



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

Estruturas de concreto armado A

Ancoragem de barras segundo a EB-3/67

LAURO MODESTO DOS SANTOS
ROBERTO LUIZ DE ARRUDA BARBATO

SÃO CARLOS
2021

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

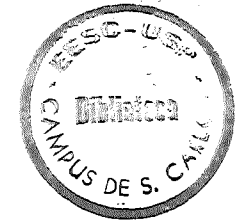
ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO A

Ancoragem de Barras
Segundo a EB-3/67

Eng. Lauro Modesto dos Santos
Eng. Roberto Luiz de Arruda Barbato

POSTILA
236e

1971



1 - Coeficiente de aderência

O coeficiente de aderência de uma barra de aço é um número relativo, que compara a aderência da barra em questão com a de uma outra barra, tomada como padrão. Tal relação é obtida por meio de ensaios comparativos de fissuração de tirantes armados com uma única barra. A barra-padrão é uma barra lisa, não encruada, de seção circular, isenta de defeitos de laminação e de oxidação superficial. O coeficiente de aderência desta barra-padrão é considerado igual a 1.

Coeficiente de aderência η de uma barra é a relação entre os espaçamentos médios das fissuras obtidas para a barra-padrão e para a barra em estudo. Para a normalização dos ensaios, os tirantes deverão ter seção quadrada de lado d , compreendido entre $2,5 \delta$ e $4,0 \delta$, e comprimento pelo menos igual a 15 vezes esse lado, e a tensão de ruptura à compressão do concreto deverá estar compreendida entre 200 e 300 kg/cm². Só serão considerados os resultados de ensaios em que se formarem pelo menos 5 fissuras regularmente espaçadas. As barras deverão ter comprimentos superiores aos dos tirantes, de modo a apresentarem extremidades livres para fixação nas garras da máquina de ensaio e eventual colocação de instrumentos de medida de deformações.

Não se tomará para η valor superior a 1,8. Independentemente de resultados de ensaios de fissuração, poder-se-ao adotar os seguintes valores do coeficiente de aderência η (ou coeficiente de fissuração), de acordo com a configuração geométrica superficial das barras:

$\eta = 1,0$ - barras lisas

$\eta = 1,2$ - barras lisas torcidas

$\eta = 1,5$ - barras torcidas com 2 saliências helicoidais e sem nervuras ou cristas transversais

$\eta = 1,8$ - barras com mossas ou saliências (torcidas ou não) que satisfaçam às seguintes exigências:

- a) os flancos das saliências ou mossas devem formar com a normal ao eixo da barra ângulo igual ou menor que 45°
- b) os eixos das nervuras transversais ou cristas devem formar com a direção do eixo da barra ângulo igual ou maior que 45°;
- c) quando o ângulo do eixo das nervuras transversais ou cristas formar com a direção do eixo da barra ângulo compreendido entre 45° e 70°, a barra deverá apresentar também nervuras longitudinais ou helicoidais, exceto no caso em que as nervuras transversais apresentem em

lados opostos inclinações contrárias, relativamente à direção do eixo da barra;

- d) a altura média das nervuras ou cristas, ou a profundidade média das mossas, devem ser iguais ou superiores a 0,04δ;
- e) o espaçamento médio das nervuras transversais, cristas, ou mossas, medido ao longo de uma mesma geratriz, deverá ser inferior a 20 vezes a sua altura ou profundidade média;
- f) as mossas serão dispostas pelo menos ao longo de 4 geratrizes, correspondentes às extremidades de 2 diâmetros ortogonais da seção transversal;
- g) as mossas ou as saliências não deverão apresentar cantos vivos ou conformações geométricas que deem origem a concentrações de tensões prejudiciais do ponto de vista da resistência à fadiga; em caso de dúvida, deverão ser realizados ensaios de fadiga, devendo as barras resistir a 2.000.000 de ciclos de uma carga ondulada cuja amplitude seja pelo menos igual a 1800 kg/cm², para um valor da tensão máxima aproximadamente igual a $\sigma_e/1,65$.

Observação - Vimos que os ensaios são feitos com tirantes de seção quadrada, de lado d, com

$$2,5 \delta \leq d \leq 4,0 \delta$$

como

$$S_f = \frac{\pi \delta^2}{4}, S_c = d^2, \mu = \frac{S_f}{S_c}$$

é fácil ver que os limites acima correspondem a $5\% \leq \mu \leq 12,5\%$

Dentro desta faixa de taxas de armadura μ , as fórmulas da BRICE, da norma francesa BA-60, do Comitê Europeu do Concreto, da P.C.A. (KAAR e MATTOCK), fornecem aproximadamente o mesmo resultado: o espaçamento médio a_m das fissuras, no caso de barras lisas, é igual a 2,25 vezes o lado d da seção transversal independentemente do diâmetro δ da barra. A influência do traço do concreto pode ser desprezada, desde que este seja bem graduado e adensado. O coeficiente, de aderência pode ser calculado, portanto, pela fórmula:

$$\eta = \frac{2,25 d}{a_m}$$

As fórmulas citadas são as seguintes:

$$\text{BRICE: } a_m = \frac{0,225\delta}{\eta\mu} \left(1 + 3 \frac{\delta}{d - \delta}\right)$$

$$\text{BA-60: } a_m = \frac{3 \delta}{\eta \mu} (\mu + 0,1)$$

$$\text{C.E.B.: } a_m = \frac{0,72 \delta}{\eta \mu} (4,5 \mu + 0,4)$$

$$\text{P.C.A.: } a_m = \frac{2,25 d}{\eta}$$

Se fizermos $d = 4 \delta$, e, conseqüentemente, $\mu = 5\%$, nas 3 fórmulas acima, obteremos em tôdas elas: $a_m = \frac{2,25d}{\eta}$

A EB-3/67 impõe os seguintes valores mínimos para os coeficientes de aderência:

- $\eta = 1,0$ para barras de aço CA-24 e CA-32;
- $\eta = 1,2$ para barras de aço CA-40;
- $\eta = 1,5$ para barras de aço CA-50;
- $\eta = 1,8$ para barras de aço CA-60

2 - Tensão de aderência

A EB-3/67 fixa como tensão de aderência entre a armadura e o concreto a tensão: (valor médio no comprimento de ancoragem, na ruptura)

$$\sigma_R = \eta (0,75 \sigma_T)$$

onde η = coef. de aderência mínimo das barras e σ_T = tensão mínima de ruptura do concreto à tração simples.

Na falta de determinação experimental:

$$\sigma_T = \frac{\sigma_R}{10} \text{ para } \sigma_R \leq 180 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_T = 0,06 \sigma_R + 7 \text{ kg/cm}^2 \text{ para } \sigma_R > 180 \text{ kg/cm}^2$$

3 - Ganchos

O art. 43 da NB-1/60 é modificado passando a ter a seguinte redação: de acordo com a EB-3/67:

"Os ganchos das extremidades da armadura de tração poderão ser:

- a) semi-circulares, com ponta reta de comprimento não inferior a 2δ ;
- b) em ângulo de 45° , com ponta reta de comprimento não inferior a 4δ ;
- c) em ângulo reto, com ponta reta de comprimento não inferior a 8δ .

O raio de curvatura interno dos ganchos e estribos será pelo menos igual a $1,25 \delta$ para as barras de categoria CA-24; $2,5\delta$ para as barras de categoria CA-32 e CA-40; 3δ para as barras da categoria CA-50; e $3,5 \delta$ para as barras da categoria CA-60.

Permite-se prescindir dos ganchos nas extremidades das barras da armadura da tração quando o diâmetro das barras não ultrapassar 6mm para as categorias CA-24 e CA-32, 10mm para a categoria CA-40 e 12mm para as categorias CA-50 e CA-60. Os ganchos podem também ser dispensados, respeitado o disposto nos itens 7, 8 e 9, em barras com diâmetros superiores a êsses limites, quando seu coeficiente de aderência η , definido na EB-3/67 for igual ou superior a 1,5, desde que o adensamento do concreto na obra seja mecânico, por vibração.

As barras da armadura exclusivamente de compressão não deverão ter ganchos.

Comparando com o texto do Ítem 43 da NB-1/60, vemos que não há grandes alterações:

- a) a ponta reta de 4δ antiga passa a variar entre 2δ e 8δ , conforme o tipo de gancho;
- b) o raio de curvatura interno não foi alterado; apenas acrescentou-se o correspondente ao CA-60;
- c) a dispensa de ganchos tornou-se um pouco mais rigorosa.

4 - Barras curvadas

A permanência na sua posição das barras curvadas nas zonas de tração deve ser garantida contra a tendência à retificação, quando for o caso, 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 10δ para a categoria CA-24; 12δ para as categorias CA-32 e CA-40; 15δ para a categoria CA-50; e 18δ para a categoria CA-60.

Se a tensão na armadura de tração, calculada para a carga de ruptura da peça, for inferior a σ_e , êsses raios de curvatura poderão ser reduzidos proporcionalmente, mas nunca a valores menores que os exigidos para os ganchos.

Quando houver possibilidade de fendilhamento da peça no plano da barra curvada, ocasionado por tensões de tração normais a êsse plano, devem ser tomados cuidados especiais. Quando houver barras curvadas dispostas em mais de uma camada, deve-se evitar o esmagamento do concreto, ocasionado pela pressão

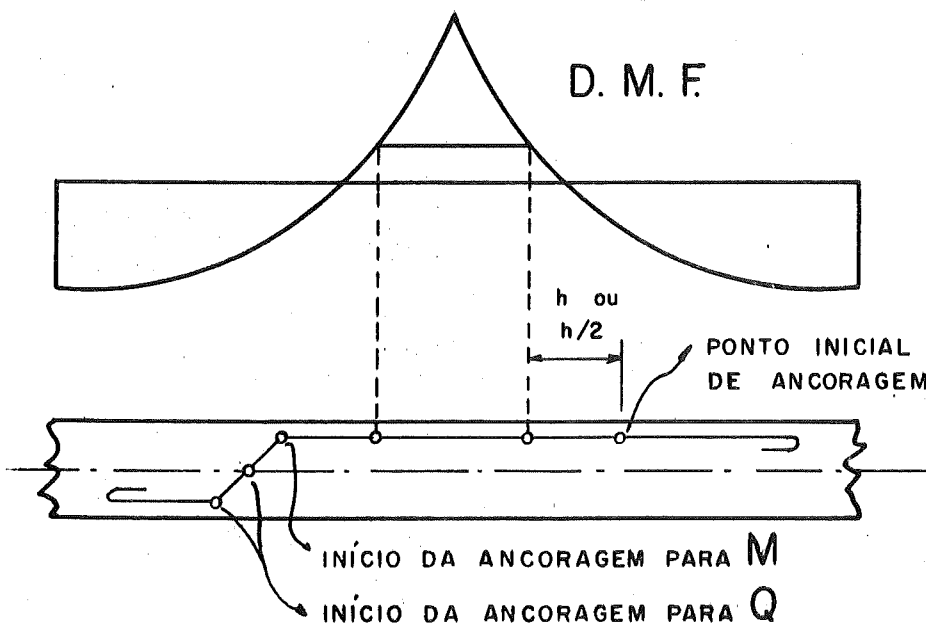
exercida pelo conjunto de barras, aumentando o raio de curvatura para pelo menos o valor mínimo estabelecido neste ítem multiplicado pelo número de camadas".

Como vemos, também aqui não houve grandes modificações. Apenas introduziu-se a categoria CA-60 e detalharam-se melhor alguns cuidados especiais.

5 - Ancoragem

De acordo com o ítem 7 da EB-3/67 "o ponto inicial da ancoragem de uma barra reta de armadura de tração de peça fletida será determinado com base numa translação do diagrama de momentos, paralelamente ao eixo da viga e na direção mais desfavorável, igual à metade da altura útil, quando houver armadura transversal calculada para resistir a todos os esforços de tração oriundos da força cortante, e igual à altura útil, em caso contrário. A barra deverá ser prolongada, além desse ponto, de comprimento l_a definido no ítem 8 da EB-3/67, se não houver gancho, ou $l_a - 20\delta$ se houver gancho. Deve-se observar que a ancoragem com comprimento l_a só pode ser feita quando for permitida a dispensa de ganchos.

A ancoragem das barras curvadas calculadas para resistir aos esforços de tração oriundos da força cortante será assegurada por um prolongamento dessas barras, calculado segundo o disposto no ítem 8 da EB-3/67 admitindo-se que a ancoragem tenha início na linha neutra, ou, como simplificação, no comêço da curva que precede esse prolongamento.



A figura 1 ilustra a questão do ponto inicial de ancoragem.

FIG. 1 -

6 - Comprimento de ancoragem

Secundo o ítem 8 da EB-3/67 o cálculo do comprimento de ancoragem das barras de armadura de tração será efetuado tomando-se como base a hipótese de que a resistência ao deslizamento da barra é igual à soma de 2 parcelas:

- a) aderência, em todo o comprimento de ancoragem, admitindo-se que a tensão média de aderência, na ocasião da ruptura, é igual a τ_R .
- b) atrito, nas partes curvas, admitindo-se que o coeficiente de atrito entre o aço e o concreto é igual a 0,4.

A ancoragem estará assegurada (não haverá deslizamento relativo aço-concreto) quando o esforço de aderência equilibrar o esforço atuante na barra. Na ruptura isso se traduz por

$$\pi \delta \tau_R l_a = S_f \sigma_e = \frac{\pi \delta^2}{4} \sigma_e$$

e portanto o comprimento de ancoragem reta será:

$$l_a = \frac{\delta \sigma_e}{4 \tau_R}$$

Como $\tau_R = 0,75 \sigma_T$, $\sigma_T = \frac{\sigma_R}{10}$ para $\sigma_R \leq 180 \text{ kg/cm}^2$ e $\sigma_T = 0,06 \sigma_R + 7 \text{ kg/cm}^2$

para $\sigma_R > 180 \text{ kg/cm}^2$, temos:

$$l_a = \frac{3,3}{\eta} \frac{\sigma_e}{\sigma_R} \delta \quad \text{para } \sigma_R \leq 180 \text{ kg/cm}^2$$

$$l_a = \frac{3,3}{\eta} \frac{\sigma_e \delta}{0,6 \sigma_R + 70} \quad \text{para } \sigma_R > 180 \text{ kg/cm}^2$$

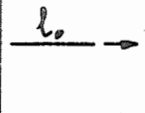
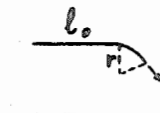
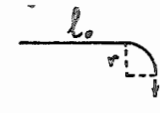
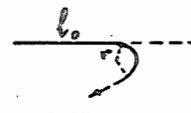

Observe-se que, em relação ao comprimento de ancoragem, a EB-3/67 é mais rigorosa que a NB-1/60.

Se a tensão na armadura de tração, calculada para a carga de ruptura da peça, for inferior a σ_e , (como, por exemplo, nas barras prolongadas até o apoio de vigas simplesmente apoiadas, ou até os apoios extremos de vigas contínuas), o comprimento de ancoragem será reduzido proporcionalmente. É evidente; basta recordar a equação de equilíbrio, da qual resultou l_a .

Na falta de cálculo mais rigoroso, os ganchos serão considerados como equivalentes a um comprimento de ancoragem reta igual a 20δ .

Os comprimentos de ancoragem reta da armadura de compressão serão iguais a $0,6 l_a$, sendo l_a calculado com a fórmula anterior, com σ'_e no lugar de σ_e .

Os comprimentos de ancoragem curva serão calculados de acordo com as seguintes fórmulas (vide nota complementar pag. 9) em que se levam em conta a aderência e o atrito:

Angulo de dobramento					
	0	45º	90º	135º	180º
Comprimento de ancoragem reta l_a equivalente	$l_a = l_0$	$l_a = 1,37 l_0 + 0,92r$	$l_a = 1,87 l_0 + 2,17 r$	$l_a = 2,57 l_0 + 3,93 r$	$l_a = 3,5 l_0 + 6,25r$

onde r = raio de curvatura do eixo da barra;

l_0 = parte reta após a curva

Se na extremidade da parte reta ainda houver um gancho, o cálculo do comprimento equivalente de ancoragem reta poderá ser feito acrescentando-se 20δ a l_0 .

No caso de barras curvadas calculadas para resistir aos esforços de tração devidos à força cortante, a ancoragem poderá ser assegurada por um trecho reto dessa barra, paralelo ao eixo da viga, com comprimento calculado pela fórmula:

$$l_0 = \frac{l_a - 0,92r}{1,37}$$

Se houver gancho, esse comprimento será diminuído de 20δ .

Estando a barra curvada ancorada na zona de compressão, dispensa-se o trecho reto quando,

$$\delta \leq 10\sqrt[3]{l} \text{ mm}$$

sendo δ em mm e l em m, desde que haja gancho na extremidade dessa barra

7 - Armadura de costura

"Em todo comprimento de ancoragem da armadura de tração deverá ser disposta uma armadura de costura, transversal à barra ancorada, com área total igual à área da seção transversal dessa barra. Essa armadura de costura poderá ser constituída pelos estribos adjacentes à barra. Havendo ganchos, poder-se-á reduzir à metade essa armadura de costura".

8 - Emendas por justaposição

Nas emendas por justaposição o seu comprimento será no mínimo igual ao comprimento de ancoragem reta definido no item 8 da EB-3/67, colocando-se armadura de costura, segundo o disposto no item 9 daquela especificação.

9 - Emendas com solda

As emendas com solda de barras encruadas serão feitas com cuidados especiais, de modo a evitar-se aquecimento prejudicial e sujeitas a controle rigoroso por ensaios em Laboratório idôneo. Será proibido, para essas barras, o emprego de maçarico para formação dos chanfros. A eficiência do processo e a qualidade da solda devem ser comprovadas experimentalmente, para barras de qualquer categoria.

10 - Dobramento de armadura

As barras de aço encruado só poderão ser dobrados a frio. As barras laminadas a quente, não encruadas, deverão também de preferência serem dobradas a frio, só se permitindo o dobramento a quente em circunstâncias especiais, e evitando-se aquecimento prejudicial.

11 - Tabelas:

São apresentadas no final da apostila, as seguintes tabelas:

Tabela 1: Características dos ganchos semi-circulares.

Tabela 2: Valores mínimos de raios de curvatura para barras curvadas.

Tabelas 3 a 9: Valores de l_a , $l_a-20\delta$, l_o e $l_o-20\delta$ em função do diâmetro e da categoria da barra, para concretos de resistências usuais.

12.1: Equação Fundamental

O cálculo teórico da ancoragem de barras curvadas é feito através de uma equação fundamental, que relaciona o esforço atuante na barra com as tensões de aderência e atrito. Tal equação é obtida por meio das condições de equilíbrio de um elemento de barra, de comprimento ds e raio de curvatura constante.

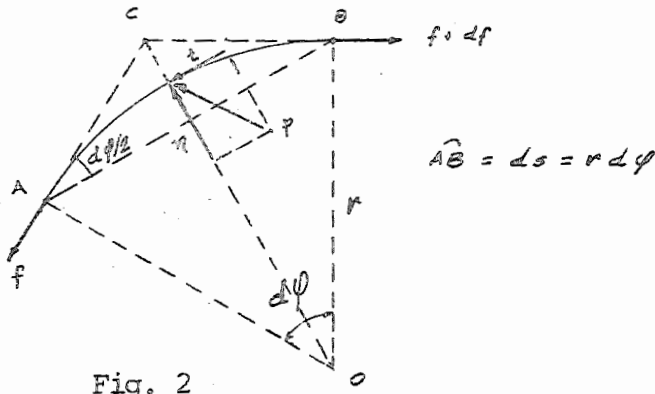


Fig. 2

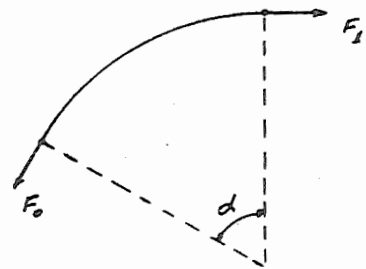


Fig. 3

Fazendo equilíbrio das forças, segundo AB, vem:

$$(f + df) \cos \frac{d\phi}{2} - df \cos \frac{d\phi}{2} - t ds = 0$$

donde

$$\frac{df}{ds} = t$$

(12.1,1)

Fazendo equilíbrio das forças segundo OC, resulta:

$$n ds - (f + df) \sin \frac{d\phi}{2} - f \sin \frac{d\phi}{2} = 0$$

donde

$$n = \frac{f}{r}$$

(12.1,2)

Nas condições limites, a força t , se compõe de duas parcelas:

a) força de atrito: $f_a = \mu n = \frac{f}{r} \mu$

b) força de aderência: $f_{ad} = \pi \delta \tau_R$

logo:

$$t = \mu \frac{f}{r} + \pi \delta \tau_R \quad (12.1,3)$$

Levando o valor de t na equação (12.1,1)

$$\frac{df}{ds} = \mu \frac{f}{r} + \pi \delta \tau_R \quad (12.1,4)$$

donde

$$\frac{df}{f + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu}} = \mu \frac{ds}{r} = \mu d\phi \quad (12.1,5)$$

Integrando a equação (12.1,5), (Fig. 3), resulta:

$$\frac{F + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu}}{F_0 + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu}} = e^{\mu\alpha} \quad (12.1,6)$$

e portanto:

$$F = F_0 (e^{\mu\alpha}) + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.1,7)$$

A equação (12.1,7) é a equação fundamental da ancoragem curva.

12.2: Equivalência entre ancoragem curva e reta

Para que haja equivalência entre os dois tipos de ancoragem, representados na figura, e necessário que as forças F' e F sejam iguais.

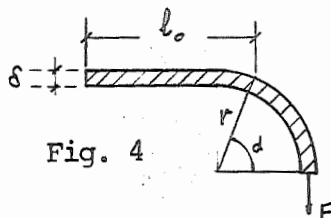
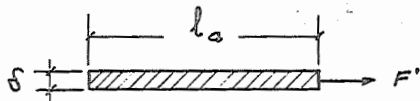
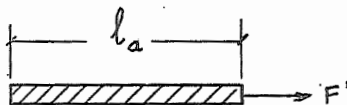


Fig. 4

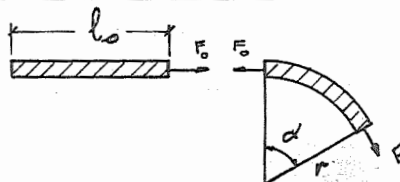
As forças F e F' valem:

a) Ancoragem reta:



$$F' = \pi \delta \tau_R l_a \quad (12.2,1)$$

b) Ancoragem curva:



$$F = F_0 (e^{\mu\alpha}) + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1)$$

$$F = \pi \delta \tau_R l_0 (e^{\mu\alpha}) + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.2,2)$$

Igualando vem:

$$\pi \delta \tau_R l_a = \pi \delta \tau_R l_0 (e^{\mu\alpha}) + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.2,3)$$

donde:

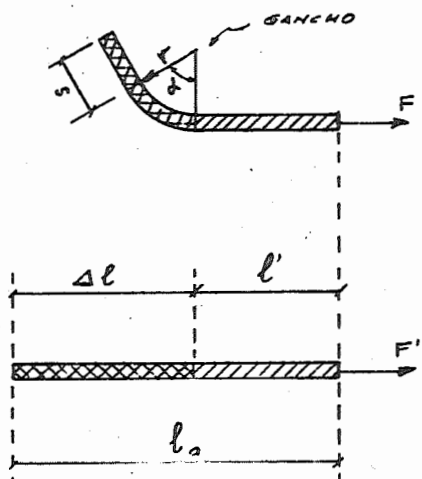
$$l_a = l_0 (e^{\mu\alpha}) + \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.2,4)$$

Fazendo $\mu = 0,4$ (coeficiente de atrito) e tomando para α os valores: $0, \pi/4, \pi/2, 3\pi/4$ e π vem:

$\alpha = 0:$	$l_a = l_0$	
$\alpha = \pi/4:$	$l_a = 1,37 l_0 + 0,92r$	
$\alpha = \pi/2:$	$l_a = 1,87 l_0 + 2,17r$	(12.2,5)
$\alpha = 3\pi/4:$	$l_a = 2,57 l_0 + 3,93r$	
$\alpha = \pi:$	$l_a = 3,5 l_0 + 6,25r$	

12.3: Redução do comprimento de ancoragem através de ganchos

A introdução de gancho na extremidade de uma barra permite que o comprimento de ancoragem l_a seja reduzido de um certo valor Δl . Para calcular tal redução, basta igualar a eficiência dos dois tipos de ancoragem representados na figura



$$F = \pi \delta \tau_R l' + \pi \delta \tau_R (s) e^{\mu\alpha} + \pi \delta \tau_R \frac{r}{\mu} (e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.3,1)$$

$$F' = \pi \delta \tau_R l_a = \pi \delta \tau_R (l' + \Delta l) \quad (12.3,2)$$

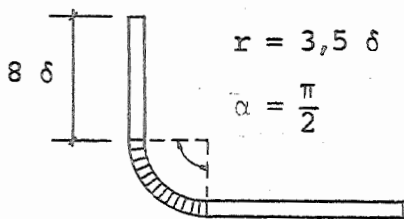
Fig. 5

Igualando F com F', vem a equação:

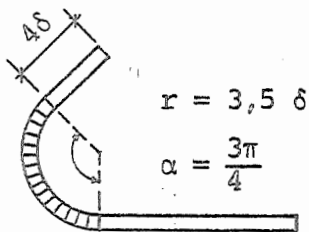
$$\Delta l = s(e^{\mu\alpha}) + \frac{r}{\mu}(e^{\mu\alpha} - 1) \quad (12.3,3)$$

análoga a (12.2,4), que mostra a equivalência entre o gancho e o comprimento reto Δl . Assim sendo, é possível, sem que se altere a eficiência da ancoragem, suprimir Δl e introduzir o gancho.

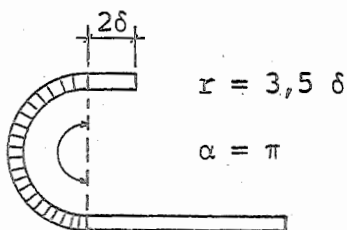
12.4: Exemplo: Para uma barra aço CA-60, dependendo do tipo de gancho, as reduções são:



$$\Delta l = 8\delta (e^{0,4\pi/2}) + \frac{3,5\delta}{0,4} (e^{0,4\pi/2} - 1) \approx 23\delta$$



$$\Delta l = 4\delta (e^{0,4 \cdot 3\pi/4}) + \frac{3,5\delta}{0,4} (e^{0,4 \cdot 3\pi/4} - 1) \approx 24\delta$$



$$\Delta l = 2\delta (e^{0,4\pi}) + \frac{3,5\delta}{0,4} (e^{0,4\pi} - 1) \approx 29\delta$$

Fig. 6

TABELA 1 GANCHOS SEMI-CIRCULARES

Medidas em cm

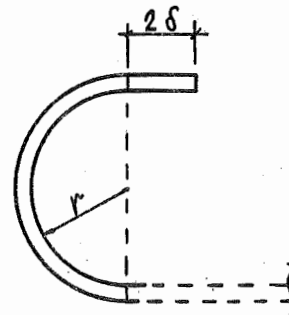


TABELA 2

VALORES MÍNIMOS DE
RAIOS DE CURVATURA
DE BARRAS CURVADAS

(cm)

δ	CA-24			CA-32 CA-40			CA-50			CA-60		
	Ponta Reta (2 δ)	Raio de Curvat. (1,25 δ)	2 Ganchos (cm)	Ponta Reta (2 δ)	Raio de Curvat. (2,5 δ)	2 Ganchos (cm)	Ponta Reta (2 δ)	Raio de Curvat. (3 δ)	2 Ganchos (cm)	Ponta Reta (2 δ)	Raio de Curvat. (3,5 δ)	2 Ganchos (cm)
3/16	1,0	1,0	6,0	1,0	1,50	10,0	1,0	1,5	11,0	1,0	2,0	13,0
1/4	1,5	1,0	8,0	1,5	2,0	13,0	1,5	2,0	15,0	1,5	2,5	17,0
5/16	2,0	1,0	10,0	2,0	2,0	16,0	2,0	2,5	19,0	2,0	3,0	21,0
3/8	2,0	1,5	12,0	2,0	2,5	19,0	2,0	3,0	22,0	2,0	3,5	25,0
1/2	3,0	2,0	16,0	3,0	3,5	26,0	3,0	4,0	29,0	3,0	4,5	33,0
5/8	3,5	2,0	19,0	3,5	4,0	32,0	3,5	5,0	37,0	3,5	6,0	42,0
3/4	4,0	2,5	23,0	4,0	5,0	38,0	4,0	6,0	44,0	4,0	7,0	50,0
7/8	4,5	3,0	27,0	4,5	6,0	44,0	4,5	7,0	51,0	4,5	8,0	58,0
1	5,5	3,5	31,0	5,5	6,5	50,0	5,5	8,0	58,0	5,5	9,0	66,0
1 1/4	6,5	4,0	38,0	6,5	8,0	63,0	6,5	10,0	73,0	6,5	11,5	83,0

δ	CA24	CA32 CA40	CA50	CA60
	(10 δ)	(12 δ)	(15 δ)	(18 δ)
3/16	5	6	8	9
1/4	7	8	10	12
5/16	8	10	12	15
3/8	10	12	15	18
1/2	13	16	20	23
5/8	16	20	24	29
3/4	20	23	29	35
7/8	23	27	34	40
1	26	31	39	46
1 1/4	32	39	48	58

Valores de l_a $l_a-20\delta$ l_o $l_o-20\delta$
(cm)

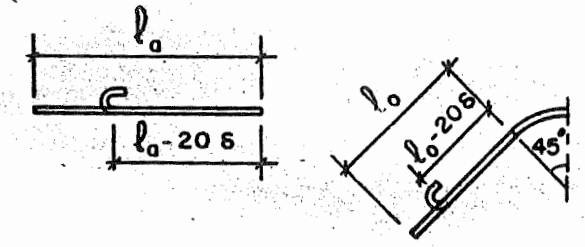


TABELA 3

$\sigma_R = 90 \text{ kg/cm}^2$

TABELA 4

$\sigma_R = 110 \text{ kg/cm}^2$

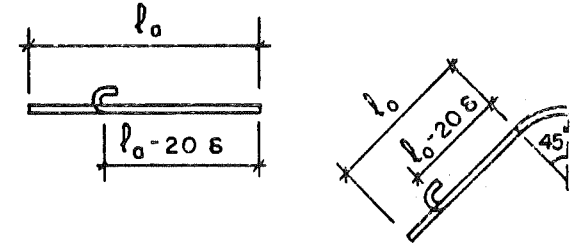
δ	CA-24				CA-32			
	l_a	$l_a-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_a-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$
3/16	42	33	28	18	56	47	37	28
1/4	56	44	37	24	75	62	50	37
5/16	70	54	45	30	99	77	61	45
3/8	84	65	55	36	111	92	74	55
1/2	112	86	73	48	149	124	99	73
5/8	140	108	91	60	187	155	123	92
3/4	168	130	110	72	224	186	148	110
7/8	195	151	128	83	260	216	172	128
1	224	173	146	95	298	247	197	146
1 1/4	280	216	183	119	373	310	247	183

δ	CA-24				CA-32			
	l_a	$l_a-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_a-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$
3/16	35	25	22	12	46	36	30	20
1/4	46	33	29	17	61	49	40	27
5/16	57	41	36	20	76	60	49	33
3/8	68	49	44	25	91	72	59	40
1/2	91	66	58	33	122	97	79	53
5/8	114	83	73	41	153	121	99	63
3/4	138	99	88	49	183	145	118	80
7/8	160	115	102	57	213	169	138	93
1"	183	132	116	66	244	193	158	107
1 1/4	229	165	146	82	305	242	197	134

TABELA 5

Valores de l_0 $l_0 - 20\delta$ l_0 $l_0 - 20\delta$
(cm)

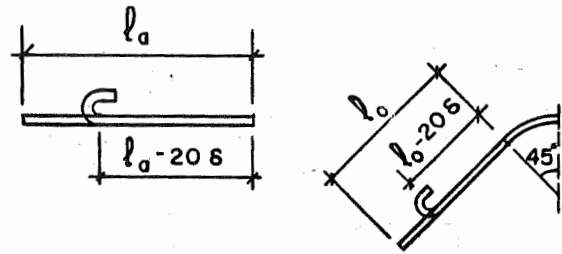
$$\sigma_p = 135 \text{ kg/cm}^2$$



δ	CA - 24				CA - 32				CA - 40				CA - 50				CA - 60			
	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$	l_0	$l_0 - 20\delta$
3/16	28	19	17	?	38	28	24	14	39	30	25	15	39	30	24	14	39	30	23	13
1/4	38	25	23	10	50	37	30	19	42	39	33	20	42	39	32	19	42	39	30	18
5/16	46	31	29	13	62	46	39	23	64	49	41	25	64	49	39	23	64	49	37	22
3/8	56	37	34	15	74	55	47	28	77	58	49	30	77	58	47	28	77	58	45	26
1/2	75	49	46	20	99	74	62	37	103	78	65	40	103	78	63	37	103	78	60	35
5/8	93	61	57	26	124	93	78	46	130	98	82	50	130	98	79	47	103	98	75	44
3/4	112	74	69	31	149	111	94	55	156	117	98	60	156	117	94	56	156	117	91	52
7/8	130	86	80	36	174	129	109	64	181	136	114	70	181	136	110	65	181	136	105	61
1	149	98	92	41	199	148	125	74	207	156	131	80	207	156	125	75	207	156	120	70
1 1/4	187	123	115	51	249	185	156	92	259	196	164	100	259	196	157	94	259	196	151	87

TABELA 6

Valores de $\frac{l_a}{l_a - 20 \delta}$ $\frac{l_o}{l_o - 20 \delta}$
(cm)

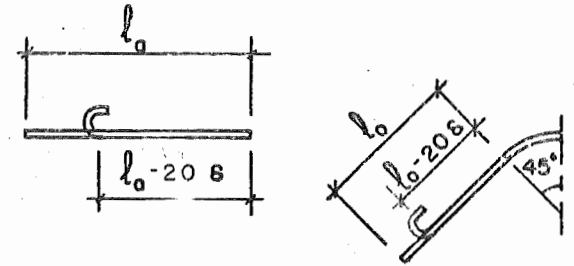


$\sigma_R = 150 \text{ kg/cm}^2$

δ	CA - 24				CA - 32				CA - 40				CA - 50				CA - 60			
	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$
3/16	25	16	15	6	34	24	21	11	35	26	22	12	35	26	21	11	35	26	20	10
1/4	34	21	20	8	45	32	28	15	47	34	29	16	47	34	28	15	47	34	27	14
5/16	42	26	25	9	56	40	34	18	58	42	36	20	58	42	34	19	58	42	33	17
3/8	50	31	30	11	67	48	41	22	70	51	43	24	70	51	41	22	70	51	39	20
1/2	67	42	40	15	90	64	55	30	93	68	58	32	93	68	55	30	93	68	53	27
5/8	84	52	51	19	112	80	69	37	117	85	72	40	117	85	69	37	117	85	66	34
3/4	101	63	61	23	134	96	83	45	140	102	87	49	140	102	83	45	140	102	79	41
7/8	117	73	71	26	156	112	96	52	163	118	101	57	163	118	96	52	163	118	92	48
1	134	83	81	30	179	128	110	59	186	135	115	65	186	135	110	60	186	135	105	54
1 1/4	168	104	101	38	224	160	138	74	233	170	145	81	233	170	138	75	233	170	132	68

TABELA 7

Valores de $\frac{l_o}{l_o - 20 \delta}$ $\frac{l_o}{l_o - 20 \delta}$
(cm)

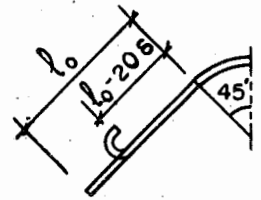
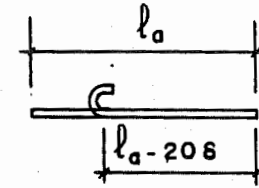


$$\sigma_R = 180 \text{ kg/cm}^2$$

δ	CA-24				CA-32				CA-40				CA-50				CA-60			
	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$
3/16	21	12	12	3	28	19	17	7	29	20	18	8	29	20	17	7	29	20	16	6
1/4	28	15	16	3	38	25	22	9	39	26	23	11	39	26	22	9	39	26	21	8
5/16	35	19	20	4	46	31	27	12	48	32	29	13	48	32	27	11	48	32	26	10
3/8	42	23	24	5	56	37	33	14	58	39	35	16	58	39	33	14	58	39	31	12
1/2	56	30	32	7	75	49	44	19	78	52	46	21	78	52	44	18	78	52	41	16
5/8	70	38	40	9	93	61	55	23	97	65	58	26	97	65	55	23	97	65	52	20
3/4	84	46	49	10	112	74	66	28	117	79	70	32	117	79	66	28	117	79	62	24
7/8	98	53	56	12	130	86	77	33	136	91	81	37	136	91	77	32	136	91	72	28
1	112	61	65	14	149	98	88	38	155	104	93	42	155	104	88	37	155	104	83	32
1 1/4	140	76	81	17	187	123	111	47	194	131	116	53	194	131	110	46	194	131	103	40

TABELA 8

Valores de l_a $l_a - 20 \delta$ l_o $l_o - 20 \delta$
(cm)



$$\sigma_P = 200 \text{ kg/cm}^2$$

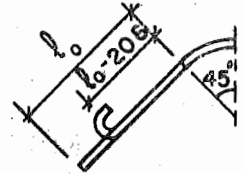
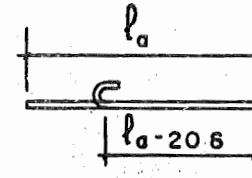
δ	CA-24				CA-32				CA-40				CA-50				CA-60			
	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$	l_a	$l_a - 20 \delta$	l_o	$l_o - 20 \delta$
3/16	20	10	11	2	27	17	16	6	28	18	16	7	28	18	15	6	28	18	14	5
1/4	27	14	15	2	36	23	21	8	37	24	22	9	37	24	21	8	37	24	19	7
5/16	33	17	19	3	44	28	26	10	46	30	27	11	46	30	25	10	46	30	24	8
3/8	40	21	23	4	53	34	31	12	55	36	32	13	55	36	31	12	55	36	29	10
1/2	53	28	30	5	71	45	41	16	74	48	43	18	74	48	41	15	74	48	38	13
5/8	66	34	38	6	88	57	52	20	92	60	54	23	92	60	51	19	92	60	48	16
3/4	80	41	45	7	106	68	62	24	111	72	65	27	111	72	61	23	111	72	58	19
7/8	93	48	53	8	123	79	72	28	129	84	76	32	129	84	71	27	129	84	67	23
1	106	55	60	9	141	90	83	32	147	96	87	36	147	96	82	31	147	96	77	26
1 ¹ / ₄	133	69	75	12	177	113	103	40	184	121	109	45	184	121	102	39	184	121	96	32

TABELA 9

Valores de

 $\underline{l_a} \quad \underline{l_o-20\delta}$

(cm)



$$\sigma_R = 220 \text{ kg/cm}^2$$

δ	CA-24				CA-32				CA-40				CA-50				CA-60			
	l_a	$l_o-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_o-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_o-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_o-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$	l_a	$l_o-20\delta$	l_o	$l_o-20\delta$
3/16	19	9	11	1	25	15	14	5	26	17	15	6	26	17	14	5	26	17	13	4
1/4	25	12	14	1	33	21	19	6	35	22	20	7	35	22	19	6	35	22	18	5
5/16	31	15	17	2	41	25	24	8	43	27	25	9	43	27	23	8	43	27	22	6
3/8	37	18	21	2	50	31	29	10	52	33	30	11	52	33	28	9	52	33	26	7
1/2	50	24	28	2	66	41	38	13	69	44	40	15	69	44	38	12	69	44	35	10
5/8	62	31	35	3	83	51	48	16	87	55	50	19	87	55	47	15	87	55	44	12
3/4	75	37	42	4	100	62	57	19	104	66	61	22	104	66	57	18	104	66	53	15
7/8	87	43	49	4	116	72	67	22	121	76	70	26	121	76	66	21	121	76	61	17
1	100	49	56	5	133	82	76	26	138	88	80	30	138	88	75	25	138	88	70	19
1 ¹ / ₄	125	61	70	6	166	103	96	32	173	110	101	37	173	110	94	31	173	110	88	24