

FLEXÃO SIMPLES NA RUÍNA: SEÇÃO T – CAPÍTULO 9

Libânio M. Pinheiro, Cassiane D. Muzardo, Sandro P. Santos.

Setembro de 2004.

FLEXÃO SIMPLES NA RUÍNA: SEÇÃO T

9.1 SEÇÃO T

Até agora, considerou-se o cálculo de vigas isoladas com seção retangular, mas nem sempre é isso que acontece na prática, pois em uma construção podem ocorrer lajes descarregando em vigas (Figura 9.1). Portanto, há um conjunto laje-viga resistindo aos esforços. Quando a laje é do tipo pré-moldada, a seção é realmente retangular.

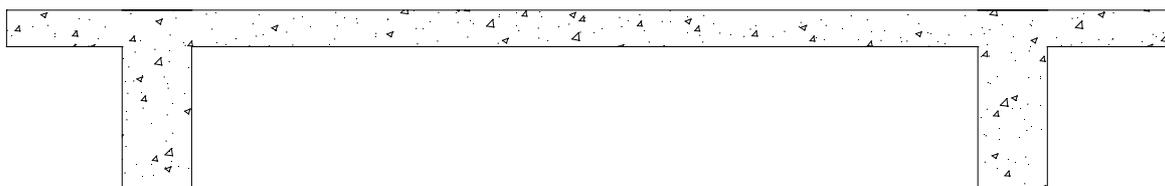


Figura 9.1 – Piso de um edifício comum – Laje apoiando-se nas vigas

9.2 Ocorrência

Esse tipo de seção ocorre em vigas de pavimentos de edifícios comuns, com lajes maciças, ou com lajes nervuradas com a linha neutra passando pela mesa, em vigas de pontes (Figura 9.2), entre outras peças.

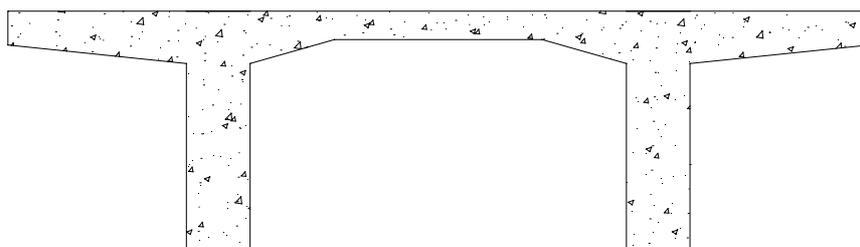


Figura 9.2 – Seção de uma ponte

9.3 Largura Colaborante

No cálculo de viga como seção T, deve-se definir qual a largura colaborante da laje que efetivamente está contribuindo para absorver os esforços de compressão.

De acordo com a NBR 6118, a largura colaborante b_f será dada pela largura da viga b_w acrescida de no máximo 10% da distância “a” entre pontos de momento fletor nulo, para cada lado da viga em que houver laje colaborante.

A distância “a” pode ser estimada em função do comprimento L do tramo considerado, como se apresenta a seguir:

- viga simplesmente apoiadaa = 1,00 L
- tramo com momento em uma só extremidadea = 0,75 L
- tramo com momentos nas duas extremidadesa = 0,60 L
- tramo em balançoa = 2,00 L

Alternativamente o cálculo da distância “a” pode ser feito ou verificado mediante exame dos diagramas de momentos fletores na estrutura.

Além disso, deverão ser respeitados os limites b_1 e b_3 conforme a figura 9.3.

- b_w é a largura real da nervura;
- b_a é a largura da nervura fictícia obtida aumentando-se a largura real para cada lado de valor igual ao do menor cateto do triângulo da mísula correspondente;
- b_2 é a distância entre as faces das nervuras fictícias sucessivas.

Quando a laje apresentar aberturas ou interrupções na região da mesa colaborante, esta mesa só poderá ser considerada de acordo com o que se apresenta na figura 9.4.

$$b_1 \leq \begin{cases} 0,5b_2 \\ 0,10a \end{cases} \quad b_3 \leq \begin{cases} b_4 \\ 0,10a \end{cases} \quad (\text{NBR 6118})$$

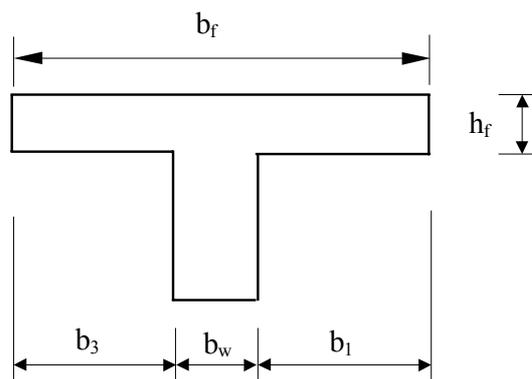
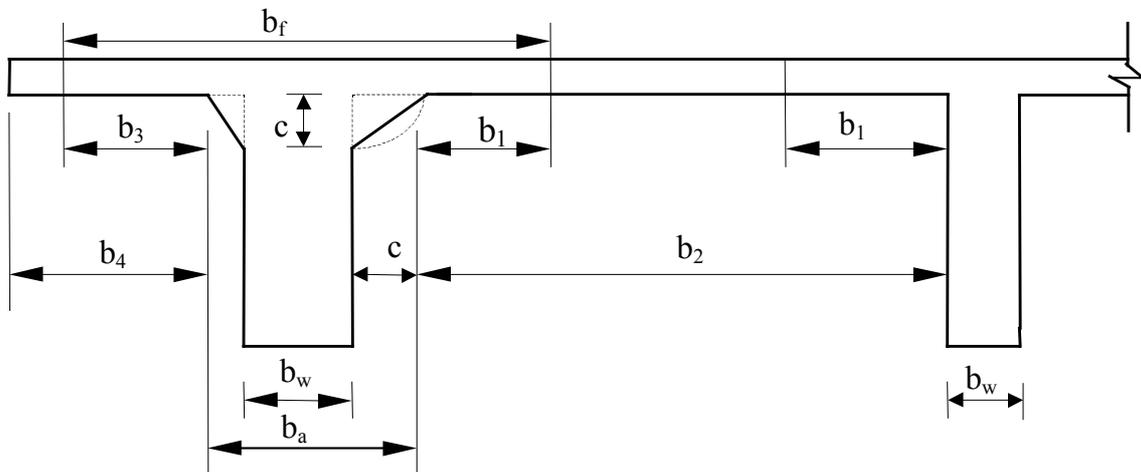


Figura 9.3 - Largura de mesa colaborante

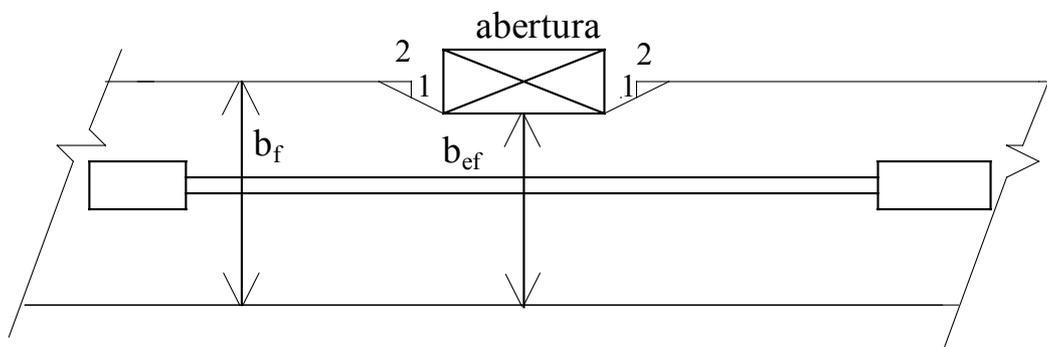


Figura 9.4 - Largura efetiva com abertura

9.4 Verificação do Comportamento (Retangular ou T Verdadeira)

Para verificar se a seção da viga se comporta como seção T (Figura 9.5), é preciso analisar a profundidade da altura y do diagrama retangular, em relação à altura h_f do flange (espessura da laje). Caso y seja menor ou igual a h_f , a seção deverá ser calculada como retangular de largura b_f ; caso contrário, ou seja, se o valor de y for superior a h_f , a seção deverá ser calculada como seção T verdadeira. O procedimento de cálculo é indicado a seguir.

Calcula-se $\beta_{xf} = h_f / (0,8d)$

Supondo seção retangular de largura b_f , calcula-se k_c .

$k_c = b_f d^2 / M_d$, entrando na tabela 1.1 (PINHEIRO, 1993), tira-se β_x .

Se $\beta_x \leq \beta_{xf} \rightarrow$ cálculo como seção retangular com largura b_f ,

Se $\beta_x > \beta_{xf} \rightarrow$ cálculo como seção T verdadeira.

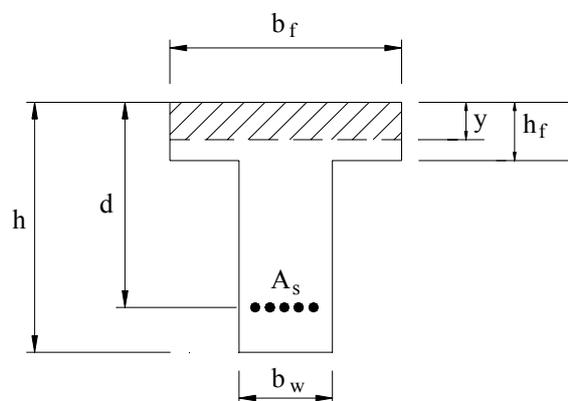


Figura 9.5 – Seção T

9.5 Cálculo como Seção Retangular

Procede-se o cálculo normal de uma seção retangular de largura igual a b_f (Figura 9.6). Utiliza-se a tabela com o β_x calculado para verificação do comportamento, pois se partiu da hipótese que a seção era retangular. Com este valor de β_x , tira-se o valor de k_s e calcula a área de aço através da equação:

$$A_s = \frac{k_s M_d}{d}$$

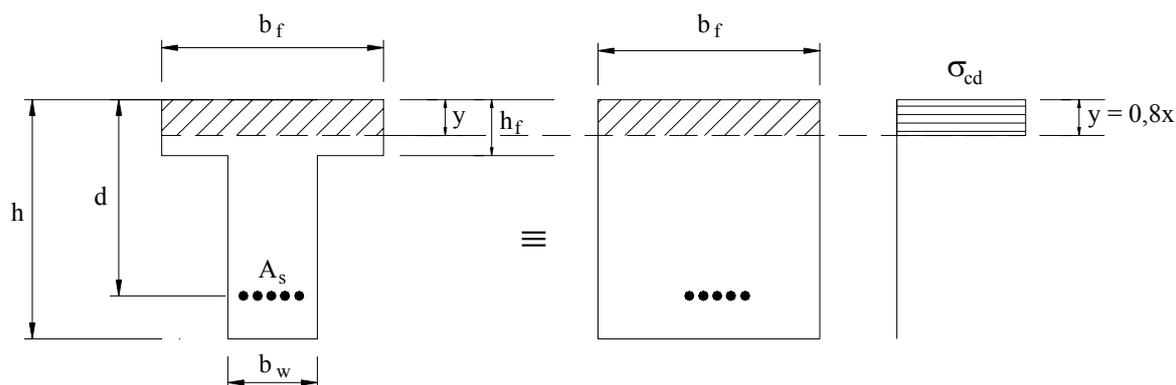


Figura 9.6 – Seção T “falsa” ou retangular

9.6 Cálculo como Seção T Verdadeira

Para o cálculo como seção T verdadeira, a hipótese de que a seção era retangular não foi confirmada, portanto procede-se da seguinte maneira (figura 9.7).

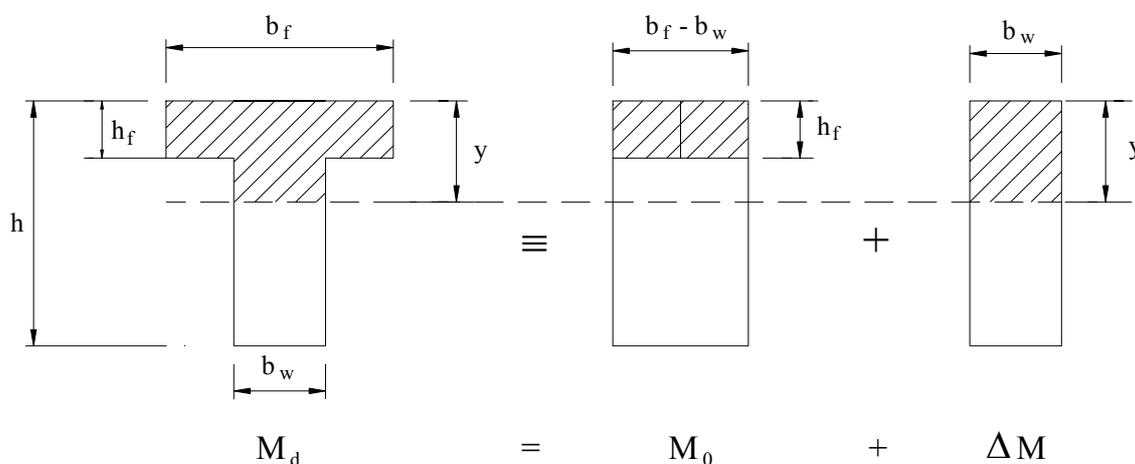


Figura 9.7 – Seção T verdadeira

Calcula-se normalmente o momento resistente M_0 de uma seção de concreto de largura $b_f - b_w$, altura h e $\beta_x = \beta_{xf}$. Com esse valor de M_0 , calcula-se a área de aço correspondente. Com a seção de concreto da nervura ($b_w \times h$) e com o momento que ainda falta para combater o momento solicitante, $\Delta M = M_d - M_0$, calcula-se como uma seção retangular comum (Figura 9.7), podendo ser esta com armadura simples ou dupla. A área de aço total será a soma das armaduras calculadas separadamente para cada seção.

Deverá existir uma armadura transversal com área mínima de $1,5\text{cm}^2/\text{m}$ para que haja solidariedade entre a alma e a mesa.

9.7 EXEMPLOS

A seguir apresentam-se alguns exemplos envolvendo o cálculo de flexão simples em seção T.

9.7.1 EXEMPLO 1

Calcular a área de aço para uma seção T com os seguintes dados:

Concreto classe C25, Aço CA-50

$$b_w = 30 \text{ cm}, b_f = 80 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}, h_f = 10 \text{ cm}$$

$$M_k = 315 \text{ kN.m}$$

$$h - d = 3 \text{ cm}$$

Solução:

$$d = 45 - 3 = 42 \text{ cm}$$

$$\beta_{xf} = \frac{h_f}{0,8d} = \frac{10}{0,8 \times 42} = 0,30$$

$$k_c = \frac{b_f d^2}{M_d} = \frac{80 \times 42^2}{1,4 \times 31500} = 3,2 \rightarrow \beta_x = 0,29$$

$\beta_x = 0,29 < \beta_{xf} \rightarrow$ T “Falsa” (Cálculo como seção retangular de largura b_f)

$k_s = 0,026$ – Tabela 1.1 (PINHEIRO, 1993)

$$A_s = k_s \times \frac{M_d}{d} = 0,026 \times \frac{1,4 \times 31500}{42} = 27,30 \text{ cm}^2$$

A_s : 6 \emptyset 25 (30 cm^2)

7 \emptyset 22,2 ($27,16 \text{ cm}^2$) 2 camadas

9.7.2 EXEMPLO 2

Calcular a área de aço do exemplo anterior, para um momento $M_k=378 \text{ kN.m}$

a) Verificação do comportamento

$$\beta_{xf} = \frac{h_f}{0,8d} = \frac{10}{0,8 \times 42} = 0,30 \rightarrow k_{cf} = 3,1 \text{ e } k_{sf} = 0,026$$

$$k_c = \frac{bd^2}{M_d} = \frac{80 \times 42^2}{1,4 \times 37800} = 2,7 \rightarrow \beta_x = 0,36 > \beta_{xf} \rightarrow \text{T Verdadeira}$$

b) Flange

$$M_0 = \frac{bd^2}{k_{cf}} = \frac{(80 - 30) \times 42^2}{3,1} = 28452 \text{ kN.cm}$$

$$A_{s0} = 0,026 \times \frac{28452}{42} = 17,61 \text{ cm}^2$$

c) Nervura

$$\Delta M = M_d - M_0 = 1,4 \times 37800 - 28452 = 24468 \text{ kN.cm}$$

$$k_c = \frac{b_w d^2}{\Delta M} = \frac{30 \times 42^2}{24468} = 2,2 > k_{clim} = 1,8 \rightarrow \text{Armadura Simples}$$

$$\Delta A_s = 0,028 \times \frac{24468}{42} = 16,31 \text{ cm}^2$$

d) Total

$$A_s = 17,61 + 16,31 = 33,92 \text{ cm}^2$$

$A_s \rightarrow 7 \text{ } \emptyset 25 \text{ (} 35 \text{ cm}^2 \text{) 2 na 2}^{\text{a}} \text{ camada}$

Solução adotada (Figura 9.8):

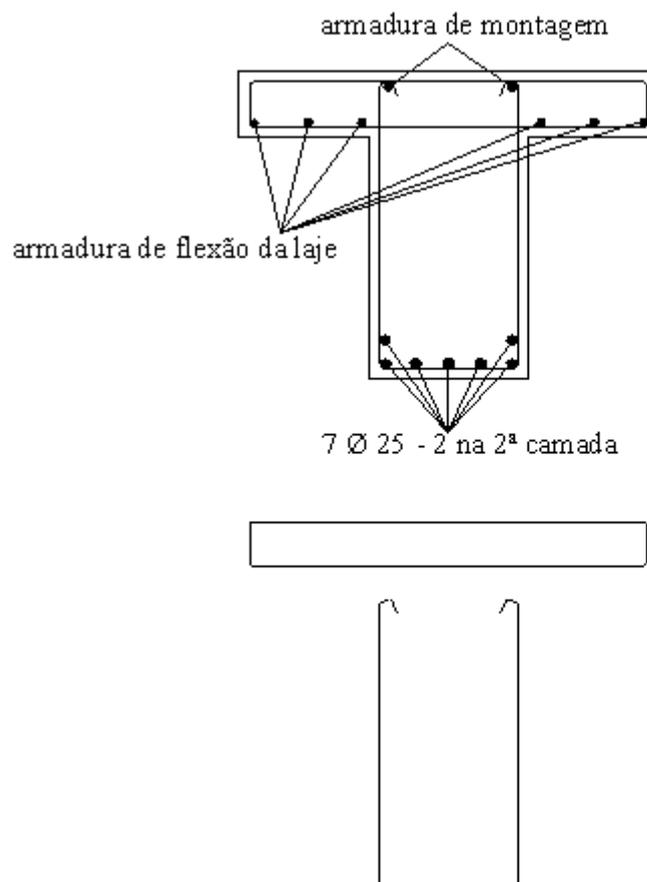


Figura 9.8 – Detalhamento da seção T

Obs.: Este detalhamento pode ser melhorado.