

## Ancoragem Armaduras Positivas

### Ancoragem de flexão positiva

#### Ancoragem sobre o diagrama de momentos – flexão positiva

A decalagem do diagrama de momentos fletores é realizada segundo critério escolhido no arquivo de critérios. Dois critérios estão disponíveis:

Decalagem do valor constante de  $0.75 d$

Decalagem conforme item 4.1.1.2 da NBR 6118, considerando o valor calculado de  $d / (1.15 wd)$  e toda a armadura transversal com inclinação de  $90^\circ$  sobre o eixo da viga.

A determinação dos pontos de corte são realizados para pares de 2 barras. Se o número de ferros for ímpar, inicialmente ancora-se uma barra e em seguida as demais barras duas a duas.

No mínimo 2 ou 4 barras (dependendo do número de ramos de estribos selecionado) chegam até os apoios extremos.

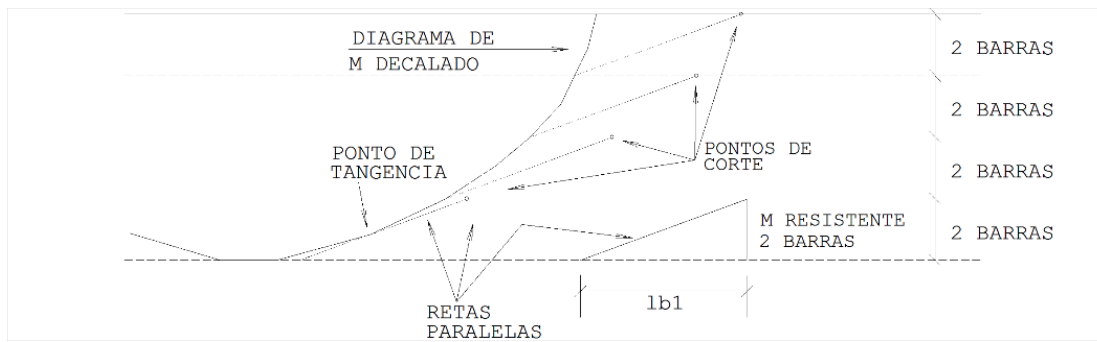
Antes do início da determinação do ponto de corte das armaduras, o TQS-Vigas verifica se o diagrama de momentos fletores possui forma adequada para a ancoragem das barras. Caso o diagrama possua mais de um pico de máximo, o TQS-Vigas procura transformar este diagrama em um diagrama com apenas um ponto de máximo como abaixo:



Caso esta alteração nos diagramas não seja possível, mensagem sobre a não adequação do diagrama de momentos fletores é emitida.

No primeiro processo de ancoragem, os pontos de corte das armaduras são determinados considerando o aproveitamento da tensão existente na região da ancoragem dos ferros anteriormente ancorados.

A figura abaixo ilustra como os ferros são ancorados.



Dependendo de critério contido no arquivo de critérios, os pontos de corte também podem ser determinados pelo processo tradicional, isto é, após a determinação do ponto de corte no diagrama de momento decalado, ancora-se o ferro pelo prolongamento do comprimento de ancoragem normal ( $l_{b1}$ ).

## Ancoragem nos extremos dos vãos – flexão positiva

A ancoragem nos extremos dos vãos é o item onde o TQS-Vigas oferece o maior número de opções para o projetista. Existe uma grande diversidade de soluções para a realização desta ancoragem.

Passaremos a explicar cada um destes itens mas, de antemão, recomendamos o critério de ancoragem  $K4=1$  pois é o critério mais utilizado, desenvolvido e testado no TQS-Vigas.

Vamos tratar cada um dos critérios disponíveis abaixo.

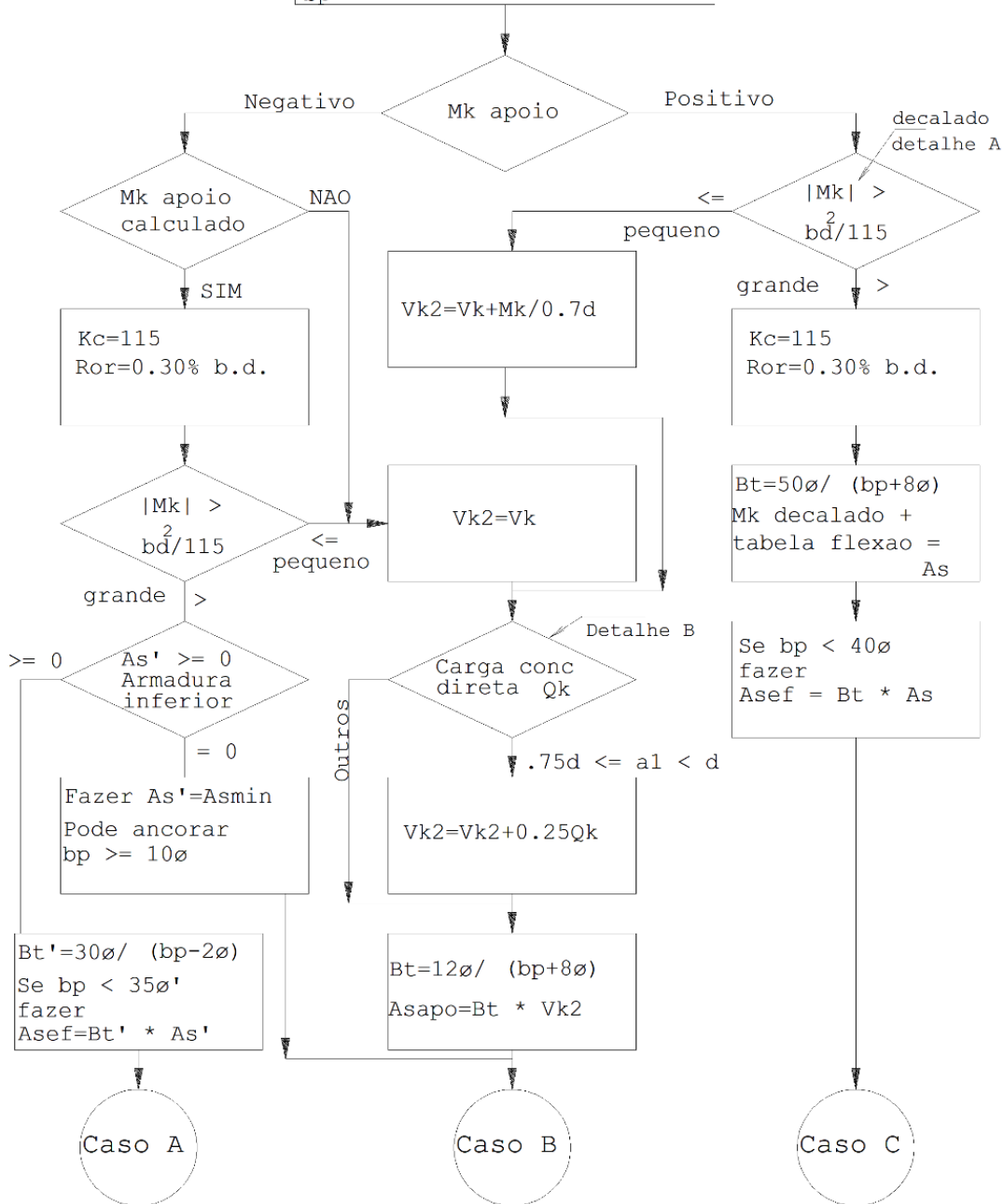
### a) $K4=0$

Este critério parte do pressuposto de não utilizar grampos ou ferros em laço para a ancoragem. A idéia básica deste critério é aumentar o número de barras longitudinais da viga para que a tensão em cada barra reduza e a ancoragem nos apoios de pequenas dimensões possa ser realizada. Apresentamos a seguir, cronograma completo sobre este critério.

# Ancoragem em apoios extremos Ferros positivos - CA50

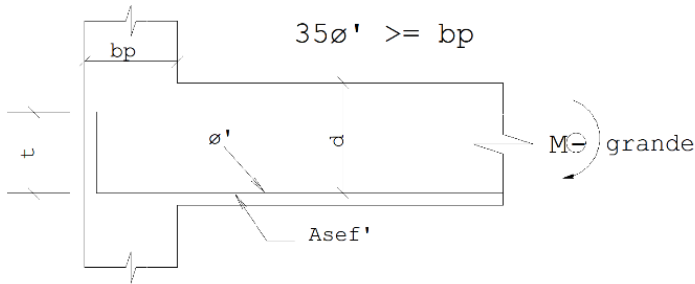
Dados:

Vk  
Mk apoio  
As,  $\emptyset$ , n (numero de camadas)  
As',  $\emptyset'$ , n'  
bp



## Ancoragem Positiva - Caso A

$$As' > 0$$



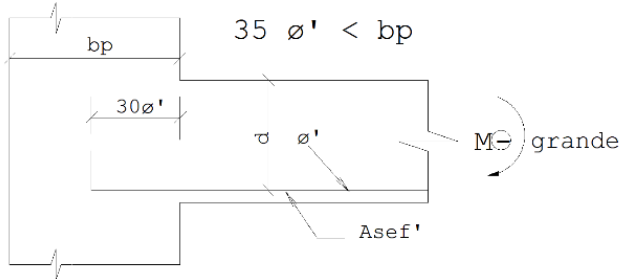
$$Asef' \geq Asvao/4$$

$$Asef' \geq Asmin$$

$$t = 20\phi - bp$$

$$8\phi \leq t \leq d$$

$$10 \leq t$$

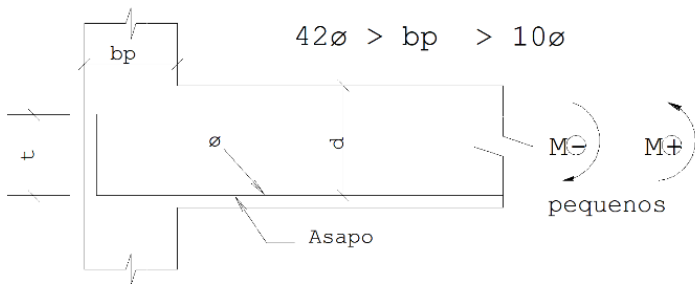


$$Asef' \geq Asvao/4$$

$$Asef' \geq Asmin$$

## Ancoragem Positiva - Caso B

$$Asapo$$



$$Asapo \geq Asvao/3$$

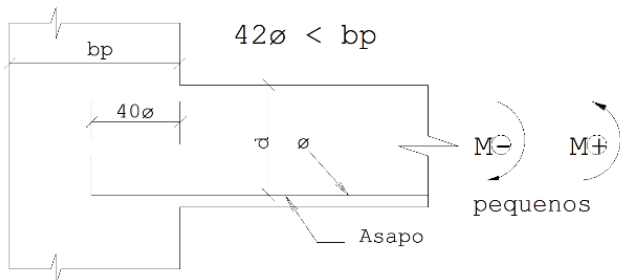
$$Asapo \geq Asmin$$

$$Asapo \geq 0.24 V_k$$

$$t = 30\phi - bp$$

$$8\phi \leq t \leq d$$

$$10 \leq t$$



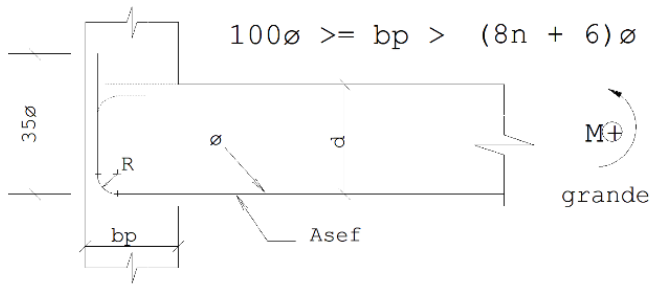
$$Asapo \geq Asvao/3$$

$$Asapo \geq Asmin$$

$$Asapo \geq 0.24 V_k$$

# Ancoragem Positiva - Caso C

As



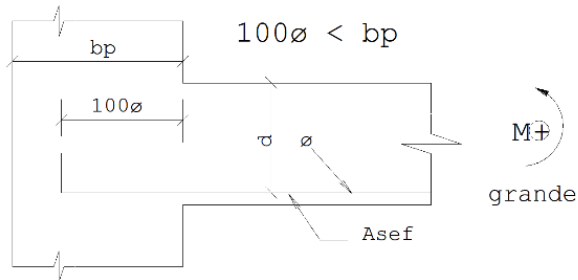
$$0.8d \geq R \geq 8n\phi$$

$$0.8bp \geq R$$

$n = \text{no camadas}$

$$A_s \geq A_{svao}/3$$

$$A_s \geq A_{smin}$$

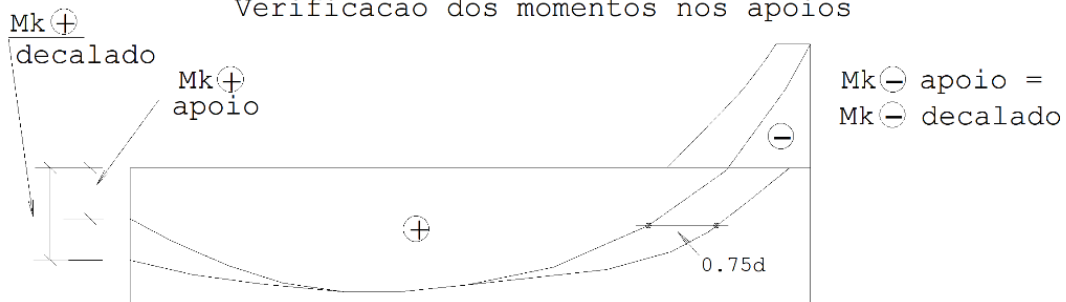


$$A_s \geq A_{svao}/3$$

$$A_s \geq A_{smin}$$

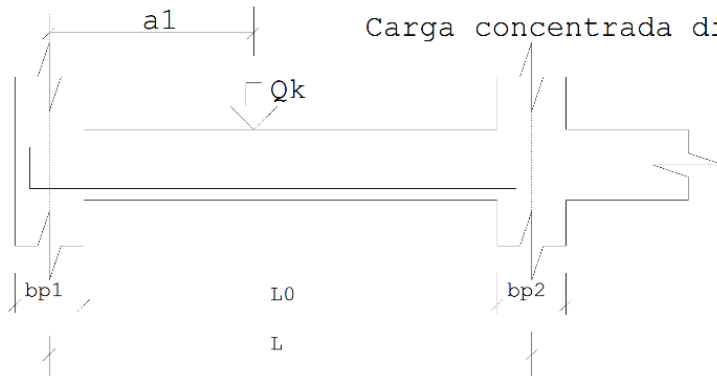
## Detalhe A

Verificacao dos momentos nos apoios



## Detalhe B

Carga concentrada direta

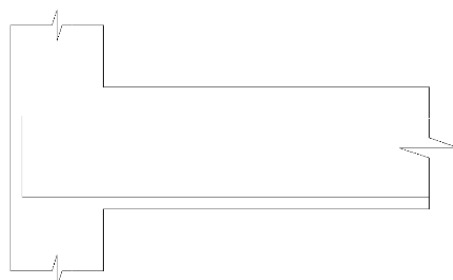


## Detalhe C

Ganchos

$$3\phi \text{ se } \phi \leq 16$$

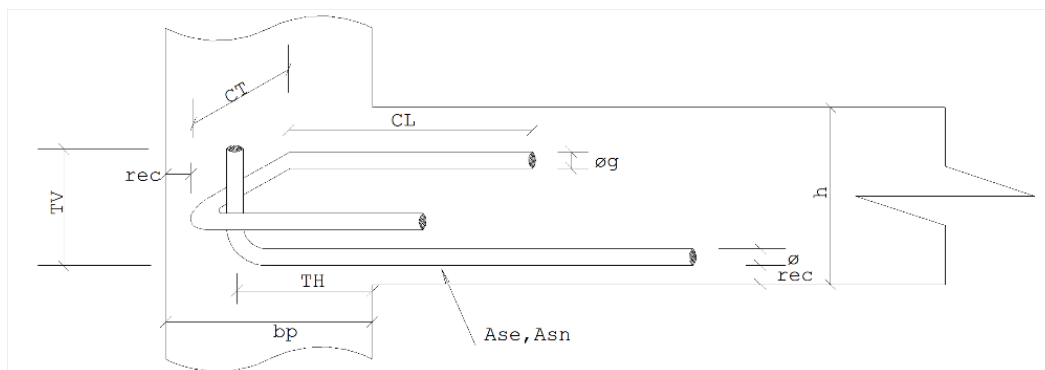
$$4\phi \text{ se } \phi > 16$$



b)  $K4 = 1$

Este é o critério mais recomendado. Ele se baseia na colocação de grampos para ancoragem em apoios de pequenas dimensões. Importante: estes grampos são calculados e detalhados por um processo exato e são colocados apenas quando necessários. Este procedimento é perfeitamente prescrito na NBR 6118.

A figura abaixo ilustra algumas variáveis envolvidas no problema:



Definimos:

$A_{sn}$  área necessária de armadura que deve chegar no apoio.

$A_{se}$  área efetiva de armadura que chega no apoio.

$b_p$  largura do apoio

$h$  altura da viga

$rec$  recobrimento da armadura

$l_b$  largura efetiva do pilar

$V_d$  força cortante de cálculo

$l_b$  comprimento de ancoragem para armadura longitudinal

$\phi$  diâmetro da barra longitudinal

$\phi g$  diâmetro da barra do grampo

A armadura que chega no apoio é a maior dos valores abaixo:

$$A_{sn} = 0.75 V_d / f_{yd}$$

$$A_{sn} = A_{s,max} \text{ no vão} / 3 \text{ ou } A_{s,max} / 4.5$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de tração na face inferior (quando houver)}$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de compressão na face inferior (quando houver)}$$

Estas armaduras mínimas podem ser desconsideradas pelo acionamento de critérios específicos.

Variáveis para decisão do caso de ancoragem

Ase = área efetiva de armadura que chega até a face do apoio após o corte das barras sobre o diagrama de momentos decalado.

$$l_b = l_{b1}$$

$$R = r + 5.5 \text{ onde } r = 2.5 \text{ para } < 20 \text{ mm}$$

$$r = 4.0 \text{ para } 20 \text{ mm}$$

$$R \geq 6 \text{ cm}$$

$$b_e = b_p \text{ rec}$$

$$l_{be} = l_b \text{ Asn} / A_{se} \text{ com } l_{be} > l_b / 3$$

$$l_{be} > 10$$

$$l_{be} > 10 \text{ cm}$$

Em função do valor da largura efetiva do apoio ( $b_e$ ), armadura efetiva que chega no apoio ( $A_{se}$ ), diâmetro da armadura ( $\phi$ ), quatro casos podem ocorrer para ancoragem das armaduras.

Caso 1:  $b_e \geq l_{be}$

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = l_{be}$$

$$T_V = 0.$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para :  
correção do critério K74

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

correção para colocação de grampos, critério K48

correção para ancoragem em mais de uma camada

Em itens específicos a frente, forneceremos explicações detalhadas sobre as correções citadas acima.

Caso 2: ( $l_{be} > 10$ )  $b_e < l_{be}$

$$R \geq b_e$$

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = b_p \text{ rec}$$

$$T_V = 13$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para :  
correção do critério K74

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

correção para colocação de grampos, critério K48

correção para ancoragem em mais de uma camada

Em itens específicos a frente, forneceremos explicações detalhadas sobre as correções citadas acima.

Caso 3:  $R \leq (l_{be} / 10)$

A ancoragem será realizada pelas barras longitudinais e grampos. As barras longitudinais são ancoradas com :

$T_H = b_p \cdot rec$

$T_V = 13$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para :

correção do critério K74

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

correção para colocação de grampos, critério K48

correção para ancoragem em mais de uma camada

Em itens específicos a frente, forneceremos explicações detalhadas sobre as correções citadas acima.

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo. Fazendo:

$l_{bg}$  = comprimento de ancoragem do grampo

$A_{sg}$  = área necessária de grampos

Calculamos:

Comprimento longitudinal do grampo = 95 g

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $b_w / 2 \cdot rec$

2 ramos de estribos =  $2/3 (b_w / 2 \cdot rec)$

A escolha do número de grampos e a bitola, a partir de  $A_{sg}$  e do número de ramos de grampos é realizada para a 2a, 3a e 4a bitola da armadura de flexão do arquivo de critérios definido para o projeto. A escolha é feita para a 2a bitola se o número de grampos for 1 ou 2; para a 3a bitola se o número de grampos for 1, 2, 3 ou 4 e para a 4a bitola nos demais casos.



Caso 4:  $be < R$

A ancoragem será realizada exclusivamente pelos grampos. As barras longitudinais são ancoradas com :

$TH = bp \text{ rec}$

$TV = 13$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para :  
correção do critério K74

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

correção para colocação de grampos, critério K48

correção para ancoragem em mais de uma camada

Em itens específicos a frente, forneceremos explicações detalhadas sobre as correções citadas acima.

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo.

Comprimento longitudinal do grampo = 95 g

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $bw \text{ 2 rec}$

2 ramos de estribos =  $2/3 (bw \text{ 2 rec})$

c)  $K4 = 2$

Este é um critério de ancoragem das barras longitudinais e grampos de forma simplificada, isto é, os grampos não são calculados exatamente mas são arbitrados valores de grampos em função das dimensões dos apoios.

Definimos:

$As_n$  área necessária de armadura que deve chegar no apoio.

$As_e$  área efetiva de armadura que chega no apoio.

$bpl$  largura do apoio

altura da viga

$re$  cobrimento da armadura

$b_e$  largura efetiva do pilar

$V_d$  força cortante de cálculo

$l_b$  comprimento de ancoragem para armadura longitudinal

$d$  diâmetro da barra longitudinal

$d_g$  diâmetro da barra do grampo

Armadura que chega no apoio

$As_n = As \text{ máxima do vão} / 3$

Ancoragem das barras longitudinais

$l_b = l_{b1}$

Se  $l_b > l_{bentãoTH} = l_b$

$TV = 0$

Se  $l_b \leq l_{bentãoTH} = l_b$

$TV = l_b \cdot 10$

Não é verificada a condição de largura do pilar em função do valor  $(r + 5.5)$  e do número de camadas.

Detalhamento dos grampos

Os grampos são detalhados em duas condições básicas:

O apoio é em viga e  $se_{bp} < 30$  cm

$> 12.5$  mm

O apoio é em pilar e  $se_{bp} < 20$  cm

$> 12.5$  cm

Os grampos são determinados em função da altura da viga como a tabela abaixo:

Altura da viga (cm)	Número de grampos	g (mm)	Comprimento
$h < 30$	2	8	50
$30 \leq h < 40$	3	10	60
$40 \leq h < 60$	4	10	60
$60 \leq h < 90$	5	10	60
$90 \leq h$	6	10	70

d)  $K_4 = 3$

Este é o critério é semelhante ao critério  $K_4=1$ . As ancoragens são realizadas também com grampos conforme abaixo.

A figura apresentada no item  $K_4=1$ , também é válida para a descrição deste novo critério.

Armadura que chega no apoio

A armadura que chega no apoio é a maior dos valores abaixo:

$$A_{sn} = 0.75 V_d / f_{yd}$$

$$A_{sn} = A_s \text{ máxima no vão} / 3 \text{ ou } A_s \text{ máxima} / 4.5$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de tração na face inferior (quando houver)}$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de compressão na face inferior (quando houver)}$$

Estas armaduras mínimas podem ser desconsideradas pelo acionamento de critérios específicos.

Variáveis para decisão do caso de ancoragem

$$l_b = l_{b1}$$

$$R = r + 5.5 \text{ onde } r = 2.5 \text{ para } < 20 \text{ mm}$$

$$r = 4.0 \text{ para } 20 \text{ mm}$$

$$R \geq 6 \text{ cm}$$

$$b_e = b_p \text{ rec}$$

$$l_{be} = l_b A_{sn} / A_{se} \text{ com } l_{be} > l_b / 3$$

$$l_{be} > 10$$

$$l_{be} > 10 \text{ cm}$$

Em função do valor da largura efetiva do apoio ( $b_e$ ), armadura efetiva que chega no apoio ( $A_{se}$ ), diâmetro da armadura ( $\phi$ ), quatro casos podem ocorrer para ancoragem das armaduras.

Caso 1:  $b_e \geq l_{be}$

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = l_{be}$$

$$T_V = 0$$

Caso 2:  $(l_{be} > 10) \text{ e } b_e < l_{be}$

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = b_p \text{ rec}$$

$$T_V = 13$$

Caso 3:  $R \geq 6 \text{ e } b_e < (l_{be} > 10)$

A ancoragem será realizada pelas barras longitudinais e grampos.

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = b_p \text{ rec}$$

$$T_V = 13$$

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo.

Fazendo:  $l_{bg}$  = comprimento de ancoragem do grampo

$A_{sg}$  = área necessária de grampos

Calculamos:

Comprimento longitudinal do grampo = 95 g

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $b_w / 2$  rec

2 ramos de estribos =  $2/3 (b_w / 2 \text{ rec})$

A escolha do número de grampos e a bitola, a partir de  $A_{sg}$  e do número de ramos de grampos é realizada para a 2a, 3a e 4a bitola da armadura de flexão do arquivo de critérios definido para o projeto. A escolha é feita para a 2a bitola se o número de grampos for 1 ou 2; para a 3a bitola se o número de grampos for 1, 2, 3 ou 4 e para a 4a bitola nos demais casos.

Caso 4 :  $b_e < R$

A ancoragem será realizada exclusivamente pelos grampos. As barras longitudinais são ancoradas com :

$T_H = b_p \text{ rec}$

$T_V = 13$

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo.

$A_{sg} = A_{sn}$

Comprimento longitudinal do grampo = 95 g

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $b_w / 2$  rec

2 ramos de estribos =  $2/3 (b_w / 2 \text{ rec})$

e)  $K_4 = 4$

Este é um critério semelhante aos critérios  $K_4=1$  e  $K_4=3$  mas se baseia em um cálculo um pouco diferenciado para as ancoragens das armaduras longitudinais. Também completa a ancoragem com grampos para apoios de pequenas dimensões.

A armadura que chega no apoio é a maior dos valores abaixo:

$$A_{sn} = 0.75 V_d / f_{yd}$$

$$A_{sn} = A_s \text{ máxima no vão} / 3 \text{ ou } A_s \text{ máxima} / 4.5$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de tração na face inferior (quando houver)}$$

$$A_{sn} = A_s \text{ de compressão na face inferior (quando houver)}$$

Estas armaduras mínimas podem ser desconsideradas pelo acionamento de critérios específicos.

Variáveis para decisão do caso de ancoragem

$A_{se}$  = área efetiva de armadura que chega até a face do apoio após o corte das barras sobre o diagrama de momentos decalado.

$$l_b = l_{b1}$$

$$R = r + 5.5 \text{ onde } r = 2.5 \text{ para } < 20 \text{ mm}$$

$$r = 4.0 \text{ para } 20 \text{ mm}$$

$$R \geq 6 \text{ cm}$$

$$b_e = b_p \text{ rec}$$

$$l_{be} = l_b A_{sn} / A_{se} \text{ com } l_{be} > l_b / 3$$

$$l_{be} > 10$$

$$l_{be} > 10 \text{ cm}$$

Em função do valor da largura efetiva do apoio ( $b_e$ ), armadura efetiva que chega no apoio ( $A_{se}$ ), diâmetro da armadura ( $\phi$ ), quatro casos podem ocorrer para ancoragem das armaduras.

Caso 1:  $b_e \geq l_{be}$

As barras longitudinais são ancoradas com :

$$T_H = l_{be}$$

$$T_V = 0$$

Caso 2:  $R \cdot b_e < l_{be}$

A ancoragem será realizada pelas barras longitudinais e grampos. As barras longitudinais são ancoradas com :

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo.

Fazendo:  $l_{bg}$  = comprimento de ancoragem do grampo

$A_{sg}$  = área necessária de grampos

Calculamos:

Comprimento longitudinal do grampo =  $l_{bg} + b_e + h$

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $b_w / 2$  rec

2 ramos de estribos =  $2/3 (b_w / 2 \text{ rec})$

A escolha do número de grampos e a bitola, a partir de  $A_{sg}$  e do número de ramos de grampos é realizada para a 2a, 3a e 4a bitola da armadura de flexão do arquivo de critérios definido para o projeto. A escolha é feita para a 2a bitola se o número de grampos for 1 ou 2; para a 3a bitola se o número de grampos for 1, 2, 3 ou 4 e para a 4a bitola nos demais casos.

Caso 4:  $b_e < R$

A ancoragem será realizada exclusivamente pelos grampos. As barras longitudinais são ancoradas com :

$T_H = b_p \text{ rec}$

$T_V = 13$

Os grampos são calculados e detalhados como abaixo.

Comprimento longitudinal do grampo =  $l_{bg} + b_e + h$

Comprimento transversal do grampo:

1 ramo de estribo =  $b_w / 2$  rec

2 ramos de estribos =  $2/3 (b_w / 2 \text{ rec})$

f)  $K_4 = 5$

O objetivo deste critério é ancorar os ferros extremos com a largura do apoio sem a colocação dos grampos ou laço prescritos pela NBR 6118. Neste caso, não é verificada a condição da largura do apoio com relação ao raio de dobramento das barras longitudinais.

Os seguintes procedimentos são adotados:

A armadura que chega no apoio é a maior dos valores abaixo:

$A_{sn} = 0.75 V_d / f_{yd}$

$A_{sn} = A_s \text{ máxima no vão} / 3$  ou  $A_s \text{ máxima} / 4.5$

$A_{sn} = A_s$  de tração na face inferior (quando houver)

$A_{sn} = A_s$  de compressão na face inferior (quando houver)

Estas armaduras mínimas podem ser desconsideradas pelo acionamento de critérios específicos.

Variáveis para decisão do caso de ancoragem

$A_{se}$  = área efetiva de armadura que chega até a face do apoio após o corte das barras sobre o diagrama de

momentos decalado.

$$l_b = l_{b1}$$

$$b_e = b_{p \text{ rec}}$$

$$l_{b_e} = l_b A_{sn} / A_{se} \text{ com } l_{b_e} > l_b / 3$$

$$l_{b_e} > 10$$

$$l_{b_e} > 10 \text{ cm}$$

Largura do apoio ( $b_e$ ) 50 cm

$$T_H = b_e$$

$$T_V = l_{b_e} \text{ com } T_V < h / 2 \text{ rec}$$

A estes valores calculados, são realizadas correções adicionais para :

comprimentos verticais mínimos

comprimentos verticais padrões

Largura do apoio  $> 50$  cm

$T_H$  assume o menor dos dois valores:  $b_e$  e  $b_e$

$$T_V = 0.$$

g) Correção da ancoragem pelo critério K74

O objetivo deste critério é ancorar os ferros extremos com o valor de 40 e a colocação dos grampos ou laço. O critério abaixo apenas atua quando o critério de ancoragem original for o  $K4=1$ . Temos 3 casos a considerar:

Momento positivo no apoio  $> 0$

Se  $l_{b_e} > b_e$  temos

$$T_H = b_e$$

$$T_V = l_{b_e} T_H$$

Se  $T_V < 13$  então  $T_V = 13$

Se  $T_V > 13$  então  $T_V = h / 10$

Se  $T_V > l_{b_e}$  então  $T_V = l_{b_e}$

Momento positivo no apoio 0

$$l_{b_e} = 40$$

Se  $l_{b_e} > b_e$  temos

TH = be

TV = 40 TH

Se TV < 13 então TV = 13

Valores mínimos calculados com K4=1

Se após o cálculo original de ancoragem pelo critério K4=1 resultar em

TH 40 , nenhuma correção é realizada.

Em qualquer dos casos acima, os grampos calculados conforme critério K4=1 são detalhados. Esta correção abrange apenas ao trecho horizontal e vertical do ferro.

h) Comprimentos verticais mínimos de ancoragem

Após a determinação do comprimento vertical de ancoragem, o valor obtido pode não satisfazer ao interesse do projetista. O valor de 13 pode ser entendido pelo projetista como insuficiente. Para resolver este problema é permitido no arquivo de critérios a definição de valores mínimos da ancoragem do trecho vertical do ferro para cada bitola.

Se o valor calculado for menor que o valor fornecido como mínimo, este será adotado.

As barras longitudinais podem possuir trechos verticais ou não. Através do critério K69 pode-se decidir a adoção de valores mínimos de ancoragem vertical para barras que, originalmente, possuem trecho vertical nulo.

Válido apenas para o critério K4=1.

i) Comprimentos verticais padrões de ancoragem

Para que os comprimentos de ancoragem não resultem em números não padronizados, no arquivo de critérios pode-se definir valores padrões de ancoragem. Estes valores padrões não dependem da bitola.

Os valores calculados são alterados para o valor padrão imediatamente superior.

Válido apenas para o critério K4=1.

j) Correção da ancoragem pelo critério K48

Neste caso os grampos podem ser suprimidos se o valor da largura do apoio for maior que um determinado valor.

Assim, quando K48 = 1 e be > 10 os grampos são suprimidos.

Válido apenas para o critério K4=1.

k) Correção da ancoragem em mais de uma camada

Para a ancoragem de ferros com dobras em ambas as extremidades e, quando estas barras estão distribuídas em mais de uma camada, o TQS-Vigas faz uma correção no comprimento do apoio a ancorar para o detalhamento das barras pertencentes as demais camadas.

Esta correção consiste no desconto do comprimento da largura do apoio do valor abaixo:

onde:

icamé o número da camada;

ebé o espaçamento entre camadas



# Ancoragem nos apoios intermediários – flexão positiva

## a) Faces inferiores não coincidentes

Quando há variação de cota na face inferior da viga de vão para vão, o TQS-Vigas dimensiona e detalha as armaduras, ancorando os ferros como se fosse um apoio extremo. O detalhamento de grampos em apoios intermediários é realizado apenas para o critério  $K4=1$ .

## b) Faces inferiores coincidentes

Para ancoragem dos ferros nos apoios intermediários as seguintes regras são estabelecidas:

Comprimento vertical da ancoragem - gancho = 0.

Comprimento horizontal além da face do apoio é estabelecido como padrão de 40. Este valor pode ser alterado no arquivo de critérios.

A quantidade de armadura que chega no apoio é igual a armadura máxima positiva do vão adjacente / 4.5.

Para o critério de ancoragem  $K4 = 0$  e  $K4=1$ , a quantidade de armadura que chega no apoio satisfaz também a armadura mínima calculada como 0.135 % de  $b h$ .

O TQS-Vigas dimensiona a viga também para momentos positivos no extremo do vão, apoio intermediário. Este valor calculado de  $A_s$  de tração é considerado no detalhamento dos ferros neste apoio.

No apoio intermediário, face inferior, pode ocorrer também a presença de armadura de compressão devido ao dimensionamento do momento negativo. A armadura necessária para ancoragem é puxada ou acrescentada no apoio e a ancoragem é estabelecida como :

O valor da ancoragem é dividido por 2, pois temos o dobro da área de ferros ancorando, para ambos os lados do apoio.

