)



Patenteamento

- aquecimento a 900 - 950°C e resfriamento a 500°C
- estrutura perlítica fina e uniforme, com pouca ferrita livre
- aumenta a resistência à tração e melhora a trefilabilidade
- aços para concreto protendido



Encruamento a frio

- aumenta tensão de escoamento e dureza
- diminui o alongamento, ductilidade e resistência à corrosão
- esforços: compressão, torção e tração
- efeito da temperatura:

500°C: recristalização

600 - 700°C: volta às propriedades originais

1000°C: incêndio





Trefilação a frio

- altera as propriedades
 - alongamento de ruptura cai de 20% para 6 a 8%
- tratamento final em aço para concreto armado
- tratamento intermediário em aço para concreto protendido



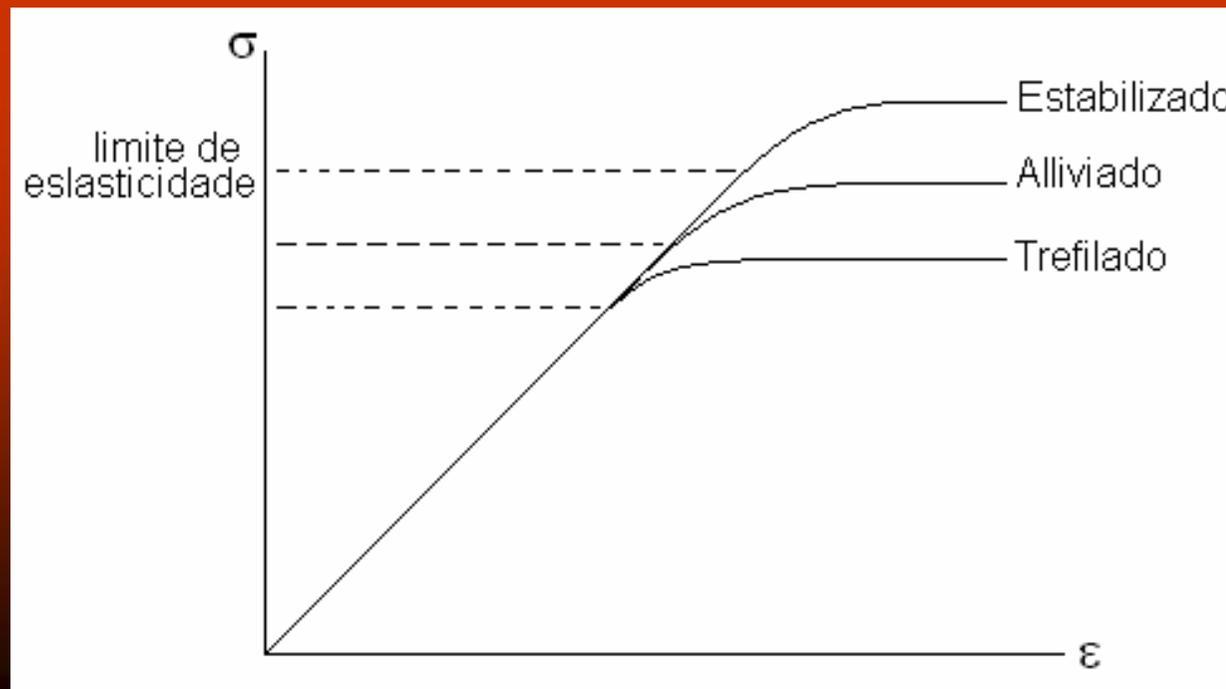
Alívio de tensões

- aumento da elasticidade do aço para concreto protendido
- remoção de tensões residuais do aço trefilado
- aquecimento a 400°C e resfriamento
- maior ductilidade



Estabilização

- tratamento opcional ao alívio de tensões
- aquecimento a 370°C com tensionamento simultâneo com de 46% do limite de resistência
- tratamento final do aço para concreto protendido





Comportamento

- Relaxação

Redução de tensão sob deformação constante com o tempo

- Fratura

Ruptura frágil (protendido) x ruptura dútil (armado)

- Fadiga

Cargas cíclicas

- Corrosão

Desgaste, processo eletroquímico





Corrosão

- Processo eletroquímico

Eletrólito

DDP

O₂

Agentes agressivos

- Concreto + Aço

Proteção física = cobrimento

Proteção química = pH

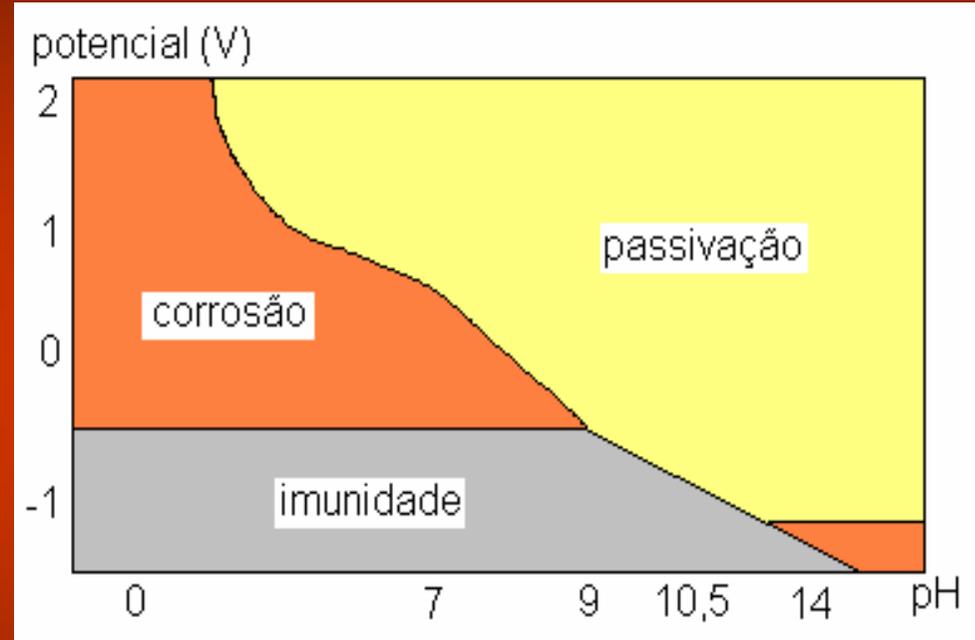


Diagrama de
Pourbaix



Corrosão - *consequências*

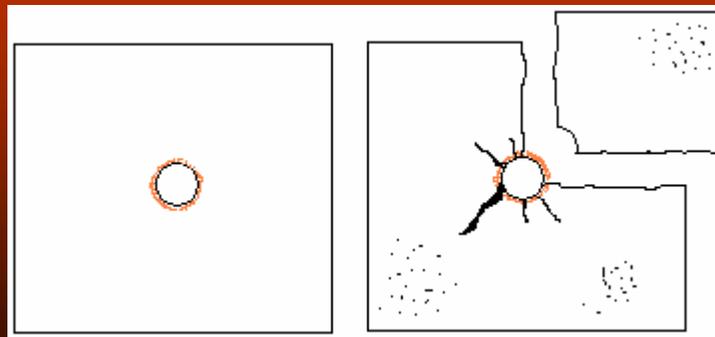
- Redução da seção transversal

Resistência à fadiga

Módulo de elasticidade

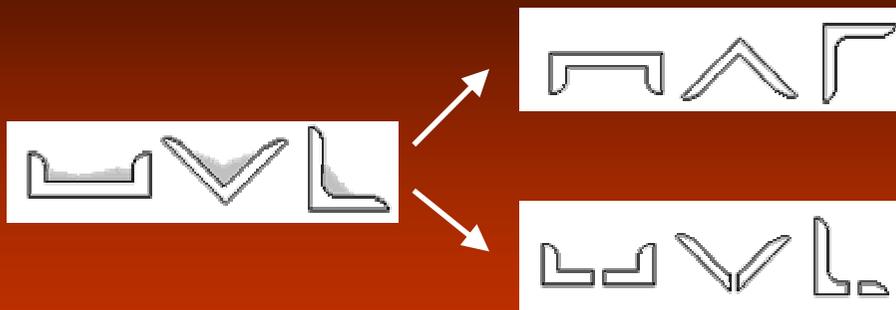
Capacidade de carga

- Fissuras paralelas às armaduras



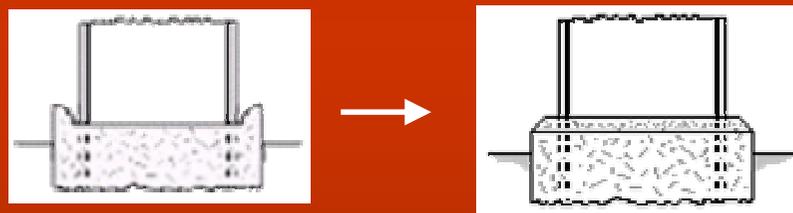


Medidas de Profilaxia à Corrosão

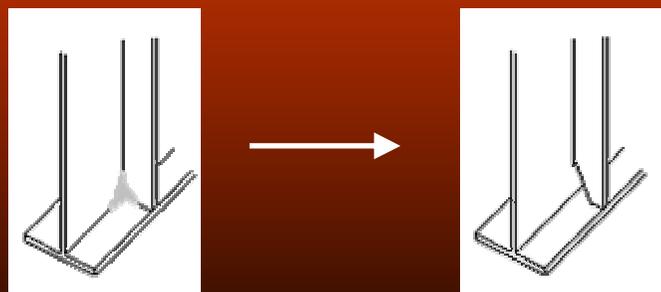


Inversão de membros estruturais para evitar a retenção de água e o acúmulo de pós.

Execução de furos de drenagem nos membros estruturais, de forma a evitar a retenção de água e o acúmulo de pós.



Projetar adequadamente as bases de colunas, de forma a evitar a retenção de água e o acúmulo de pós.



Permitir a circulação de ar entre detalhes de membros estruturais, de forma a evitar umidificação e acúmulo de pós.



Normas

ABNT - Norma NBR 8800

Projeto e Execução de Estruturas de Aço em Edifícios (Métodos dos Estados Limites)

ABNT - Norma NBR 14323

Dimensionamento de estruturas de aço em situação de incêndio - Procedimento

ABNT - Norma NBR 14432

Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos - Procedimento

ABNT - Norma NBR 14762

Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio

ABNT - Norma NBR 5884

Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico

ABNT - Norma NBR 6120

Carga para cálculo de estruturas de edificações - Procedimento



Normas

ABNT - Norma NBR 6123

Forças devidas ao vento em edificações - Procedimento

ABNT - Norma NBR 5419

Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas

ABNT - Norma NBR 8681

Ações e segurança nas estruturas - Procedimento

ABNT - Norma NBR 6657

Perfis de Estruturas de Aço

ABNT - Norma NBR 6355

Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização

ABNT - Norma NBR 6008/6009

Perfis I e H de abas paralelas, de aço, laminados a quente - Padronização.

ABNT - Norma NBR 15217

Perfis de aço para sistemas de gesso acartonado - Requisitos



Normas

Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Segurança estrutural nas edificações - Resistência ao fogo dos elementos de construção

<http://www.polmil.sp.gov.br/ccb/pagina15.html>