

O QUE É DIMENSIONAR UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO?

Dimensionar uma estrutura de concreto armado é determinar a seção de concreto (formas) e de aço (armadura) tal que:

- a estrutura não entre em colapso (estado limite último);
- seja econômica (estado limite do bolso do proprietário);
- suas eventuais fissuras não sejam objetáveis (estado limite de serviço);
- suas flechas não sejam objetáveis (estado limite de serviço);
- apresente boa proteção à armadura impedindo sua corrosão que poderia, a longo prazo, levar à ruína a peça;
- se a estrutura for deficiente, seja por causa própria, seja por excesso de carga, ela dê sinais visíveis ao usuário antes de se alcançar sua ruína (condição de aviso).

AÇOS DISPONÍVEIS NO MERCADO BRASILEIRO

Esta aula é baseada parcialmente na Especificação Brasileira EB - 3/1967 da ABNT denominada: “Barras e fios de aço destinados à armadura de peças de concreto armado”.

Daremos as aulas por meio de pílulas de informação:

NOTA 1

Os aços existentes no mercado dividem-se em dois tipos:

- Tipo “A” - Laminados a quente;
- Tipo “B” - Laminados a quente e depois encruados a frio por meio de torção, compressão transversal etc. (Por exemplo: o CA 40 B é obtido do CA 25 por torção a frio).

Além da divisão em tipos A e B os aços são divididos em categorias que são funções principais dos seus teores de carbono resultando as categorias: CA 25, CA 32, CA 40, CA 50 e CA 60. Cada categoria é indicada pelo código CA (aço de concreto armado) e pelo x indicativo de tensão de escoamento.

Categoria	Tensão de escoamento mínima ou, valor característico f_{yk} (Kgf/cm ²)	Tensão para a qual ocorre a deformação de 0,2% δ_{sd} (kgf/cm ²)	Tensão de cálculo f_{yd} (kgf/cm ²)	Aderência com o concreto
CA25	2500	2150	2150	1,0
CA32	3200	2800	2800	1,0
CA40A	4000	3500	3478	1,2
CA40B	4000	3000	3478	1,2
CA50A	5000	4200	4350	1,5
CA50B	5000	3500	4350	1,5
CA60B	6000	4000	5217	0,8

NOTA 2

Conhecidos os valores característicos das tensões de escoamento dos aços (f_{yk}), para se achar os valores de cálculo (antigas tensões admissíveis) basta dividir os valores característicos pelo coeficiente de minoração (γ_{ys} – $y \rightarrow$ yieldling; escoamento; $s \rightarrow$ steel, aço).

Para aços produzidos de acordo com os padrões de EB - 3 o coeficiente de minoração é 1,15. Para aços que não obedecem à EB-3 o coeficiente é 1,25. Observar que dividindo a coluna f_{yk} da tabela anterior por 1,15 resulta a coluna f_{yd} .

Quando de emissão da EB -3 ainda não se definiam os conceitos de valores característicos. Apesar disso podemos associar a tensão de escoamento mínimo (conceito não estatístico) à f_{yk} .

NOTA 3

Para todos os tipos e categorias de aço:

$E_s = 2.100.000 \text{ kgf/cm}^2$ Módulo de Elasticidade

$\gamma_s = 7,85 \text{ kgf/m}^3 = 7,85 \text{ tf/m}^3$ peso específico

NOTA 4

Para aços tipos A e B uma diferença no tocante a alcançarem uma deformação de 0,2% o que é considerado limite para as deformações que se aceitam nas estruturas. Os aços tipo A produzem essa deformação com tensões ligeiramente superiores aos aços tipo B. Face a isso os valores de cálculo do aço tipo A são maiores que os aços tipo B como se vê na tabela anterior, Quando não se conhece o tipo de aço que vai se usar na obra deve-se a favor da segurança usar nos cálculos o aço tipo B que resulta em maior área de aço e portanto maior quantidade. Se a obra usar o aço tipo B não há problema. Se usar aço tipo A teremos folga. Se calculássemos com aço tipo A e a obra usasse tipo B estaríamos contra a segurança.

A tensão do aço que corresponde a deformação de 0,2% é denominada δ_{sd} e foi indicada na tabela da nota 1.

NOTA 5

Como temos repetido várias vezes, concreto armado é uma construção solidária, devendo o concreto ser atritado com o aço. Quando se usam em conjunto aço e concreto, eles não podem se deslocar um em relação ao outro, Face a isso exige-se dos aços uma aderência mínima (atrato) em relação ao concreto envolvente.

Para aços de maior resistência a aderência tem que ser maior do que os aços de menor resistência, pois os de maior resistência trabalham em geral com maiores tensões. Face a isso temos, nos aços de alta resistência, dar a ele mais atrito no concreto.

Consegue-se isso com saliências e moças. A EB -3 exige dos fabricantes de aço que estes tenham aderência mínima e que é crescente conforme sejam as classes dos mesmos. Aços mais resistentes (CA 40, CA 50) tem que ter mais aderência em relação ao concreto do que os aços de menos resistência (CA 25)

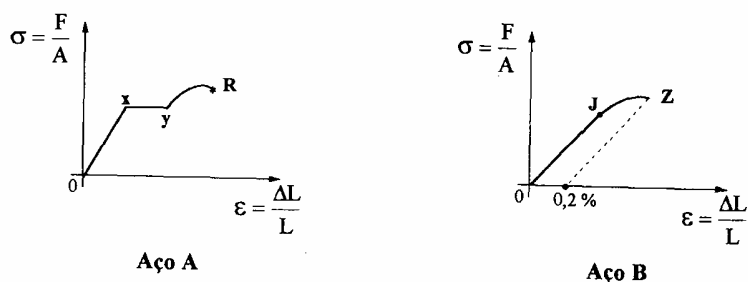
NOTA 6

Os aços classe A como foram produzidos a quente podem ser sem maiores problemas cortados a fogo ou soldados.

Os aços classe B (encruados a frio) não devem ser cortados a fogo, pois isso poderia levar a perda de sua

NOTA 7

Do ponto de vista de deformação há uma diferença fundamental entre os aços A e B. Os esquemas a seguir mostram o funcionamento desses aços:



Nos aços A submetidos a esforços crescentes de tração eles apresentam uma curva razoavelmente retilínea até o ponto x, nesse ponto se a tensão de tração permanecer constante então ocorrerá o escoamento do aço ou seja ocorrerão grandes deformações até o ponto y. Crescendo a partir daí a tensão, a curva tende a crescer ao ponto R onde o aço se rompe. A tensão que ocorre em x chama-se tensão de escoamento e é em ponto de vista prático, a tensão limite de trabalho, já que não se deve projetar estruturas que sofram as deformações causadas pelo escoamento do aço.

Nos aços B não ocorre um ponto típico de escoamento do material. Ao contrário, com tensão crescente no início ocorre um trecho retilíneo até J sucedendo-se um trecho curvo, alcança-se o ponto Z onde o material se rompe sem ocorrer escoamento.

Por motivos práticos define-se para esses aços (B) uma tensão fictícia de escoamento, quando se alcança uma deformação e no valor de 0,2 %, ou seja, quando a deformação vale dois por mil do comprimento inicial.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = 0,2 \%$$

NOTA 8

O aço CA 60 B é produzido por trefilação que gera uma superfície muito lisa, mais lisa que os Outros aços produzidos por laminação. Face a isso o coeficiente de aderência com o concreto deve ser 0,8.

NORMAS BRASILEIRAS RELACIONADAS COM O CONCRETO ARMADO

- NB - 1/78 ⇨ Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.⁽¹⁾
- NB - 2 ⇨ Cálculo e Execução de Pontes de Concreto Armado.
- NB - 4 ⇨ Cálculo de Execução de Lajes Mistas
- NB - 5 ⇨ Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações
- NB - 6 ⇨ Carga Móvel em Pontes Rodoviárias.
- NB - 7 ⇨ Carga Móvel em Pontes Ferroviárias.
- NB - 16 ⇨ Execução de Desenhos para Obras de Concreto Simples ou Armado.
- EB - 1 ⇨ Especificação de Cimentos.
- EB - 3 ⇨ Barras e Fios de Aço Destinados à Armadura de Concreto Armado.
- EB - 4 ⇨ Agregados para Concreto.
- MB - 2 ⇨ Confecção e Cura de Corpos de Prova de Concreto Cilíndrico ou Prismático.
- MB - 3 ⇨ Ensaio de compressão de Corpos de Prova Cilíndricos de Concreto.

ABREVIACÕES EM CONCRETO ARMADO

A nova Norma Brasileira NB - 1/78 adotou a simbologia baseada no Comitê Europeu do Betão e que tende a ser adotado universalmente.

A simbologia do CEB tomou por base a língua inglesa, que por motivos conhecidos, é hoje a mais universal das línguas no meio técnico.

Resumidamente as simbologias mais comuns são:

- A Área (em geral)
- A_c Área de seção de concreto
- A_s Área de seção de aço (steel) tracionada
- A'_s Área de seção do aço (steel) comprimida
- A_{st} Área de seção de armadura transversal (estribo)
- E Módulo de elasticidade (geral)
- E_c Módulo de elasticidade do concreto
- E_s Módulo de elasticidade do aço (steel)
- F Força
- F_d Valor do cálculo de um aço
- F_m Valor médio de uma ação
- G Carga permanente
- I Momento de Inércia (antigamente era J)
- L Comprimento, vão (ou ℓ)
- M Momento Fletor
- M_d Momento Fletor de cálculo (d - design = cálculo)
- N Força Normal
- Q Carga variável
- V Força Cortante
- W Módulo de Resistência
- X Força componente paralela ao eixo X (horizontal)

¹ Quando foi registrada no órgão federal INMETRO a NB - 1/78 virou NBR 6118.

Y	Força componente paralela ao eixo Y (vertical)	
a	Flecha, distância	
b	Largura	
b_w	Largura de vigas	
c	Cobrimento de concreto	
d	Altura útil	
e	Excentricidade de uma carga	
f	Resistência (capacidade de receber esforços)	
f_c	Resistência do concreto	$\left\{ \begin{array}{l} f - \text{resistênci} \\ c - \text{concreto} \\ k - \text{caracteris} \end{array} \right.$
f_{ck}	Resistência característica do concreto	
f_{cd}	Resistência de cálculo do concreto	
f_{cj}	Resistência do concreto a j dias	
f_m	Resistência média do concreto	
f_{yk}	Resistência característica do aço ao escoamento (y - yeldling)	
f_{yd}	Resistência cálculo do aço ao escoamento	
f_k	Resistência característica de um material	
g	Carga permanente distribuída (¹)	
h	Altura total de uma seção transversal; espessura	
i	Raio de giração	
j	Número de dias	
r	Raio	
q	Carga variável distribuída	
s	Desvio padrão; espaçamento	
γ	Peso específico coeficiente de majoração	
γ_c	Coeficiente de minoração de resistência do concreto	
γ_s	Coeficiente de minoração de resistência do aço	
γ_f	Coeficiente de majoração das forças (solicitações)	
ϵ	Deformação específica	
ϵ_c	Deformação específica do concreto	
ϵ_s	Deformação específica do aço	
λ	Índice de esbeltez	
μ	Coeficiente de atrito	
ρ	Taxa geométrica de armadura (A_c / A_s)	
σ	Tensão normal	
σ_c	Tensão normal de compressão no concreto	
σ_s	Tensão normal de tração no aço	
σ_{sd}	Tensão de projeto no aço	
τ	Tensão tangencial	
τ_w	Tensão convencional de cisalhamento	
τ_c	Tensão tangencial do concreto	
τ_s	Tensão tangencial do aço	

CARGAS DE PROJETO NOS PRÉDIOS

Nas modernas teorias de cálculo de estruturas o tratamento estatístico procura se impor, tanto na análise de cargas como na análise de resistência dos materiais, ou seja, a teoria estatística ao invés de falar que numa peça atua uma força, procura em vez de uma força definida, procura associar uma função estatística, ou seja, não se diz que sobre uma laje ocorre uma carga de 200 kgf/m² e sim uma função estatística, ou seja, admite que a ocorrência de carga variará obediente a uma lei estatística.

Esses são os pressupostos teóricos. Na prática não é bem assim e seria impossível (ou quase impossível) trabalhar diretamente com funções estatísticas. Face a isso a NB-5 da ABNT fixa valores fixos para as cargas de cálculo de estruturas de edificações. A NB-5 divide as cargas que ocorrem nos prédios em cargas permanentes (causadas pelo peso próprio da estrutura) e carga acidental que representa a carga que a estrutura deve sustentar (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos, etc.).

¹Por lapso, às vezes usamos q como carga permanente distribuída.

Entre outros os valores são:

Local	Carga acidental (kgf /m²)
Hall de banco	300
Sala de depósito de lixo	400
Salão de dança de clubes	500
Edifícios residenciais: dormitórios, sala, copa, cozinha, e banheiro	150
Edifícios residenciais: despensa, área de serviço e lavanderia	200
Forros	50
Escadas	300

Considerando (e esta é uma consideração estatística) que seria pouco provável que num prédio todas as lajes estivessem carregadas ao mesmo tempo com a carga acidental máxima, a. NB-5 no seu item 2.2.1,8 dispõe o seguinte:

“No cálculo dos pilares e das fundações de edifícios para escritórios, residências e casas comerciais não destinadas a depósitos, as cargas acidentais podem ser reduzidas de acordo com os valores indicados na tabela”.

Número de pisos que atuam sobre o elemento	Redução percentual das cargas acidentais
1,2,3	0
4	20
5	40
6 ou mais	60

Nota:

“Para efeito de aplicação desses valores os forros devem ser considerados como piso”.