



## **Norma NB1/1940 de Concreto Armado**

**Relato do Prof. Fernando Lobo Carneiro**

Prof. Eduardo C. S.  
Thomaz  
Notas de aula

[http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/nb1\\_1940.pdf](http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/lobocarneiro/nb1_1940.pdf)

1940 - NORMA BRASILEIRA NB-1/1940, PARA CÁLCULO E EXECUÇÃO DE CONCRETO ARMADO, RESULTANTE PRINCIPALMENTE DA FUSÃO DAS NORMAS PROPOSTAS PELA A.B.C. (1931/35/37) E PELA A.B.C.P. (1937). ESSA NORMA, EM INICIATIVA PIONEIRA, JÁ PRESCREVA O 'MÉTODO DE CÁLCULO NA RUPTURA - ESTADIO III' PARA O CÁLCULO DE PEÇAS SOLICITADAS POR COMPRESSÃO AXIAL, E PERMITIA, COMO ALTERNATIVA, A UTILIZAÇÃO DESSE MÉTODO PARA A FLEXÃO, INOVAÇÕES ESTAS SUGERIDAS POR TELEMACO VAN LANGENDONCK. EMENDADA EM 1943, NA 5ª REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

### **2 - A NORMA NB-1 DE 1940**

A norma NB-1 foi aprovada pela 3ª Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaios, na qual foi fundada a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, por iniciativa de Paulo Sá.

Embora ainda fortemente influenciada pela norma alemã DIN-1045, a norma brasileira NB-1/40, além de precizar o cálculo da resistência de pilares à compressão axial tomando como base o "estadio III", permitia, como alternativa, o cálculo da resistência à flexão no estado limite último, isto é, na ruptura, por sugestão do professor Telemaco van Langendonk. Foi a primeira norma a admitir esse tipo de cálculo que, embora já debatido entre pesquisadores, ainda não era utilizado na prática profissional. A NB-1/40, ao permitir essa alternativa, não levava suficientemente em conta, no entanto, a consideração das deformações do concreto e do aço, sendo assim só aplicável aos casos posteriormente designados como de peças "sub-armadas".

Durante toda a década de 40 foram feitos numerosos estudos estatísticos sobre a variabilidade das características dos materiais e sua influência sobre a fixação dos chamados "coeficientes de segurança, questão esta levantada de modo pioneiro por Paulo Sá em seu artigo "Os números representativos das características de um material", de 1936. Entre esses estudos destaca-se o apresentado por A. E. Pastor de Oliveira em seu artigo "O controle do concreto numa construção (1, pg. 94 a 97). Foi sendo assim preparada a futura adesão das normas brasileiras aos critérios "semi-probabilísticos" de segurança, já em estudos no CEB.

A norma NB-1 foi emendada em 1943, por ocasião a 5ª Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaios de Materiais, já agora designada como 5ª Reunião de Associação Brasileira de Normas Técnicas, e revista em 1950. A 4ª Reunião, realizada em 1941, aprovou o complemento da NB-1 relativo às pontes de concreto armado, a NB-2.

**Associação Brasileira de Normas Técnicas**

# **NORMAS ESTRUTURAIS**



**1946**

# INTRODUÇÃO

Esta publicação reúne as seis Normas Brasileiras referentes ao cálculo e à execução de estruturas. As duas primeiras, NB-1 e NB-2, publicadas respectivamente em 1940 e 1941, tiveram alguns de seus artigos modificados na 5.<sup>a</sup> Reunião da ABNT, realizada em Porto Alegre, Setembro de 1943.

As outras quatro, NB-4, NB-5, NB-6 e NB-7, haviam sido publicadas em 1943 como "Normas de Emergência", não devido a se referirem a construções de emergência, mas sim, e exclusivamente, ao processo por que foram adotadas, mais rápido que o regulamento previsto nos Estatutos da ABNT, e justificado pela situação excepcional que o país atravessa. Estas normas foram aprovadas pela 5.<sup>a</sup> Reunião da ABNT como Normas Brasileiras, as três primeiras com pequenas modificações, e a quarta tal como havia sido publicada; perderam assim o caráter de "normas de emergência".

Os artigos das Normas Brasileiras NB-1 e NB-2 modificados pela 5.<sup>a</sup> Reunião da ABNT são os seguintes:

NB-1 — item (b) e (d) das "Notações, Art. 12, 13, 19, 23, 24, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 39, 41, 44, 45, 66, 67, 80, 91, 92, 93 e 95 (acrescentado).

NB-2 — Art. 9, 13, 20, 32, 33, 38, 60, 61 e 62.

Os artigos das Normas Brasileiras NB-4, NB-5 e NB-6, que diferem dos correspondentes nas "Normas de Emergência" de 1943 são os seguintes:

NB-4 — Art. 4, 12 e 15.

NB-5 — Art. 9.

NB-6 — Art. 5.

Grande parte das modificações feitas consistem apenas em aperfeiçoamento da redação, correção de erros tipográficos das publicações anteriores, e introdução na NB-1 de alguns dispositivos da NB-2.

Julgamos interessante chamar a atenção para as seguintes alterações, que importam em modificação essencial de dispositivos existentes ou introdução de novos dispositivos:

## NB-1

Art. 12 — cargas concentradas ou parcialmente distribuídas nas lajes em balanço.

Art. 19 — arredondamento do diagrama dos momentos flectores sobre os apoios monolíticos.

Art. 28 — cintamento de tipo diverso do indicado no Art. 36.

Art. 30 — redução da área mínima da seção transversal da armadura de tração e regra relativa à distância máxima entre o centro de gravidade da seção transversal da armadura de tração e o ponto dessa seção mais afastado da linha neutra.

Art. 33, 34 e 35 — aumento do espaçamento máximo das barras da armadura principal nas lajes armadas em duas direções, e dos estribos nos pilares cintados e nas vigas com armadura de compressão.

Art. 36 — espaçamento máximo dos anéis de cintamento.

Art. 67 — interrupção da concretagem nas lajes nervuradas.

Art. 91 — aumento do limite máximo da tensão admissível nos blocos de apoio, e nas articulações tipo Freyssinet ou nas articulações de concreto a serem calculadas pelo fórmula de Hertz.

Art. 92 — aumento das tensões admissíveis de cisalhamento nos concretos dosados racionalmente;  
— critério de resistência nos estados múltiplos de tensão nas peças celulares ou em lâminas.

## **NB-2**

Art. 13 — redução da pressão do vento a ser considerada no cálculo das pontes de 150 para 100 kg/m<sup>2</sup> (ponte carregada) e de 250 para 150 kg/m<sup>2</sup> (ponte descarregada).

Art. 20 — modificação da condição para que lajes contínuas possam ser calculadas como lajes independentes.

Art. 33 — modificação do critério de resistência nos estados múltiplos de tensão que ocorrem nas peças celulares ou em lâminas.

Art. 60 — aumento do limite máximo da tensão admissível no centro de gravidade da seção transversal de arcos ou abóbadas;  
— aumento do limite máximo da tensão admissível nos blocos de apoio e nas articulações tipo Freyssinet ou nas articulações de concreto a serem calculadas pela fórmula de Hertz.

Art. 62 — aumento das tensões máximas admissíveis de cisalhamento.

## **NB-4**

Art. 4 — redução da largura mínima das nervuras.

Art. 15 — redução do limite máximo da tensão admissível nos tijolos.



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**  
1946

**CAPITULO I**

**GENERALIDADES**

Para efeito desta Norma são adotadas as seguintes notações:

**a) Dimensões**

- $a'$  = extensão de uma carga parcialmente distribuída, medida na direção da armadura principal.
- $a''$  = extensão de uma carga parcialmente distribuída, medida transversalmente à armadura principal.
- $a_o$  = espessura de um pilar de laje cogumelo ou da parte superior de seu capitel, medida na direção de  $l_o$ .
- $b$  = largura das vigas de seção retangular ou da parte da laje que intervém no cálculo das vigas T.
- $b_o$  = largura da nervura das vigas T (nas vigas de seção retangular significa o mesmo que  $b$ ).
- $d$  = altura total das lajes ou das vigas de seção retangular;
- $d'$  = diâmetro do núcleo de uma peça cintada, medido de eixo a eixo das barras do cintamento.
- $d_o$  = altura das vigas T.
- $e$  = excentricidade de uma força normal =  $M/N$ .
- $e'$  = espessura do revestimento de uma laje, destinada a distribuir sobre esta as cargas concentradas.
- $h$  = distância do centro de gravidade da armadura de tração à face comprimida, na seção transversal de uma peça flectida (altura útil).
- $h'$  = distância do centro de gravidade da armadura de compressão à face comprimida, na seção transversal de uma peça flectida.
- $l$  = vão teórico de uma laje ou viga, ou altura de um pilar (incluindo o capitel, no caso da laje cogumelo).
- $l'$  = vão livre de uma laje ou viga.
- $l_o$  = distância entre os eixos de dois pilares consecutivos de uma laje cogumelo (numa dada direção).
- $t$  = espaçamento dos estribos ou dos anéis de cintamento ou passo da hélice de cintamento.
- $u$  = perímetro da seção transversal de uma barra de armadura.
- $u_t$  = soma dos  $u$  das barras da armadura de tração ou dos arcos em contato com o concreto das barras dos feixes.
- $x$  = distância da linha neutra à face comprimida, na seção transversal de uma peça flectida.
- $z$  = distância entre os pontos de aplicação das resultantes das tensões de tração e compressão, na seção transversal de uma peça flectida (braço de alavanca).



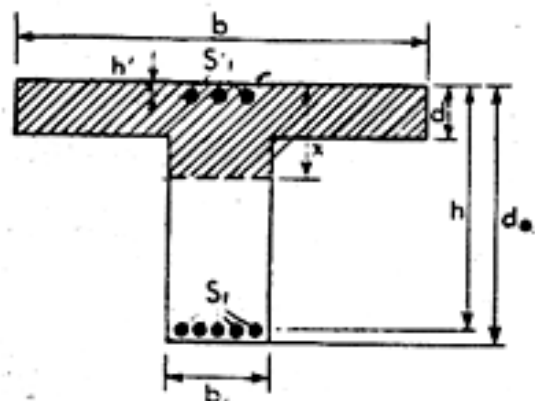


# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

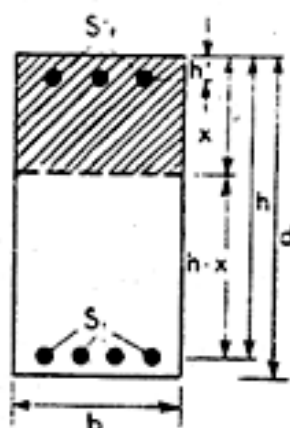
Norma Brasileira

NB - 1

1946



Viga T



Viga de seção retangular

$\delta$  = diâmetro de uma barra de armadura longitudinal.

$\delta'$  = diâmetro de uma barra da armadura transversal (estribo ou cintamento).

## b) Áreas

$S_c$  = área da seção da peça.

$S_a$  = área da seção da armadura de protensão.

$S_l$  = área da seção da armadura longitudinal, nas peças submetidas a compressão axial, ou da armadura de tração, nas peças flectidas.

$S'_l$  = área da seção da armadura de compressão, nas peças flectidas.

$S_h$  = área da seção homogeneizada.

$S_n$  = área da seção transversal do núcleo de

$$\text{uma peça cintada} = \frac{\pi d'^2}{4}$$

$S_o$  = área da parte central carregada de um bloco de apoio (art. 91, alínea 4).

$S_s$  = área fictícia (volume por unidade de compri-

$$\text{mento da peça) do cintamento} = \frac{\pi^2 d' \delta^2}{4 t}$$

## c) Esforços solicitantes

$g$  = carga permanente uniformemente distribuída.

$G$  = carga permanente concentrada.

$H$  = componente horizontal da reação de apoio.

$M$  = momento flector.

$M_e$  = momento flector num engastamento de viga suposto perfeito.

$M_t$  = momento de torção.

$M_v$  = momento volvente.

$N$  = força normal (positiva, se tração; negativa, se compressão).

$p$  = carga acidental uniformemente distribuída.

$P$  = carga acidental concentrada.

$q$  = carga total uniformemente distribuída =  $p + g$ .

$Q$  = força cortante.

$R$  = reação de apoio.

$V$  = componente vertical da reação de apoio.



# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

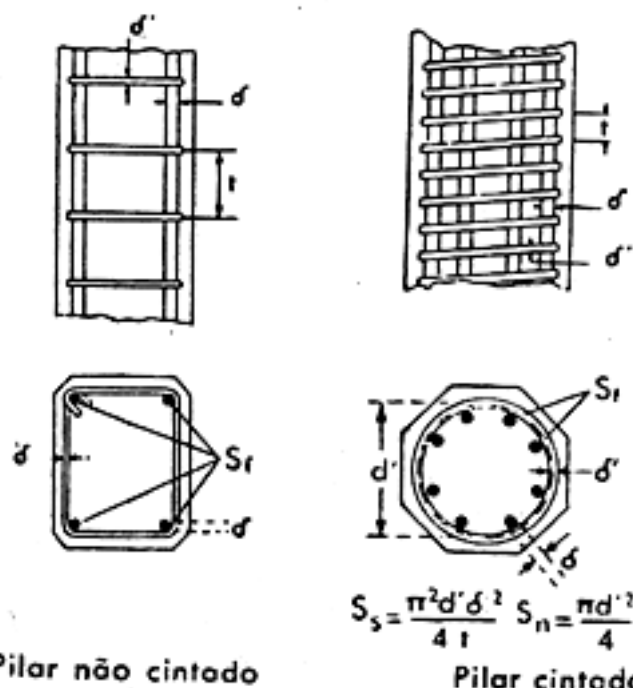
Norma Brasileira

NB - 1

1946

## d) Tensões

- $\sigma_a$  = tensão na armadura de protensão.  
 $\sigma_c$  = tensão máxima de compressão no concreto.  
 $\bar{\sigma}_c$  = tensão admissível de compressão no concreto.  
 $\sigma_{ck}$  = tensão de ruptura do concreto a compressão com k dias (MB-2 e MB-3).  
 $\sigma_e$  = limite de escoamento do material da armadura (EB-3).  
 $\sigma_f$  = tensão na armadura de tração das peças flectidas ou na armadura das peças comprimidas.  
 $\sigma_t$  = tensão na armadura de compressão das peças flectidas.  
 $\sigma_t$  = tensão máxima de tração no concreto.  
 $\sigma_{tk}$  = tensão de ruptura do concreto a tração na flexão com k dias.  
 $\sigma_{tsk}$  = tensão de ruptura do concreto a tração simples com k dias.  
 $\sigma_1$  = maior tensão principal de tração (considera-se nula se não houver tensão de tração).  
 $\sigma_{11}$  = maior tensão principal de compressão (considera-se nula se não houver tensão de compressão).  
 $\tau$  = tensão de cisalhamento no concreto.  
 $\tau_a$  = tensão de aderência da armadura ao concreto.



## e) Diversos

- $E_c$  = módulo de elasticidade do concreto.  
 $E_f$  = módulo de elasticidade do material da armadura.  
 $i$  = menor raio de giração da seção transversal de uma peça não cintada ou do núcleo de uma peça cintada.



# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

$J$  = momento de inércia.  
 $m$  = inverso do coeficiente de Poisson.  
 $n = E_t/E_c$ .  
 $W$  = módulo de resistência.  
 $w = J/l$ .  
 $w_i$  =  $w$  do pilar inferior.  
 $w_s$  =  $w$  do pilar superior.  
 $w_v$  =  $w$  da viga.  
 $\theta$  = ângulo das faces superior e inferior de uma viga ou laje de altura variável.  
 $\mu = S_t/bh$  numa peça com armadura de tração ou  $S_t/S_c$  numa peça sem armadura de tração.

## Objetivo

Art. 1 — Esta Norma fixa as condições gerais que devem ser obedecidas no cálculo e na execução de obras de concreto armado.

## Projeto das obras

Art. 2 — As obras a serem executadas total ou parcialmente com concreto armado deverão obedecer a projetos organizados de acordo com esta norma. Estes projetos compreenderão cálculos estáticos, desenhos e memorial justificativo e só poderão ser assinados por profissionais diplomados de acordo com a legislação em vigor.

## Administração da obra

Art. 3 — No local da construção deve sempre haver, na ausência do responsável por ela, um seu preposto, com plenos poderes para representá-lo na administração da obra e nas relações com a Fiscalização. A indicação desse preposto deve ser previamente feita à Fiscalização e por ela aprovada.

## CAPÍTULO II

### ESFORÇOS SOLICITANTES

#### A — DISPOSIÇÕES GERAIS

##### Cálculo dos esforços solicitantes

Art. 4 — No cálculo dos esforços solicitantes, a ser feito de acordo com os princípios da estática das construções e com o disposto nesta Norma, devem ser consideradas a influência das cargas permanentes, e das cargas acidentais e a dos demais fatores que possam produzir esforços adicionais importantes. Estes fatores serão considerados de acordo com os regulamentos em vigor ou com as condições peculiares a cada obra, aplicando-se, à temperatura e à retração, o disposto nos artigos 6 e 7.





## Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

### Cargas acidentais

Art. 5 — cargas acidentais, multiplicadas pelos respectivos coeficientes de impacto, são as fixadas nos regulamentos oficiais ou nos que se estabeleceram para cada caso especial e devem ser dispostas na posição mais desfavorável para a seção estudada, ressalvado o caso do art. 19, alínea f).

### Temperatura

Art. 6 — Supõe-se para o cálculo que as variações de temperatura sejam uniformes ao longo da estrutura, salvo o caso de obras destinadas a serem submetidas simultaneamente em seus diversos pontos a sensíveis diferenças de temperatura. O coeficiente de dilatação térmica do concreto armado é considerado igual a  $10^{-5}$  por  $^{\circ}\text{C}$ .

A variação de temperatura do concreto, causada pela variação de temperatura da atmosfera, depende do local da obra e deve ser considerada entre  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  em torno da média. Para peças cuja dimensão mínima não seja inferior a 70 cm, admite-se que essa oscilação seja reduzida, respectivamente, para  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ . Para a fixação dessa dimensão os espaços vazios inteiramente fechados não serão descontados.

Em peças permanentemente envolvidas de terra ou água e em edifícios que não tenham, em planta, dimensão não interrompida por junta de dilatação maior que 50 metros, dispensa-se o cálculo da influência da temperatura.

### Retração

Art. 7 — O efeito da retração será considerado como equivalente a uma queda de temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ , salvo nos arcos e abóbadas com menos de 0,5% e 0,1% de armadura, onde essa queda deve ser elevada respectivamente para  $20^{\circ}\text{C}$  e  $25^{\circ}\text{C}$ .

### Engastamento parcial

Art. 8 — Deve-se considerar no cálculo a influência desfavorável de um engastamento parcial, sempre que não se tomem, no projeto e na execução dos apoios, as precauções necessárias para garantir as condições de engastamento perfeito ou de apoio livre.

### Mísulas

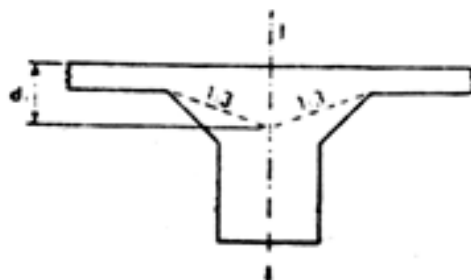
Art. 9 — Não se consideram no cálculo de lajes e vigas inclinações de mísulas, sobre a horizontal, maiores que 1:3.

## B — LAJES

### Vão teórico

Art. 10 — Considera-se vão teórico:

a) de uma laje isolada: o vão livre acrescido da espessura da laje no meio do vão:





**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

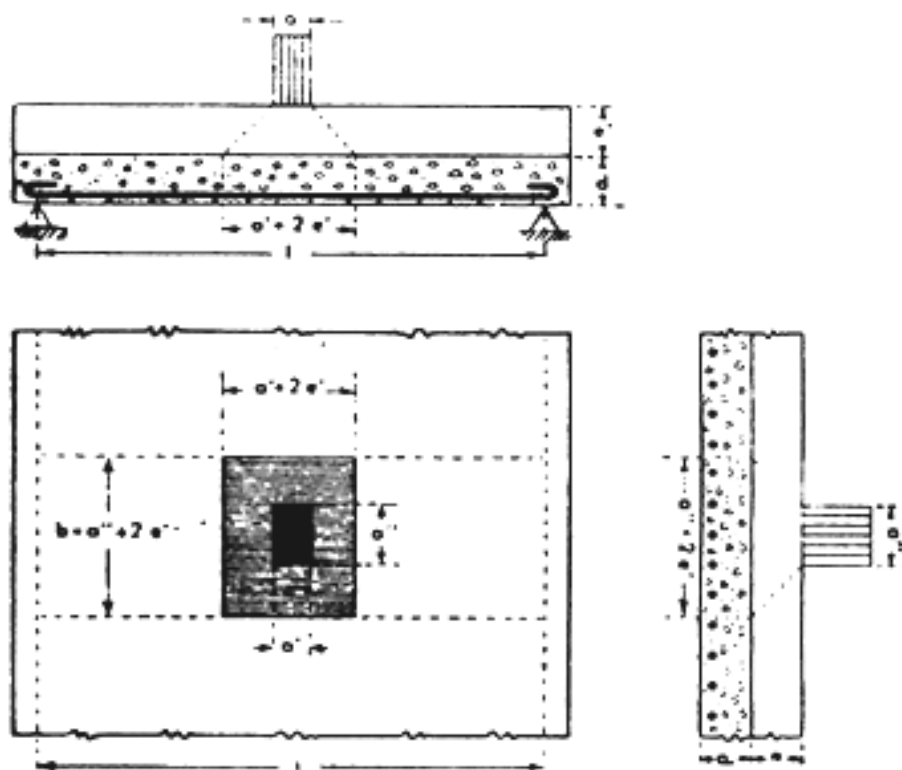
**1946**

b) de uma laje contínua, vão intermediário: a distância entre os centros dos apoios;

c) de uma laje contínua, vão extremo: o vão livre acrescido da semi-largura do apoio interno e da semi-espessura no meio do vão.

**Armadura de tração sobre os apoios**

Art. 11 — Nas lajes engastadas ou contínuas, quando não for provado o contrário, admite-se que as barras, colocadas para resistir aos esforços de tração dos momentos negativos sobre os apoios, se devam estender até um quinto do vão.



**Distribuição das cargas**

Art. 12 — Supõe-se que as cargas concentradas ou parcialmente distribuídas se estendam na direção da armadura principal sobre uma distância  $a' + 2e'$  e que a largura da faixa da laje que as suporta seja  $b = a' + 2e'$ . Este último valor pode ser aumentado nos seguintes casos:

- a) de dois metros, até  $b = 2/3 l$ , no cálculo da flexão, se a carga se achar a mais de um metro do apoio;
- b) de um metro, até  $b = 1/3 l$ , no cálculo do cisalhamento, se a carga se achar a mais de meio metro do apoio;
- c) para  $a' + 5d$ , no cálculo do cisalhamento, se a carga se achar junto ao apoio.

A adoção dos valores citados de  $b$  está subordinada às seguintes condições:

- 1) que  $b$  não seja maior que a largura da laje nem maior que a distância do centro da carga à borda da laje acrescida de  $b/2$ ;



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

**1946**

2) que a armadura de distribuição não seja menor que 0,1 da principal. No caso das alíneas a) e c) esse fator deve ser acrescido de 0,01 por decímetro de aumento atribuído ao primitivo valor de b.

Nas lajes em balanço, desde que a armadura de distribuição não seja menor que 0,1 da principal, admite-se que a seção útil cresça, a partir da carga, segundo ângulos de 45°, medidos para cada lado da perpendicular à viga de apoio tirada do centro de aplicação da carga.

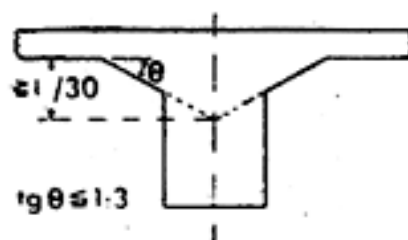
**Lajes contínuas armadas numa única direção**

Art. 13 — As lajes contínuas armadas numa única direção devem ser calculadas como vigas contínuas livremente apoiadas, com as seguintes modificações:

a) Não serão considerados, nos vãos, momentos positivos menores que os que se obteriam se houvesse engastamento perfeito da laje nas extremidades dos referidos vãos.

b) Os momentos negativos, nos vãos, oriundos da carga accidental, podem ser reduzidos à metade, desde que haja solidariedade da laje com as vigas que lhe servem de apoio.

c) Em edifícios, quando o menor vão da laje contínua não for inferior a 80% do maior, permite-se calcular os momentos máximos e mínimos, oriundos de carga uniformemente distribuída, com a fórmula  $M = ql^2/k$ , sendo k igual a (a 1.ª coluna refere-se ao caso de haver mísulas nas condições do art. 9 com altura sobre o apoio não inferior a 1/30 e a 2.ª aos demais casos);



Momentos negativos sobre os apoios, havendo mais de dois vãos (no caso de vãos desiguais l designa a média aritmética dos dois adjacentes ao apoio considerado)

apoios internos dos vãos extremos .....	- 8	- 9
demais apoios intermediários .....	- 9	- 10

Idem, havendo dois vãos

apoio intermediário .....	- 7	- 8
---------------------------	-----	-----

Momentos positivos nos vãos

vãos extremos .....	12	11
vãos intermediários .....	18	15

Os momentos negativos nos vãos, sendo l o vão maior, podem ser calculados pela fórmula:

$$M = \frac{l^2}{24} \left( g - \frac{p}{2} \right)$$



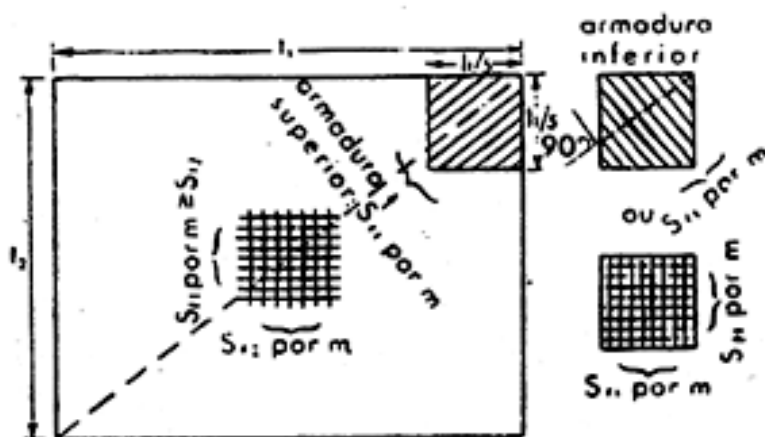
### Lajes armadas em cruz

Art. 14 — As lajes retangulares armadas em cruz devem ser calculadas por um dos três processos seguintes:

a) Como grelha, pelas vigas ortogonais. Permite-se, no caso de cargas uniformes, supô-las divididas em dois quinhões agindo, cada um, sobre as vigas de cada direção e determinados de modo a haver coincidência da flecha máxima das vigas ortogonais centrais.

b) Como placa, pela teoria matemática da elasticidade. A placa pode ser suposta isotrópica ou ortótropa, com  $m = 6$ .

c) Como laje, pelo método simplificado de Marcus. Em edifícios, permite-se a não consideração dos momentos volventes, salvo nos cantos simplesmente apoiados das lajes. Ainda neste caso, dispensa-se o cálculo dos momentos volventes, se forem adicionadas nos cantos, abrangendo um quadrado de lado igual a  $1/5$  do lado maior da laje, duas armaduras — uma superior paralela à diagonal e outra inferior a ela perpendicular — ambas iguais, por unidade de largura, à armadura do centro da laje, na direção mais armada; a armadura inferior pode ser substituída por uma armadura em cruz, paralela às bordas da laje, igual, em cada direção à citada armadura do centro da laje. No caso de cargas uniformemente distribuídas admite-se que as reações também se distribuam uniformemente ao longo das bordas.



### Lajes nervuradas

Art. 15 — As lajes nervuradas, assim consideradas as lajes cuja parte de baixo é constituída por nervuras entre as quais podem ser postos materiais inertes, de modo a tornar plana a superfície inferior, podem ser calculadas de acordo com os arts. 10 a 14, desde que se observem as prescrições do Capítulo IV sobre lajes e o seguinte:

- a) a distância livre entre nervuras não deve ultrapassar 100 cm;
- b) a espessura das nervuras não deve ser inferior a 4 cm e a da mesa não deve ser menor que 4 cm nem que  $1/15$  da distância livre entre nervuras;
- c) a resistência da mesa à flexão e das nervuras ao cisalhamento deve ser demonstrada sempre que haja carga concentrada ou que a distância livre entre nervuras supere 50 cm;



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

**1946**

d) o apoio das lajes deve ser feito ao longo de uma nervura; nas lajes armadas numa só direção, são necessárias nervuras transversais sempre que haja cargas concentradas a distribuir ou quando o vão teórico for superior a 4 metros, exigindo-se duas nervuras, no mínimo, se esse vão ultrapassar 6 metros;

e) não é permitido colocar, no caso de momentos flectores negativos, armadura de compressão nas nervuras.

**Lajes cogumelos**

Art. 16 — As lajes retangulares apoiadas em pilares com capitéis devem ser calculadas por um dos dois processos seguintes:

a) Como placa, pela teoria matemática da elasticidade. A placa pode ser suposta isótropa ou ortótropa, com  $m = 6$ .

b) Como vigas contínuas solidárias com os pilares. Admite-se a laje dividida em duas séries ortogonais de vigas considerando-se no cálculo de cada série o total das cargas. A distribuição dos momentos — se se dividirem os painéis das lajes, com os cantos correspondendo aos pilares, em quatro faixas iguais — faz-se do seguinte modo: 45% dos momentos positivos para as duas faixas internas e 27,5% para cada uma das faixas externas; 25% dos momentos negativos para as faixas internas e 37,5% para cada uma das faixas externas.

**C — VIGAS**

**Vão teórico**

Art. 17 — Considera-se vão teórico:

a) de uma viga isolada: a distância entre o centro dos apoios não se considerando valores maiores que 1,05 l';

b) de uma viga contínua, vão intermediário: a distância entre os centros dos apoios;

c) de uma viga contínua, vão extremo: o vão livre acrescido da semi-largura do apoio interno e de 0,03 l'.

Quando o vão teórico for menor que o dobro da altura útil da viga, esta deve ser calculada como parede.

**Viga T**

Art. 18 — No cálculo de uma viga T só podem ser consideradas lajes que obedeçam, no que lhes for aplicável, às prescrições desta Norma.

A parte da laje que se pode considerar como elemento da viga, medida para cada lado a partir do eixo da nervura, não deve ultrapassar:

a) a metade do vão teórico entre nervuras.

b) a quarta parte do vão livre da viga;

c) a metade da largura da nervura mais o comprimento da mísula (não se considerando valores superiores a 3d, nem inclinações sobre a horizontal, menores que 1:3), mais a espessura da laje multiplicada por um dos seguintes coeficientes:



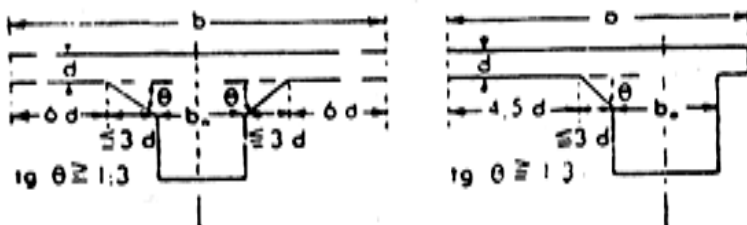
# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

1 para vigas isoladas, 4,5 para vigas de extremidade e 6 para vigas intermediárias.



No cálculo de deformações elásticas ou de grandezas hiperestáticas, deve-se tomar obrigatoriamente o menor dos dois valores obtidos com as prescrições do item a) e do item c), reduzidos, neste, os dois últimos coeficientes respectivamente para 2,25 e 3.

## Vigas contínuas

Art. 19 — Permite-se, em edifícios, considerar as vigas contínuas sem as ligações rígidas com os apoios, devendo-se porém observar o seguinte:

a) Não serão considerados momentos positivos, nos vãos, menores que os que se obteriam se houvesse engastamento perfeito da viga nas extremidades dos referidos vãos.

b) Os momentos negativos, nos vãos, oriundos da carga accidental, podem ser reduzidos a dois terços do seu valor, desde que haja solidariedade das vigas com os pilares.

c) Sobre os apoios monolíticos, permite-se arredondar o diagrama dos momentos flectores, tomando para valor máximo do momento negativo a média entre o máximo calculado e a semi-soma dos que se verificam nas faces do pilar. Na fixação da altura útil da seção sobre o pilar, observa-se o disposto no art. 9.

d) Quando a viga for solidária com os pilares intermediários e a relação da largura do apoio, medida na direção da viga, para a altura do pilar, for maior que 1:5, deve-se calculá-la como engastada.

e) Quando não se fizer o cálculo exato da influência da solidariedade dos pilares com a viga, admite-se que nos apoios extremos atue um momento flector igual a

$$M_e = \frac{w_1 + w_n}{w_v + w_1 + w_n}$$

f) Admite-se que a posição mais desfavorável das cargas accidentais uniformemente distribuídas se obtenha quando cada um dos vãos estiver totalmente carregado, ou totalmente descarregado, na combinação mais desfavorável para a seção considerada.

g) As reações das vigas de mais de dois vãos, desde que o menor vão não seja inferior a 30% do maior, para efeito do cálculo dos pilares, podem ser calculadas considerando os trechos sobre cada vão como independentes dos outros e livremente apoiados.





# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

## D — PILARES

### Pilares em edifícios

Art. 20 — Na falta de cálculo rigoroso, permitem-se, em edifícios, as seguintes simplificações:

a) os pilares intermediários podem ser calculados — desprezando o efeito da solidariedade das vigas — como submetidos a compressão axial, aplicado o disposto no art. 19, alínea g);

b) os momentos flectores, nos nós dos pilares extremos, que devem sempre ser verificados à flexão composta, podem ser calculados pelas fórmulas:

$$\text{pilar superior: } - M_s \frac{w_s}{w_v + w_i + w_s};$$

$$\text{pilar inferior: } + M_s \frac{w_i}{w_v + w_i + w_s}$$

quando a extremidade oposta do pilar for engastada, admite-se que o momento no engastamento seja igual aos anteriores divididos por -2.

## CAPÍTULO III

### ESFORÇOS RESISTENTES

#### Deformações e grandezas hiperestáticas.

Art. 21 — No cálculo das deformações elásticas e das grandezas hiperestáticas, deve-se atribuir ao concreto um módulo de elasticidade, tanto para a tração como para a compressão, dez vezes menor que a do aço (estádio I). Na determinação das grandezas hiperestáticas, a área e o momento de inércia das seções poderão ser calculados para a seção do concreto sem consideração das armaduras.

#### Compressão axial

Art. 22 — No cálculo das peças de concreto armado solicitadas a compressão axial, admite-se que a resistência das mesmas seja igual à soma das resistências admissíveis de seus elementos (concreto e aço) considerados separadamente.

#### Flexão

Art. 23 — O cálculo das peças de concreto armado submetidas a esforços de flexão simples ou composta, salvo o disposto no art. 21, deve ser feito supondo-se (estádio II):

- a) que seja nula a resistência à tração do concreto, salvo quando em uma mesma seção transversal a máxima tensão de tração não ultrapassar 25% da máxima tensão de compressão (em qualquer caso, a armadura deve ser capaz de resistir a todos os esforços de tração);



# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

- b) que as deformações de um elemento da peça sejam proporcionais a sua distância à linha neutra;
- c) que o aço tenha um módulo de elasticidade constante; e
- d) que o módulo de elasticidade do concreto seja também constante e quinze vezes menor que o do aço.

Em estruturas não sujeitas a vibrações ou a choques permite-se, desde que se use um coeficiente de segurança não inferior a dois, que as peças submetidas a flexão simples sejam dimensionadas em função da carga de ruptura, calculada supondo-se válidas as alíneas a) a c) acima e mais (estádio III):

- 1) que a ruptura se dê quando as tensões atingirem simultaneamente, no aço, o limite de escoamento e, no concreto, os três quartos da resistência à compressão de que trata o art. 85; e
  - 2) que a distribuição das tensões de compressão no concreto seja uniforme.
- As peças solicitadas por flexão oblíqua permite-se a aplicação do disposto no art. 32 da NB-2.

## Flambagem

Art. 24 — Sempre que haja dúvida sobre a resistência à flambagem de uma determinada peça da estrutura, deve-se fazer a demonstração de sua estabilidade. Essa demonstração é dispensável para peças submetidas a compressão axial, cujas extremidades não sejam livres:

- a) quando  $l/i \leq 50$ ; ou
- b) quando  $l/i > 50$ , se para o cálculo se tiver dividido a carga por  $(1,5 - 0,01 l/i)$ .

Para peças retas submetidas a compressão excêntrica, permite-se a verificação da resistência à flambagem por esse mesmo processo, supondo-se a carga agindo axialmente.

As vigas, arcos e abóbadas, aplica-se o disposto nos arts. 30 e 31 da NB-2.

## Torção

Art. 25 — As peças submetidas a torção, sempre que esta cause tensão de cisalhamento superior à prescrita no art. 92, devem ter armaduras calculadas para absorver todos os esforços de tração oriundos da torção.

## Cisalhamento

Art. 26 — O cálculo da tensão de cisalhamento nas peças flectidas de altura constante deve ser feito com a fórmula

$$\tau = \frac{Q}{b_o z}$$

Nas peças de altura variável far-se-á a devida correção subtraindo de  $Q$  (se  $M$  e  $h$  crescerem no mesmo sentido) ou a ele acrescentando (se  $M$  e  $h$  crescerem em sentidos opostos) a quantidade  $\frac{M}{h} \operatorname{tg} \theta$ .



Quando  $\tau$  ultrapassar os valores prescritos no art. 92, deve ser empregada armadura para resistir a todos os esforços de tração oriundos do cisalhamento.

#### **Aderência**

Art. 27 — Havendo, na armadura de tração das peças flectidas, barras de diâmetro maior que 26 mm ou feixes de barras, deve-se calcular sua tensão de aderência ao concreto pela fórmula

$$\tau_a = \frac{b_o}{u_1} \tau$$

Quando houver barras dobradas, calculadas para, juntamente com os estribos, resistirem a todos os esforços de tração oriundos do cisalhamento, permite-se considerar a tensão de aderência nas barras não dobradas como igual à metade da tensão obtida com a fórmula anterior.

#### **Cintamento**

Art. 28 — O efeito do cintamento, executado nos termos do art. 36, é considerado no cálculo como trazendo ao concreto um aumento de tensão admissível à compressão igual a  $\frac{S_s}{S_n} \sigma_c$ , não se computando o concreto que envolve o cintamento.

A resistência total admissível das peças cintadas não deve porém ultrapassar o dobro da resistência calculada como se não houvesse cintamento.

Para os fins deste artigo, considera-se limite de escoamento, nos aços que o não tenham perfeitamente definido, aquele ao qual corresponde a deformação permanente de 0,2%.

Cintamento de tipo diverso do indicado no art. 36 só é permitido nos blocos de apoio ou de articulações, desde que devidamente justificado.

### **CAPITULO IV**

#### **DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS**

##### **A — SEÇÃO TRANSVERSAL DA ARMADURA**

#### **Lajes**

Art. 29 — Nas lajes armadas numa só direção e nas lajes nervuradas, a armadura de distribuição deve ter uma seção transversal de área superior a 0,5 cm<sup>2</sup> por metro linear.

Em toda laje que faça parte de uma viga T deve haver uma armadura perpendicular à nervura, que se estenda por toda a largura útil da mesma laje, com uma seção transversal de área superior a 1,5 cm<sup>2</sup> por metro linear.

#### **Vigas**

Art. 30 — A área da seção transversal da armadura de tração de uma viga não deve ser inferior a 0,25% de  $bh$ , salvo nas vigas T com  $b > 2b_o$ , em que se permite o mínimo de 0,5% de  $b_o h$ . A distância entre o centro de gravidade da armadura de tração e o ponto dessa seção mais afastado da linha neutra não deve ser maior que 6% da altura útil da viga.



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

**1946**

**Pilares não cintados**

Art. 31 — A armadura longitudinal de um pilar não cintado deve ser uma seção transversal compreendida entre 0,8% e 6% da seção do pilar. Permite-se reduzir o primeiro desses limites para 0,5% sempre que  $l/i \leq 30$ . Nos pilares que tenham dimensões superiores às exigidas pelo cálculo, a seção de concreto a considerar, para os fins deste artigo, é apenas a teoricamente necessária.

**Pilares cintados**

Art. 32 — A armadura longitudinal dos pilares cintados deve ter uma seção transversal compreendida entre 0,8% e 8% da seção do núcleo.

**B — ESPAÇAMENTO DAS BARRAS DA ARMADURA**

**Lajes**

Art. 33 — Na região dos maiores momentos, nos vãos das lajes o espaçamento das barras da armadura principal não deve ter mais de 20 cm. Nas lajes armadas numa única direção, esse espaçamento não deve, também, ser maior que 2d.

Os estribos nas lajes nervuradas, sempre que necessários, não devem estar afastados de mais de 20 cm.

A armadura de distribuição das lajes não deve ter menos de 3 barras por metro linear.

**Vigas**

Art. 34 — A armadura longitudinal das vigas pode ser constituída de barras isoladas ou de feixes formados por 2, 3 ou 4 barras, não sendo permitido o uso de feixes de barras de mais de 20 mm de diâmetro.

O espaço entre barras ou feixes da armadura longitudinal de uma viga não deve ser menor que 12 mm nem menor que o diâmetro das próprias barras ou dos feixes.

O espaçamento dos estribos deve ser no máximo igual à metade da altura total da viga, não podendo ir além de 30 cm. Se houver armadura de compressão, indicada pelo cálculo, aquele espaçamento não pode também ser maior que 21 vezes o diâmetro das barras dessa armadura.

**Pilares não cintados**

Art. 35 — Nos pilares não cintados o espaçamento dos estribos não deve ser maior que a menor dimensão do pilar, nem que 21  $\phi$ , nem que  $340 \phi^2/\delta$ , nem que 30 cm.

**Pilares cintados**

Art. 36 — Os pilares cintados são os que possuem armadura de projeção horizontal circular, em hélice ou em anéis, que obedeça às seguintes condições:

$$\begin{aligned} t &\leq d'/5 \\ t &\leq 8 \text{ cm} \\ 0,005 S_n &\leq S_s \leq 3 S_t \end{aligned}$$



# **Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado**

**Norma Brasileira**

**NB - 1**

**1946**

## **C — PROTEÇÃO DA ARMADURA**

### **Cobrimento**

Art. 37 — Todas as barras da armadura, principal ou não, devem ter um cobrimento de concreto nunca menor que:

em lajes e paredes no interior de edifícios .....	1 cm
em lajes e paredes ao ar livre .....	1,5 cm
em vigas, pilares e arcos no interior de edifícios .....	1,5 cm
em vigas, pilares e arcos ao ar livre .....	2 cm
em peças em contato com o solo .....	2 cm.

Neste último caso, exige-se, se o solo não for rochoso, a interposição de uma camada de concreto pobre, não computada no cálculo, com espessura mínima de 5 cm.

No interior de edifícios, permite-se que 0,5 cm do cobrimento exigido seja feito com emboço.

### **Medidas especiais**

Art. 38 — Medidas especiais de proteção devem ser tomadas quando a tensão da armadura de tração ultrapassar 1500 kg/cm<sup>2</sup> e sempre que elementos da estrutura se achem expostos à ação prejudicial de agentes externos, tais como ácidos, álcalis, águas agressivas, óleos e gases nocivos, altas e baixas temperaturas.

## **D — DOBRAMENTO DAS BARRAS DA ARMADURA**

### **Ganchos**

Art. 39 — Todas as barras das armaduras de tração, com diâmetro superior a 7 mm, devem ter em suas extremidades ganchos semi-circulares ou em ângulo agudo dobrados sobre pino com diâmetro mínimo igual a 2,5 vezes o diâmetro da barra e com ponta reta de comprimento não inferior a 4 vezes este diâmetro. As barras das armaduras exclusivamente de compressão não devem ter ganchos.

### **Barras curvadas**

Art. 40 — A permanência na sua posição das barras curvadas, nas zonas de tração, deve ser garantida contra a tendência à retificação, por meio de estribos convenientemente distribuídos. Devem-se evitar mudanças bruscas de direção, sendo preferível prolongar as barras até a zona de compressão. O raio de curvatura interno de uma barra curvada não deve ser menor que 5 vezes o diâmetro da barra.

## **E — EMENDAS DAS BARRAS DA ARMADURA**

### **Condições gerais**

Art. 41 — As barras sujeitas a tração sempre que possível não serão emendadas. Não pode haver mais de uma emenda numa mesma seção transversal, para



# **Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado**

**Norma Brasileira**

**NB - 1**

**1946**

cada grupo de dez barras ou fração. A distância mínima permitida entre duas emendas de uma mesma barra é de 6 metros.

## **Tipos**

Art. 42 — As emendas podem ser de três tipos:

- a) por justaposição;
- b) com luvas de rôscas em sentido contrários;
- c) com solda.

## **Emendas por justaposição**

Art. 43 — Nas emendas por justaposição o comprimento desta será no mínimo igual a 40 vezes o diâmetro das barras que, salvo o caso do art. 39 in fine, terão ganchos nas extremidades. Esse tipo de emendas não pode ser executado em tirantes e pendurais, nem em barras de diâmetro maior de 26 mm.

## **Emendas com luvas**

Art. 44 — Nas emendas com luvas de rôscas de sentidos contrários, o metal das luvas deve ter os mesmos característicos do das barras. Nos cálculos será considerada a seção útil do aço em cada seção transversal, descontada a altura dos filetes das luvas existentes nessa seção.

## **Emendas com solda**

Art. 45 — Aplica-se às emendas com solda o disposto nas especificações em vigor

## **F — CANALIZAÇÕES**

### **Condições gerais**

Art. 46 — A colocação de canalizações, no interior das peças da estrutura de concreto armado, deve ser feita de modo a não haver diminuição da resistência da estrutura.

Nas diversas partes da estrutura, o diâmetro externo das canalizações, salvo o caso em que estas apenas as atravessem de fora a fora no sentido da espessura, não deve ser maior que  $\frac{1}{3}$  da espessura do concreto e o seu espaçamento, de centro a centro, não deve ser menor que 3 diâmetros. Nas peças comprimidas, não é permitida a colocação de canalizações, não previstas no cálculo, que ocupem mais de 4% da seção transversal.

Não se permite a colocação de canalizações destinadas a passagem de fluidos com temperatura que se afaste de mais de 15°C da temperatura ambiente. O emprêgo de canalizações destinadas a suportar pressões internas que ultrapassem de 10% a pressão atmosférica só é permitido, dentro de peças com função estrutural, quando estas são apenas atravessadas por aquelas de fora a fora no sentido da espessura.





## G — DIMENSÕES EXTERNAS DAS PEÇAS

### Espessura das lajes

Art. 47 — A espessura das lajes não deve ser menor que:

- 5 cm, em lajes de cobertura;
- 7 cm, em lajes que não se destinem à passagem de veículos;
- 12 cm, em lajes destinadas à passagem de veículos.

Em lajes cogumelos, esses limites devem ser elevados, respectivamente, para 12 cm, 15 cm e 15 cm.

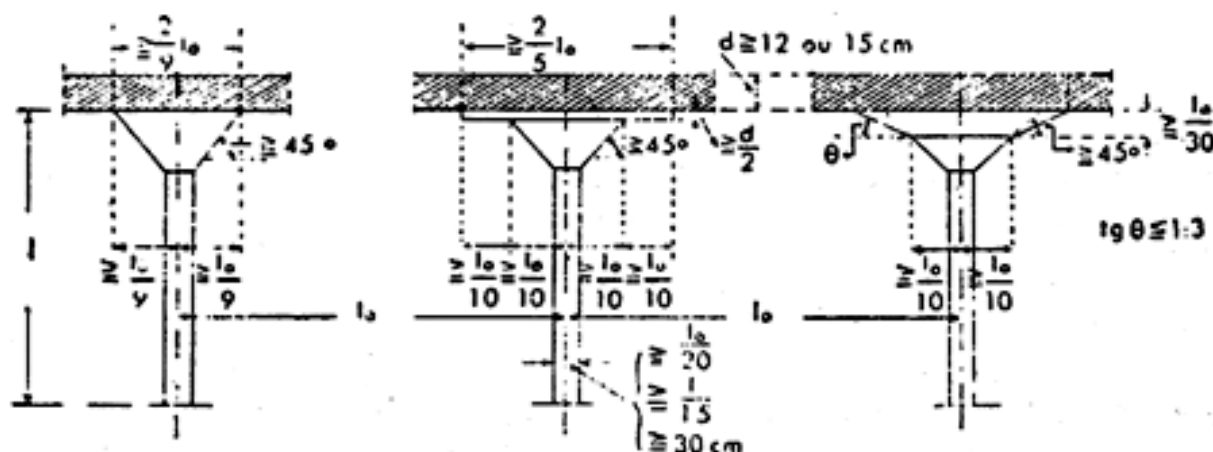
### Altura útil das lajes

Art. 48 — A altura útil das lajes não deve ser menor que:

- 3% do vão teórico, em lajes não contínuas, se não forem engastadas em ambas as extremidades, e nos vãos extremos das lajes contínuas não engastadas na extremidade;
- 2,5% do vão teórico, em lajes engastadas nas duas extremidades e nos vãos das lajes contínuas não incluídos no item anterior.

No caso de lajes nervuradas, as porcentagens acima, referindo-se à altura útil das nervuras, aplicam-se a um vão fictício igual a 1,5 vez o vão real.

No caso de lajes armadas em cruz e apoiadas nos quatro lados, se a relação do maior para o menor vão não for superior a 1,5, as porcentagens acima aplicam-se a um vão fictício igual a 2/3 do vão menor.



### Extensão dos apoios das lajes

Art. 49 — A extensão dos apoios extremos de uma laje não deve ser menor que a espessura desta.

### Largura das vigas

Art. 50 — As vigas retangulares e as nervuras das vigas T não devem ter largura menor que 8 cm.



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**  
**1946**

**Dimensões dos pilares**

Art. 51 — A menor dimensão dos pilares não cintados e o diâmetro do núcleo dos pilares cintados não devem ser inferiores a 20 cm, nem a 1/25 de sua altura.

Se os pilares suportarem lajes cogumelos, esses limites devem ser elevados respectivamente para 30 cm e 1/15, devendo-se ter, ainda,  $a_0 \geq l_0/20$ .

**Dimensões dos capitéis**

Art. 52 — As dimensões dos capitéis dos pilares que suportam lajes cogumelos devem obedecer às seguintes prescrições:

- a)  $a_0 \geq 2/9 l_0$ , se não houver mísulas nem reforço da laje.
- b)  $a_0 \geq 1/5 l_0$ , se houver mísula. Esta deve estar de acordo com o disposto no art. 9 e ter uma altura, acima do capitel, maior que  $l_0/30$ .
- c)  $a_0 \geq 1/5 l_0$ , se houver reforço da laje. Este deve consistir numa placa de espessura não menor que  $d/2$  e de comprimento não menor que  $2/5 l_0$ .
- d) A inclinação útil dos capitéis, sobre a horizontal, não pode ser menor que 45°.

**CAPITULO V**

**EXECUÇÃO DAS OBRAS**

**A — FORMAS E ESCORAMENTOS**

**Forma**

Art. 53 — As fôrmas devem-se adaptar exatamente às formas e dimensões das peças da estrutura projetada e devem ser construídas de modo a não se poderem deformar sensivelmente, quer sob a ação de fatores ambientes, quer sob a da carga, especialmente a do concreto fresco nas colunas e paredes. Nas peças de grande vão deve-se dar às fôrmas a sobrelevação necessária para compensar a deformação inevitável provocada pelo peso do material nelas introduzido.

**Resistência**

Art. 54 — As fôrmas e os escoramentos devem ser construídos de modo tal que as tensões nêles provocadas, quer pelo seu peso e pelo da estrutura, quer pelas cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, não ultrapassem os limites de segurança consagrados pela prática, para os materiais de que são feitos. Igual precaução deve ser tomada quanto às tensões provocadas, no solo ou no piso inferior dos prédios de vários pavimentos, pelas cargas transmitidas pelo escoramento. Quanto aos escoramentos de mais de 5 metros de altura, pode a Fiscalização exigir demonstração de sua estabilidade. Em qualquer caso não se admitem pontaletes de madeira de seção menor de 5 cm x 7 cm. Os pontaletes de mais de 5 metros de comprimento devem ser contraventados, salvo se for demonstrada a desnecessidade dessa medida para prevenir a flambagem.



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

**1946**

**Emendas nos pontaletes**

Art. 55 — Cada pontalete só pode ter uma emenda, a qual não deve ser feita no terço médio de seu comprimento. Nas emendas dos pontaletes de madeira, os topos das duas peças a emendar devem ser planos e normais ao eixo comum; em todas as faces laterais dum pontalete emendado devem ser pregadas cobre-juntas de madeira.

**Dispositivo para a retirada das fôrmas e do escoramento**

Art. 56 — A construção das fôrmas e do escoramento deve ser feita de modo a haver facilidade na retirada dos seus diversos elementos. Para que se possa fazer esta retirada sem choques, o escoramento deve apoiar-se sobre cunhas, caixas de areia ou outros dispositivos apropriados a esse fim. Quando as fôrmas tiverem ligações metálicas internas, estas devem ser construídas de modo que se possa posteriormente dar-lhes um cobrimento de acôrdo com o disposto no art. 37.

**Precauções anteriores ao lançamento do concreto**

Art. 57 — Antes do lançamento do concreto devem ser vedadas as juntas e feita a limpeza do interior das fôrmas. Nas fôrmas de vigas estreitas e profundas, de paredes e de colunas, devem-se deixar, até o lançamento do concreto, aberturas, próximas ao fundo, para que se possa fazer a limpeza dêste.

As fôrmas devem ser molhadas até a saturação; para o escoamento da água em excesso haverá furos nas fôrmas de vigas, paredes e colunas.

**B — ARMADURA**

**Limpeza**

Art. 58 — Antes de serem introduzidas nas fôrmas, as barras de aço deverão ser cuidadosamente limpas.

**Dobramento**

Art. 59 — Os ferros devem ser dobrados de acôrdo com o projeto. O dobramento deve ser feito, sempre que possível, a frio; havendo necessidade de ser feito a quente, não deve o aquecimento ser excessivo afim de que não fiquem prejudicadas as qualidades do metal.

**Emendas**

Art. 60 — Emendas de barras da armadura, não previstas no projeto, só podem ser feitas com prévia autorização da Fiscalização.

**Montagem**

Art. 61 — A armadura deve ser montada no interior das fôrmas na posição indicada no projeto e de modo que se mantenha firme durante o lançamento do concreto, conservando-se inalteradas as distâncias das barras entre si e às faces internas das fôrmas. Permite-se, para isso, o uso de arame e tarugos de aço ou de tacos de concreto; nunca, porém, é admitido o emprêgo de aço, cujo cobrimento, depois de lançado o concreto, tenha uma espessura menor que a prescrita no art. 37. Nas lajes



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**  
**1946**

deve ser feita amarração dos ferros em todos os cruzamentos. A montagem da armadura deve ser terminada antes do início da concretagem.

**Proteção**

Art. 62 — Antes e durante o lançamento do concreto, as plataformas de serviço devem estar dispostas de modo a não acarretarem deformações às armaduras.

**C — AMASSAMENTO DO CONCRETO**

**Amassamento manual**

Art. 63 — O amassamento manual do concreto, a empregar-se somente em obras de pequena importância e quando permitido pela Fiscalização, deve ser realizado sobre um estrado ou superfície plana impermeável e resistente. Misturam-se primeiramente a seco os agregados e o cimento, de maneira a obter-se uma cor uniforme. Em seguida, adiciona-se aos poucos a água necessária, prosseguindo-se a mistura até conseguir-se u'a massa de aspeto uniforme. Não é permitido amassar-se, de cada vez, um volume de concreto superior a 350 litros.

**Amassamento mecânico**

Art. 64 — O amassamento mecânico deve ser contínuo e durar pelo menos um minuto a contar do momento em que todos os componentes do concreto tiveram sido lançados na betoneira.

**D — CONCRETAGEM**

**Transporte**

Art. 65 — O concreto deve ser transportado do local de amassamento para o de lançamento tão rapidamente quanto possível e o meio de transporte deve ser tal que não acarrete separação de seus elementos ou perda de qualquer deles.

**Lançamento**

Art. 66 — O concreto deve ser lançado logo após a sua confecção, não sendo permitido, entre o amassamento e o lançamento, intervalo superior a trinta minutos. Não se admite o uso de concreto remisturado.

Para os lançamentos que tenham de ser feitos a seco, em recintos sujeitos à penetração de águas, devem-se tomar as precauções necessárias para que não haja água no local em que se lança o concreto nem possa o concreto fresco ser por ela lavado.

**Juntas de concretagem**

Art. 67 — Quando o lançamento do concreto for interrompido e, assim, formar-se uma junta de concretagem, devem ser tomadas as precauções necessárias para garantir, ao reiniciar-se o lançamento, a suficiente ligação do concreto já endurecido com o do novo trecho. A Fiscalização pode exigir que essas precauções consistam em se deixarem barras cravadas ou redentes no concreto mais velho. Antes de reiniciar-



# **Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado**

**Norma Brasileira**

**NB - 1**

**1946**

se o lançamento, deve ser removida a nata e feita a limpeza da superfície da junta. Não é permitida interrupção de concretagem entre a nervura e a mesa das vigas T e das lajes nervuradas.

## **Plano de lançamento**

Art. 68 — Nas grandes estruturas, far-se-á o lançamento do concreto de acordo com um plano, que será organizado tendo em vista o projeto de escoramento e as deformações que serão nele provocadas pelo peso próprio do concreto fresco e pelas cargas eventuais de serviço.

## **Adensamento**

Art. 69 — Durante e imediatamente após o lançamento, o concreto deve ser ou vibrado ou socado contínua e enérgicamente por meio de hastes de socamento apropriadas. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto envolva completamente a armadura e atinja todos os recantos da fôrma. Durante o adensamento devem ser tomadas as precauções necessárias para que não se altere a posição da armadura nem se formem ninhos no agregado.

## **E — CURA, RETIRADA DAS FÔRMAS E PROVA DE CARGA**

### **Cura**

Art. 70 — As superfícies do concreto expostas a condições que acarretem secamento prematuro, devem ser protegidas por meios adequados de modo a se conservarem úmidas durante, pelo menos, sete dias contados do dia do lançamento.

### **Prazos para a retirada das fôrmas**

Art. 71 — A retirada das fôrmas só pode ser feita quando, a critério da Fiscalização, já se achar o concreto suficientemente endurecido para resistir às cargas que sobre ele atuam. Todavia não deve ter lugar, salvo no caso do art. 85 in fine, antes dos seguintes prazos (a 1.ª coluna refere-se ao cimento portland comum e a 2.ª ao cimento portland de alta resistência inicial):

Paredes, pilares e faces laterais de vigas .....	3	2 dias
Lajes até 10 cm de espessura .....	7	3 "
Lajes de mais de 10 cm de espessura e faces inferiores de vigas até 10 m de vão .....	21	7 "
Arcos e faces inferiores de vigas de mais de 10 m de vão .....	28	10 "

### **Precauções na retirada das fôrmas**

Art. 72 — A retirada das fôrmas deve ser efetuada sem choques. Quando as fôrmas tiverem ligações metálicas internas, devem-se delas cortar e remover as partes que se acharem a uma distância das faces inferior aos limites prescritos no art. 37 e encher com argamassa os orifícios resultantes.

### **Provas de carga**

Art. 73 — Quando a Fiscalização tiver dúvidas sobre a resistência de uma



**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**

**1946**

ou mais partes da estrutura, poderá exigir a realização de provas de carga. O programa para as mesmas será traçado pela Fiscalização, em cada caso particular, tendo em vista as dúvidas que se queiram dirimir.

**CAPÍTULO VI**

**MATERIAIS**

**A — CIMENTO**

**Tipos**

Art. 74 — Somente o cimento portland comum e o cimento portland de alta resistência inicial são considerados na presente Norma. Outros tipos de cimento, em casos especiais, poderão ser admitidos, desde que suas propriedades características sejam suficientemente estudadas por laboratório nacional idôneo.

**Especificações**

Art. 75 — No recebimento do cimento portland comum e do cimento portland de alta resistência inicial devem ser observadas respectivamente as Especificações EB-1 e EB-2. Para o recebimento de outros tipos de cimento devem ser elaboradas especificações, tendo como base os resultados obtidos para os mesmos por laboratório nacional idôneo.

**Armazenamento**

Art. 76 — O cimento deve ser armazenado em local suficientemente protegido da ação das intempéries, da umidade do solo e de outros agentes nocivos às suas qualidades. A embalagem original deve ser conservada até o momento da utilização do cimento.

Lotes recebidos em épocas diversas não devem ser misturados, mas colocados em pilhas separadas de maneira a facilitar-se sua inspeção e seu emprego na ordem cronológica de recebimento.

**B — AGREGADO**

**Especificações**

Art. 77 — Os agregados miúdos e graúdos devem satisfazer à Especificação EB-4.

**Depósito**

Art. 78 — Agregados diferentes, miúdos e graúdos, devem ser depositados em plataformas separadas, onde não haja possibilidade de se misturarem com outros agregados ou com materiais estranhos que venham prejudicar a sua qualidade; também no seu manuseio devem-se tomar precauções para evitar essa mistura.

Da mesma forma, no caso de agregados compostos, os diversos tipos de pedra destinados à sua composição devem ser conservados em compartimentos isolados, de maneira a não permitir a intromissão de elementos estranhos ou de tipos diferentes de pedra.





**Cálculo e Execução de Obras  
de Concreto Armado**  
Norma Brasileira

**NB - 1**  
**1946**

**C — AGUA**

**Especificações**

Art. 79 — A água destinada ao amassamento do concreto deve ser límpida e isenta de teores prejudiciais de sais, óleos, ácidos, álcalis e substâncias orgânicas. Presumem-se satisfatórias as águas potáveis.

**Ensaio nos casos duvidosos**

Art. 80 — Nos casos duvidosos, para verificar se a água em apreço é prejudicial, far-se-ão ensaios comparativos de pega e resistência à compressão da argamassa. Esses ensaios serão feitos em igualdade de condições com água reconhecidamente satisfatória e com a água suspeita e servirão de base à Fiscalização para aceitá-la ou recusá-la.

**D — AÇO PARA AS ARMADURAS**

**Tipos**

Art. 81 — Na presente Norma somente se consideram as barras laminadas de aço comum, para concreto armado. A Fiscalização poderá permitir o emprego de aços especiais, desde que suas propriedades características sejam suficientemente estudadas por laboratório nacional idôneo.

**Especificações**

Art. 82 — No recebimento das barras laminadas de aço comum, para concreto armado, devem ser observadas as exigências da Especificação EB-3. Para o recebimento de aços especiais devem ser elaboradas especificações, tendo como base os resultados obtidos para os mesmos por laboratório nacional idôneo.

**E — CARACTERÍSTICAS DO CONCRETO**

**Diâmetro máximo**

Art. 83 — O diâmetro máximo do agregado graúdo deve ser menor que  $1/4$  da menor dimensão da peça.

**Consistência**

Art. 84 — A consistência do concreto deve estar de acordo, a critério da Fiscalização, com as dimensões da peça a concretar, com a distribuição das armaduras no seu interior e com os processos de lançamento e de adensamento a serem usados.

**Resistência**

Art. 85 — A resistência à compressão do concreto, na qual se baseia a fixação do valor das tensões admissíveis nos concretos dosados racionalmente, deve ser verificada em corpos de prova cilíndricos, com a idade de 28 dias, preparados e rompidos de acordo com os Métodos MB-2 e MB-3. Essa resistência não deve ser inferior a  $125 \text{ kg/cm}^2$ . No caso de se prever um carregamento da estrutura com uma idade inferior a 28 dias, a fixação do valor das tensões admissíveis, correspondentes às



## Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

cargas que então se aplicarem, basear-se-á na resistência à compressão do concreto medida em corpos de prova com aquela mesma idade.

### F — DOSAGEM

#### Dosagem empírica

Art. 86 — A dosagem empírica será permitida somente para obras de pequeno vulto, com prévio consentimento da Fiscalização e sob as seguintes condições:

- a) o consumo mínimo de cimento será de 300 kg por metro cúbico;
- b) a porcentagem de agregado miúdo no volume total de agregado será fixada de maneira a obter-se um concreto com consistência adequada ao seu emprego; tal porcentagem deverá estar entre 30% e 50%;
- c) a quantidade d'água será a mínima compatível com a consistência desejada.

#### Dosagem racional

Art. 87 — A dosagem racional pode ser feita por qualquer método baseado na relação entre a quantidade de água e o peso de cimento (fator A/C), desde que seja devidamente justificado e submetido à aprovação da Fiscalização, e desde que satisfaça às condições seguintes:

- a) a fixação do fator A/C decorrerá da resistência desejada e das condições peculiares de cada obra, tais como a necessidade de impermeabilização, a resistência ao desgaste, à ação de águas agressivas ou a variações bruscas de temperatura e umidade e a prevenção contra uma retração exagerada;
- b) a relação entre as quantidades de agregados miúdo e graúdo, dependente da natureza dos materiais e da consistência desejada, será obtida por meio de tentativas, entre diversas misturas, com consistência satisfatória.

#### Medida dos materiais

Art. 88 — Sempre que se fizer dosagem racional, devem ser obedecidas as seguintes condições:

- a) o cimento deve ser medido em peso, o que pode ser feito pela contagem de sacos, tomadas as devidas precauções para garantir a exatidão do peso declarado de cada saco;
- b) os agregados miúdo e graúdo devem ser medidos separadamente, em peso ou em volume, devendo-se sempre levar em conta a influência da umidade, que será medida no canteiro;
- c) especial cuidado deve ser tomado na medida da água, que deve ser feita com erro não superior a 3%, após se haver descontado a umidade dos agregados.

#### Contrôle de resistência

Art. 89 — O controle de resistência do concreto à compressão, obrigatório para os concretos dosados racionalmente, deve ser feito de acordo com os Métodos MB-2 e MB-3. A idade normal para a ruptura é a de 28 dias (salvo o caso do art. 85, *in fine*); permite-se, todavia, a ruptura aos 7 dias, desde que se conheça a relação das resistências do concreto em estudo para as duas idades.



Deve-se fazer um ensaio para cada 50 m<sup>3</sup> de concreto lançado ou sempre que houver modificação nos materiais ou no traço; a Fiscalização, contudo, poderá exigir maior número de ensaios ou permitir sua redução. Cada ensaio deve constar da ruptura de, pelo menos, dois corpos de prova.

## **CAPÍTULO VII**

### **TENSÕES ADMISSÍVEIS**

#### **A — CONCRETO**

##### **Compressão em concretos dosados empiricamente**

Art. 90 — As tensões de compressão, nos concretos dosados empiricamente, não devem ultrapassar os seguintes valores:

- a) para compressão axial ou flexão composta (tensão no centro de gravidade da seção transversal) ..... 40 kg/cm<sup>2</sup>;
- b) para flexão simples ou composta (tensão nas bordas da seção transversal) ..... 45 kg/cm<sup>2</sup>.

##### **Compressão em concretos dosados racionalmente**

Art. 91 — As tensões admissíveis de compressão, nos concretos dosados racionalmente, são:

- a) para compressão axial ou flexão composta (tensão no centro de gravidade da seção transversal) .....  $\frac{\sigma_{c\ 28}}{3} \leq 60 \text{ kg/cm}^2$ ;
- b) para flexão simples ou flexão composta (tensão nas bordas da seção transversal) .....  $\frac{\sigma_{c\ 28}}{2,5} \leq 75 \text{ kg/cm}^2$ .

Esses limites podem ser ultrapassados nos seguintes casos:

- 1) de 10 kg/cm<sup>2</sup>, na região dos momentos negativos das vigas T e das lages nervuradas;
- 2) de 10 kg/cm<sup>2</sup>, nos pilares de edifícios submetidos a compressão axial, que suportem quatro ou mais andares, desde que não haja dispositivo legal que permita fazer desconto de cargas acidentais;
- 3) o limite de 75 kg/cm<sup>2</sup> estabelecido na alínea b) pode ser elevado até 110 kg/cm<sup>2</sup>, cabendo então à Fiscalização não só verificar o exato cumprimento de todas as prescrições desta Norma, especialmente se no cálculo foram considerados todos os esforços que possam atuar sobre a estrutura, mas também exigir que na execução sejam tomadas todas as precauções necessárias para garantir a resistência prevista do concreto;
- 4) nos blocos de apoio, convenientemente armados, com forma de prisma retangular de altura não menor que a largura, a tensão admissível é

$\frac{\sigma_{c\ 28}}{3} \sqrt{S_e/S_o}$ , não se devendo, porém, adotar valores maiores que 150 kg/cm<sup>2</sup>;



# Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado

Norma Brasileira

NB - 1

1946

- 5) nas articulações tipo Freyssinet e nas articulações de concreto a serem calculadas pela fórmula de Hertz, desde que a largura da faixa de contato não seja maior que 1/5 da do bloco e que  $\sigma_{c\ 28} > 300 \text{ kg/cm}^2$ , permite-se elevar o limite de  $150 \text{ kg/cm}^2$  prescrito no item anterior para  $\frac{\sigma_{c\ 28}}{2} \leq 300 \text{ kg/cm}^2$ ; nessas articulações deve ser prevista armadura para resistir aos esforços de tração.

## Cisalhamento e tensões combinadas

Art. 92 — A tensão admissível de cisalhamento no concreto é:

- a) quando há armadura para resistir a todos os esforços de tração oriundos do cisalhamento  $\frac{\sigma_{c\ 28}}{10} \leq 20 \text{ kg/cm}^2$ ;
- b) em caso contrário  $\frac{\sigma_{c\ 28}}{25} \leq 8 \text{ kg/cm}^2$ ;
- c) nos concretos dosados empiricamente, respectivamente nos casos das alíneas a) e b):  $12 \text{ kg/cm}^2$  e  $4 \text{ kg/cm}^2$ .

No caso de peças celulares ou em lâminas, deve-se demonstrar que os estados múltiplos de tensão, ocorrentes nos pontos críticos, não são capazes de diminuir a segurança da obra. Tal demonstração é dispensável sempre que se tenha:

- 1) quando há armadura para resistir a todos os esforços de tração:

$$10 \sigma_I + \sigma_{II} \leq \sigma_{c\ 28} \text{ com } \sigma_{II} \leq \bar{\sigma}_c;$$

- 2) em caso contrário:

$$10 \sigma_I + \sigma_{II} \leq \bar{\sigma}_c.$$

## B — AÇO

### Compressão e tração

Art. 93 — As tensões admissíveis de compressão e tração no aço são:

- a) para força axial ou flexão composta (média das tensões em toda a armadura longitudinal):
- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| aço 37 CA ..... | 1200 kg/cm <sup>2</sup> , |
| aço 50 CA ..... | 1500 kg/cm <sup>2</sup> ; |
- b) para flexão simples ou flexão composta (tensão máxima):
- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| aço 37 CA ..... | 1500 kg/cm <sup>2</sup> , |
| aço 50 CA ..... | 1800 kg/cm <sup>2</sup> . |

### Aderência

Art. 94 — A tensão admissível de aderência da armadura ao concreto é de  $6 \text{ kg/cm}^2$ .

## C — CONCRETO PROTENDIDO

### Concreto protendido

Art. 95 — As peças de concreto protendido, aplica-se o disposto nos artigos 28 e 64 da NB-2.