

4.14 Simbologia específica

a	distância entre pontos de momento fletor nulo
a_h	espaçamento horizontal mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal
$a_{h,cal}$	valor de a_h calculado
$a_{h,min}$	valor mínimo de a_h
a_v	espaçamento vertical mínimo livre entre as faces das barras longitudinais, medido no plano da seção transversal
a_1	distância além da face de apoio de viga (distância à esquerda)
a_2	distância além da face de apoio de viga (distância à direita)
b_f	largura colaborante da mesa de uma viga de seção T
b_{nec}	largura de viga necessária para abrigar um conjunto de barras em uma mesma camada
b_w	largura da alma de uma viga
b_1	parte de b_f definida pela existência de vigas paralelas
b_2	distância entre vigas paralelas, contadas a partir das mísulas, se existirem
b_3	parte de b_f definida pela existência de lajes em balanço
b_4	largura da laje em balanço, contada a partir da mísula, se existir
c	cateto vertical de mísula
c_{nom}	cobrimento nominal da armadura
d	altura útil da viga - distância da fibra de concreto mais comprimida até o centro de gravidade da armadura tracionada
d_{adt}	valor adotado para d (altura útil)
d_{cal}	valor calculado para d (altura útil)
d_{max}	dimensão máxima característica do agregado graúdo
d'	distância da fibra de concreto mais comprimida até o centro de gravidade da armadura comprimida
d'_{adt}	valor adotado para d'
d'_{cal}	valor calculado para d'
f_{cd}	resistência à compressão do concreto de cálculo
f_{ck}	resistência à compressão do concreto característica
$f_{ctk,sup}$	resistência característica superior à tração do concreto
f_{yd}	resistência ao escoamento do aço de cálculo
f_{yk}	resistência ao escoamento do aço característica
g_k	valor característico da ação permanente
h	altura da viga
h_f	espessura da mesa de uma viga de seção T
l	vão
l_{ef}	vão efetivo de viga
l_0	distância entre faces de dois apoios consecutivos
n	número de barras em uma camada
q_k	valor característico da ação variável
s	espaçamento entre as barras que constituem a armadura de pele
t_1	largura de a apoio paralelo ao vão de viga (largura à esquerda)
t_2	largura de a apoio paralelo ao vão de viga (largura à direita)
x	profundidade da linha neutra
y	profundidade do retângulo de tensões σ_c

y_{cg}	posição do centro de gravidade da seção transversal de um conjunto de barras longitudinais (tracionadas ou comprimidas) em relação ao centro da armadura mais afastada, medida normalmente à linha neutra
y_f	distância do centro de gravidade de uma seção T à fibra da mesa mais afastada da linha neutra, medida normalmente a esta
y_i	posição da barra A_{si} na determinação do centro de gravidade da seção transversal de um conjunto de barras longitudinais (tracionadas ou comprimidas)
y_w	distância do centro de gravidade de uma seção T à fibra da alma mais afastada da linha neutra, medida normalmente a esta
z	braço de alavanca do binário de forças R_{cd} / R_{sd} ou R_{cd1} / R_{sd1}
A_c	área de concreto
A_{cc}	área de concreto comprimido
A_s	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada
A_{si}	área da seção transversal de uma barra que compõe a armadura longitudinal (tracionada ou comprimida)
$A_{s,apoio}$	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada existente em apoio de viga
$A_{s,cal}$	área calculada da seção transversal da armadura longitudinal tracionada
$A_{s,ef}$	área efetiva da seção transversal da armadura longitudinal tracionada
$A_{s,max}$	área máxima da seção transversal da armadura longitudinal tracionada
$A_{s,min}$	área mínima da seção transversal da armadura longitudinal tracionada
$A_{s,pele}$	armadura de pele (armadura lateral de viga)
$A_{s,vão}$	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada existente em vão de viga
A_{s1}	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada, referenciada ao binário M_{Rd1}
A_{s2}	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada, referenciada ao binário M_{Rd2}
A_{s3}	área da seção transversal da armadura longitudinal tracionada, referenciada ao binário M_{Rd3}
A'_s	área da seção transversal da armadura longitudinal comprimida
$A'_{s,cal}$	área calculada da seção transversal da armadura longitudinal comprimida
$A'_{s,ef}$	área efetiva da seção transversal da armadura longitudinal comprimida
E_s	módulo de elasticidade do aço
G_k	valor característico da ação permanente
I	momento de inércia
M_{apoio}	momento fletor existente em apoio de viga
$M_{d,min}$	momento fletor mínimo (valor de cálculo)
M_{gk}	momento fletor característico decorrentes de ações permanentes
M_{qk}	momento fletor característico decorrentes de ações variáveis
$M_{vão}$	momento fletor existente em vão de viga
M_{Rd}	momento fletor resistente de cálculo
M_{Rd1}	momento fletor resistente de cálculo referenciado ao binário R_{cd1} / R_{sd1}
M_{Rd2}	momento fletor resistente de cálculo referenciado ao binário R'_{sd2} / R_{sd2}
M_{Rd3}	momento fletor resistente de cálculo referenciado ao binário R_{cd3} / R_{sd3}
$M_{Rd,mesa}$	momento fletor resistente de cálculo referenciado ao binário $R_{cd,} / R_{sd}$ para a condição $y = h_f$
M_{Sd}	momento fletor solicitante de cálculo
M_{Sd1}	momento fletor solicitante de cálculo que contrapõe ao momento fletor resistente de cálculo M_{Rd1}

M_{sd2}	momento fletor solicitante de cálculo que contrapõe ao momento fletor resistente de cálculo M_{Rd2}
M_{sd3}	momento fletor solicitante de cálculo que contrapõe ao momento fletor resistente de cálculo M_{Rd3}
Q_k	valor característico da ação variável
R_{cd}	força resistente de cálculo atuante na região de concreto comprimido
R_{cd1}	força resistente de cálculo atuante na região de concreto comprimido de área $b_w y$
R_{cd3}	força resistente de cálculo atuante na região de concreto comprimido de área $(b_f - b_w) y$
R_{sd}	força resistente de cálculo atuante na armadura tracionada
R_{sd1}	força resistente de cálculo atuante na armadura tracionada de área A_{s1}
R_{sd2}	força resistente de cálculo atuante na armadura tracionada de área A_{s2}
R_{sd3}	força resistente de cálculo atuante na armadura tracionada de área A_{s3}
R'_{sd2}	força resistente de cálculo atuante na armadura comprimida
W_0	módulo de resistência da seção transversal bruta de concreto, relativo à fibra mais tracionada
$W_{0,w}$	módulo de resistência da seção transversal bruta de concreto, relativo à fibra mais tracionada, no caso a fibra da alma (w) mais afastada da linha neutra
α_c	parâmetro de definição da tensão σ_c , considerada constante ao longo de y
β	variável adimensional
β_c	valor adimensional auxiliar
β_s	valor adimensional que define a tensão de tração referente à armadura A_s
β'_s	valor adimensional que define a tensão de compressão referente à armadura A'_s
β_x	valor adimensional que define a posição da linha neutra
$\beta_{x,dtt}$	valor adimensional que define a posição da linha neutra correspondente ao limite de dutilidade da seção transversal
$\beta_{x,23}$	valor de β_x que define a passagem do domínio 2 para o domínio 3
$\beta_{x,34}$	valor de β_x que define a passagem do domínio 3 para o domínio 4
β_y	valor adimensional que define a região de concreto comprimido
β_z	valor adimensional que define o braço de alavanca do binário de forças R_{cd} / R_{sd}
ϵ_c	deformação específica do concreto
ϵ_{cu}	deformação específica de encurtamento do concreto na ruptura
ϵ_{c2}	deformação específica de encurtamento do concreto no início do patamar plástico
ϵ_s	deformação específica do aço à tração
ϵ'_s	deformação específica do aço à compressão
ϵ_{yd}	deformação específica de escoamento do aço
ϕ	diâmetro das barras da armadura
ϕ_l	diâmetro da barra longitudinal
ϕ_t	diâmetro da barra transversal (estribo)
γ_c	coeficiente de ponderação da resistência do concreto
γ_g	coeficiente de ponderação para ações permanentes diretas
γ_q	coeficiente de ponderação para ações variáveis diretas
γ_s	coeficiente de ponderação da resistência do aço
λ	parâmetro de definição da profundidade do retângulo de tensões σ_c
ρ_{max}	taxa geométrica máxima de armadura longitudinal de tração
ρ_{min}	taxa geométrica mínima de armadura longitudinal de tração
ρ_{ret}	taxa geométrica máxima de armadura longitudinal de tração para seção retangular
ρ_T	taxa geométrica máxima de armadura longitudinal de tração para seção T

$\rho_{T,max}$	taxa geométrica máxima de armadura longitudinal de tração para seção T
σ_c	tensão à compressão no concreto
σ_s	tensão à tração na armadura
σ'_s	tensão à compressão na armadura
Δ	percentual que indica variação de área (de armadura ou de concreto)
$\Delta \ell$	trecho de viga

4.15 Exercícios

Ex. 4.1: Definir a curva $M_{Rd} \times A_s$ para a seção abaixo indicada. Mostrar no gráfico:

- os domínios 2, 3 e 4;
- o limite entre viga dútil e frágil; e
- o limite entre peça sub e superarmada.

Use o eixo vertical para a área de armadura e o horizontal para o momento fletor.

Dados:

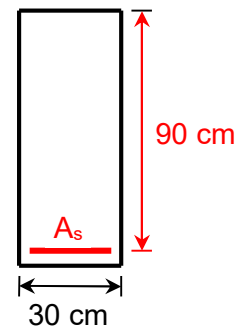
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Escala:

- $1 \text{ cm}^2 = 1,0 \text{ cm}$; e
- $10 \text{ kNm} = 1,0 \text{ cm}$.



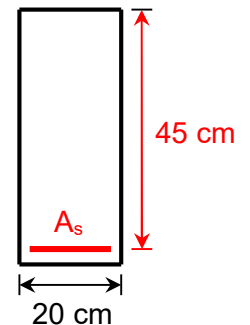
Ex. 4.2: Mantidas as condições de ductilidade, determinar a armadura longitudinal para a seção transversal da viga abaixo representada, a qual deve suportar, simultaneamente, os momentos fletores $M_{gk} = 80 \text{ kNm}$ e $M_{qk} = 25 \text{ kNm}$.

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.3: Mantidas as condições de ductilidade, determinar o máximo momento fletor solicitante de cálculo que a viga de seção transversal abaixo indicada pode suportar. A viga terá:

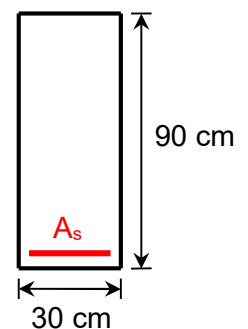
- armadura longitudinal constituída por 7 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 8 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 25 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 4 cm.

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações especiais ($\gamma_g = 1,3$; $\gamma_q = 1,2$; $\gamma_c = 1,2$ e $\gamma_s = 1,15$).



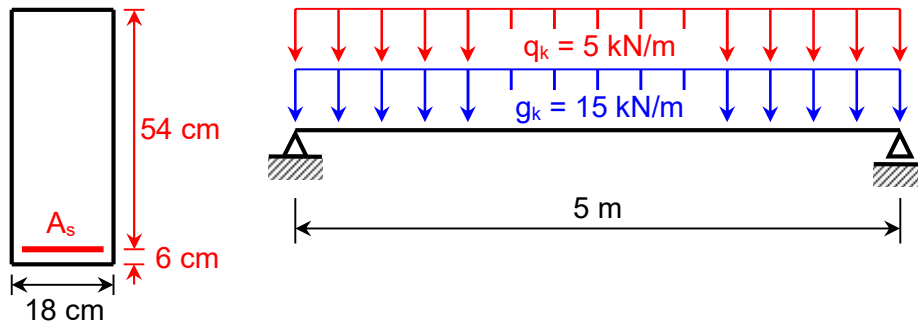
Ex. 4.4: Mantidas as condições de ductilidade, determinar a armadura longitudinal necessária para que a viga abaixo representada.

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.5: A seção de viga abaixo indicada está submetida a um momento fletor solicitante de cálculo igual a 150 kNm. Mantendo-se as condições de ductilidade e sabendo-se que a viga terá:

- armadura longitudinal inferior constituída por 3 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 5 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm;
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm,

pede-se determinar a altura mínima da viga.

Dados:

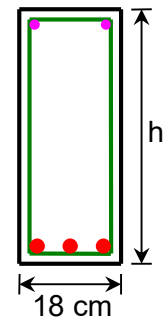
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- não considerar a resistência do porta-estribo (armadura longitudinal superior).



Ex. 4.6: Uma viga de seção retangular de 20 cm x 60 cm, altura útil correspondente a 55 cm, foi ensaiada à flexão simples em laboratório até atingir o Estado Limite Último. Avaliou-se, ao final do ensaio, que o braço de alavanca z , entre a resultante de compressão no concreto R_{cd} e a resultante de tração na armadura R_{sd} , deveria ser de 46,2 cm. Tendo em vista que a viga só possuía armadura longitudinal de tração A_s , pede-se:

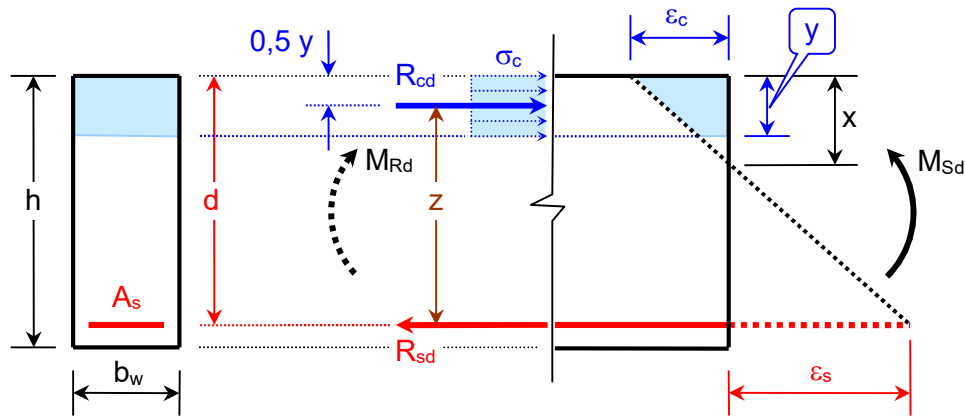
- o valor das deformações no bordo mais comprimido e na armadura tracionada;
- o domínio em que viga se encontrava no instante da ruptura;
- a intensidade do momento fletor de cálculo que levou a viga à ruptura;
- a armadura longitudinal de tração da viga correspondente à situação de ruína; e
- o tipo de ruptura (dútil ou frágil) que a peça apresentou (justificar).

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



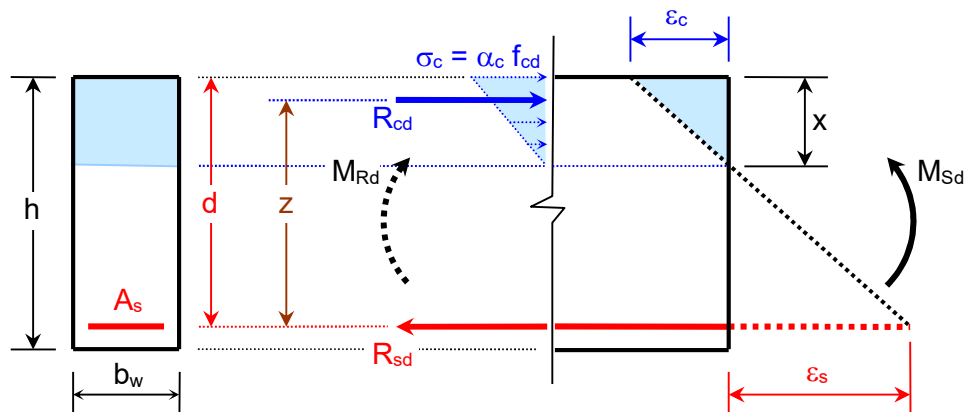
Ex. 4.7: Admitindo-se que a distribuição de tensões na região de concreto comprimido seja triangular e que:

$$M_{Rd} = M_{Sd}$$

$$\beta_x = \frac{x}{d}$$

$$\beta_c = \frac{M_{Rd}}{b_w d^2 f_{cd}}$$

determinar, para vigas de seção retangular, β_c como função única de β_x .



Ex. 4.8: Após realizar o dimensionamento a flexão simples de uma viga de concreto armado, de base 20 cm e altura útil 70 cm, o engenheiro descobriu que não fora considerado no cálculo um dos três coeficientes de segurança exigidos pela ABNT NBR-6118 (γ_g , γ_c , ou γ_s). Tendo em vista que, sem a consideração adequada de um destes coeficientes de segurança, obteve-se para armadura de tração A_s o valor correspondente a 11,566 cm², pede-se:

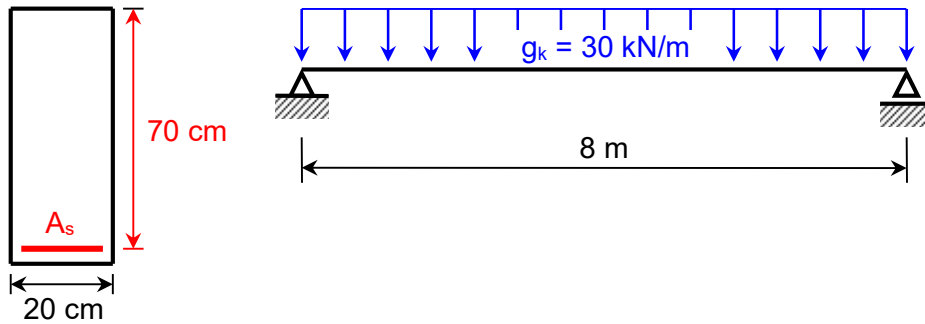
- qual dos três coeficientes foi desconsiderado no cálculo da armadura A_s (tomado igual a 1,0); e
- qual o valor correto da área da armadura tracionada.

Dados:

- concreto: C20; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.9: Mantidas as condições de ductilidade, determinar as armaduras longitudinais necessárias para a viga abaixo representada. A viga terá:

- armadura longitudinal constituída por barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

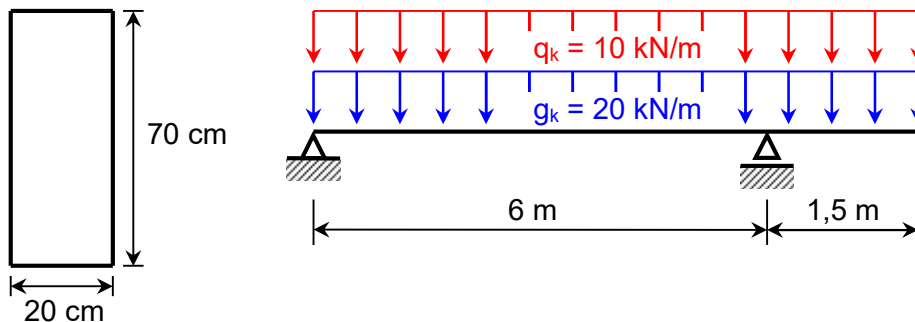
Ao final dos cálculos, apresentar um corte longitudinal esquemático indicando as posições das armaduras positivas e negativas.

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.10: Mantidas as condições de ductilidade, determinar o máximo valor da carga g_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

- armadura longitudinal inferior, no meio do vão, constituída por 3 barras de 16 mm; e
- armadura longitudinal superior, nos apoios, constituída por 5 barras de 10 mm.

Dados:

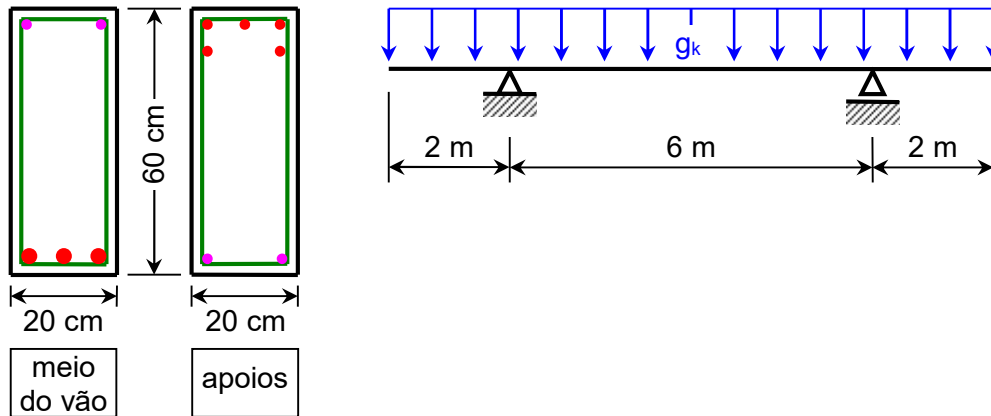
- concreto: C35;
- aço: CA-50; e
- $d = h - 6$ cm.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- não considerar a resistência do porta-estribo (armadura de compressão).



Ex. 4.11: Mantidas as condições de utilidade, determinar a máxima carga acidental q_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

- armadura longitudinal inferior constituída por 3 barras de 20 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 25 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

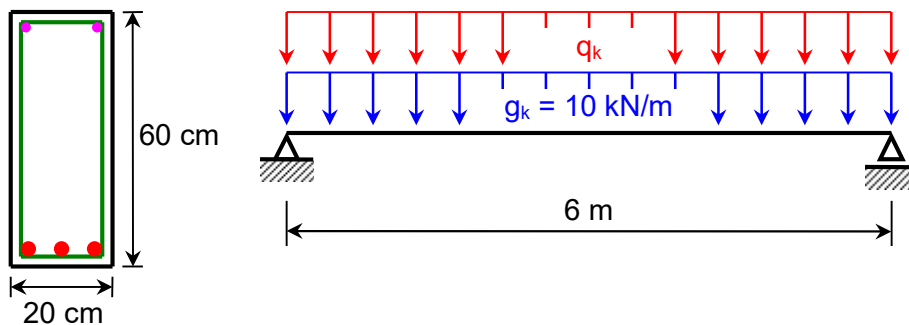
- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações especiais ($\gamma_g = 1,3$; $\gamma_q = 1,2$; $\gamma_c = 1,2$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- não considerar a resistência do porta-estribo (armadura longitudinal superior).



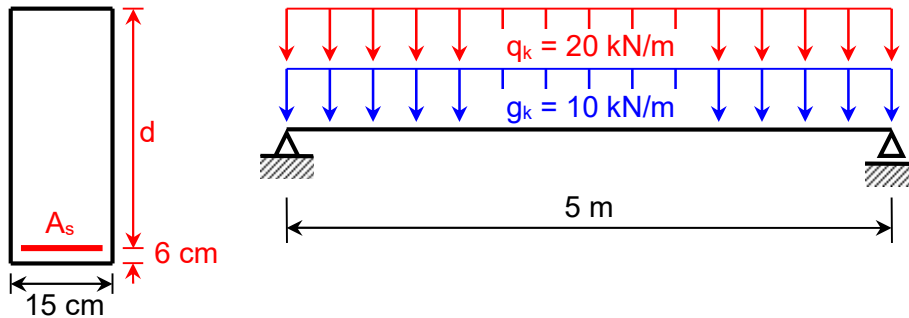
Ex. 4.12: Determinar a menor altura possível para que a viga abaixo representada mantenha as condições de utilidade e sem a utilização de armadura de compressão. Para esta condição, defina sua armadura longitudinal.

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio incluído na carga g_k .



Ex. 4.13: Mantidas as condições de utilidade, determinar a máxima carga permanente G_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

- armadura longitudinal inferior constituída por 5 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

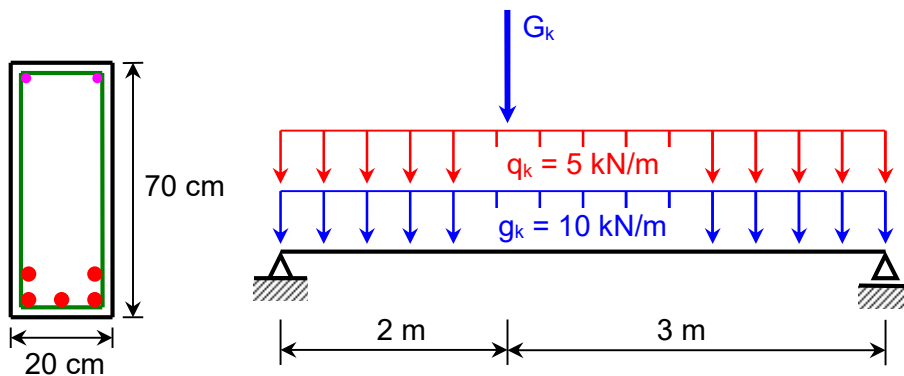
- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- não considerar a resistência do porta estribo (armadura longitudinal superior).



Ex. 4.14: Determinar, para a viga abaixo representada:

- a. a menor altura possível, respeitando as condições de utilidade e sem a utilização de armadura de compressão; e
- b. as armaduras positivas e negativas da viga, para a altura definida no item a.

A viga terá:

- armadura longitudinal constituída por barras de 20 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 8 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Ao final dos cálculos, apresentar um corte longitudinal esquemático indicando as posições das armaduras positivas e negativas.

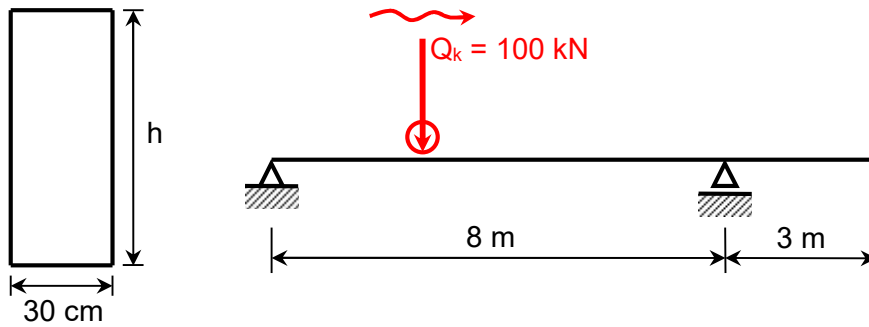
Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);

- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio desprezível.



Ex. 4.15: Determinar o menor valor possível para a largura (b_w) da viga de seção retangular abaixo representada de tal forma que sejam mantidas as condições de utilidade. No meio do vão e no apoio do balanço somente deverão existir armaduras de tração para resistir aos momentos fletores. Para a largura mínima determinada, definir as armaduras no meio do vão e no apoio do balanço. Apresentar um corte longitudinal da viga com o posicionamento das armaduras calculadas. A viga terá:

- armadura longitudinal constituída por barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 8 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

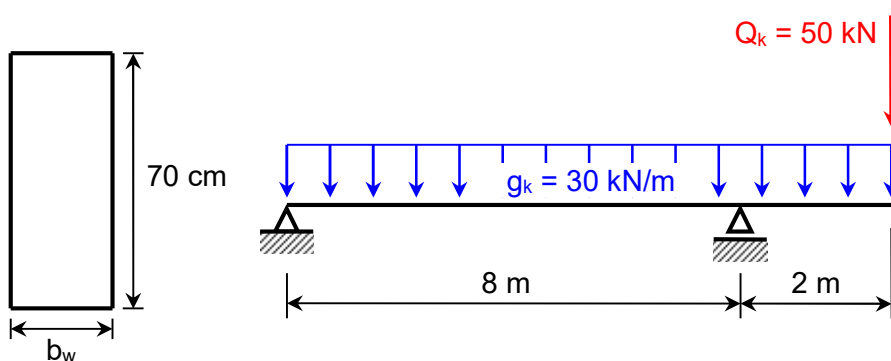
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio incluído na carga g_k .

Obs.:

- a carga concentrada Q_k é acidental, o que vale dizer que ela pode atuar ou não.



Ex. 4.16: Mantidas as condições de utilidade, determinar o afastamento máximo que as cargas G_k podem ter dos apoios. A viga terá:

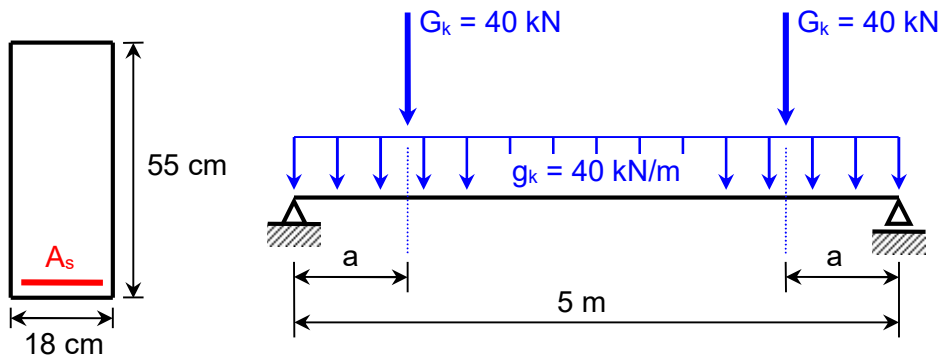
- armadura longitudinal inferior constituída por 5 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.17: Mantidas as condições de utilidade, determinar o máximo valor da carga móvel Q_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

- armadura longitudinal inferior, no meio do vão, constituída por 3 barras de 16 mm;
- armadura longitudinal superior, nos apoios, constituída por 5 barras de 12,5 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

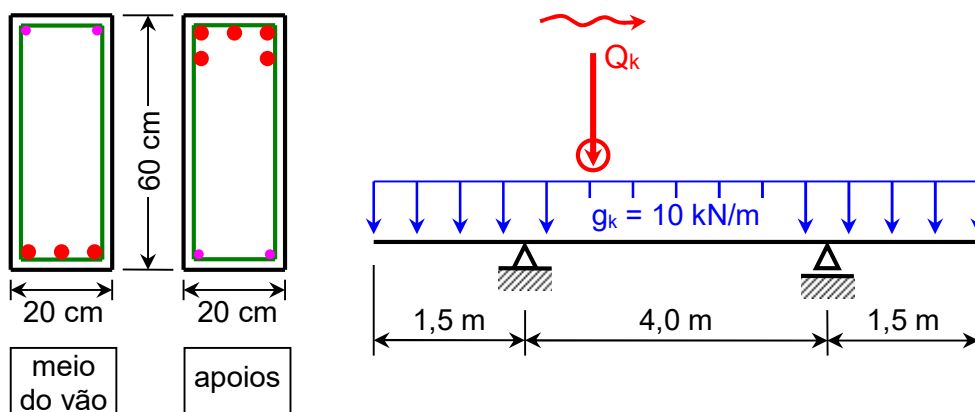
- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- não considerar a resistência do porta-estribo.



Ex. 4.18: Para a viga abaixo representada, determinar:

- a menor seção transversal possível para esta viga de tal forma que sejam mantidas as condições de utilidade sem o uso de armadura de compressão;
- a armadura necessária para o máximo momento positivo;
- a armadura necessária para o máximo momento negativo; e
- a distância, em relação ao apoio A, onde a armadura necessária para o momento positivo corresponda a 2 barras de 16 mm.

A viga terá:

- armadura longitudinal constituída por barras de 16 mm;

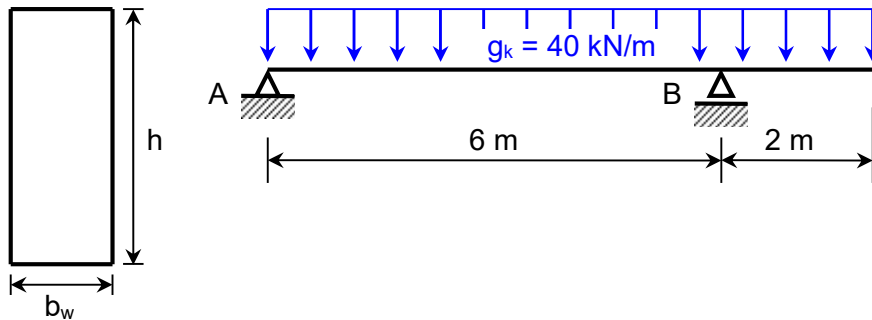
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm;
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm; e
- altura útil (d) igual a 4 vezes a largura da base (b_w).

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.19: O carrinho de cargas indicado na figura abaixo suporta um carregamento centrado de 200 kN. Tendo em vista que a definição da estrutura suporte (viga AB) deverá ser feita para o carrinho na posição CD, pede-se:

- a menor altura possível para a viga AB de tal forma que na seção C não exista armadura longitudinal de compressão e sejam mantidas as condições de ductilidade; e
- as armaduras necessárias nas seções C e D da viga suporte, definidas a partir da altura estabelecida no item a.

Dados:

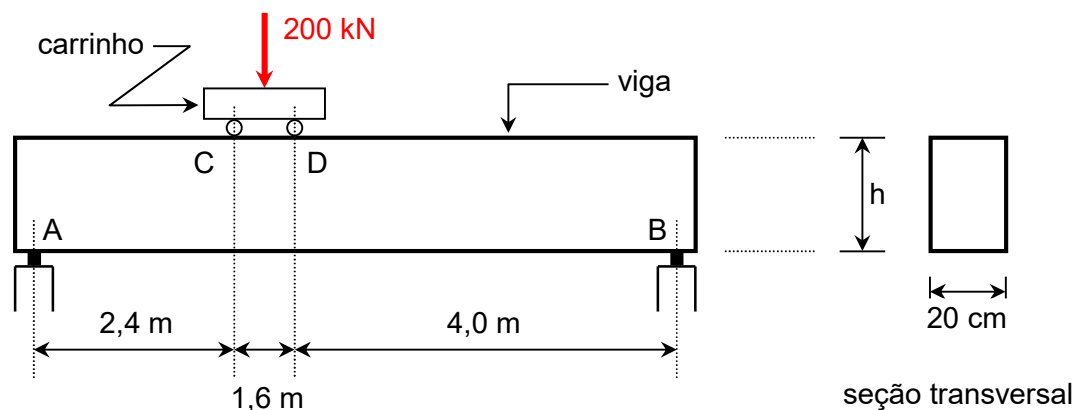
- concreto: C40; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- $d = h - 6$ cm.

Obs.:

- ajustar o valor de h para múltiplo de 5 cm; e
- considerar nulos os pesos próprios da viga e do carrinho.



Ex. 4.20: Para o estado de deformação abaixo indicado, determinar:

- o valor limite para a carga Q_k (valor característico); e
- a armadura necessária (cm^2) para a condição estabelecida no item a.

Dados:

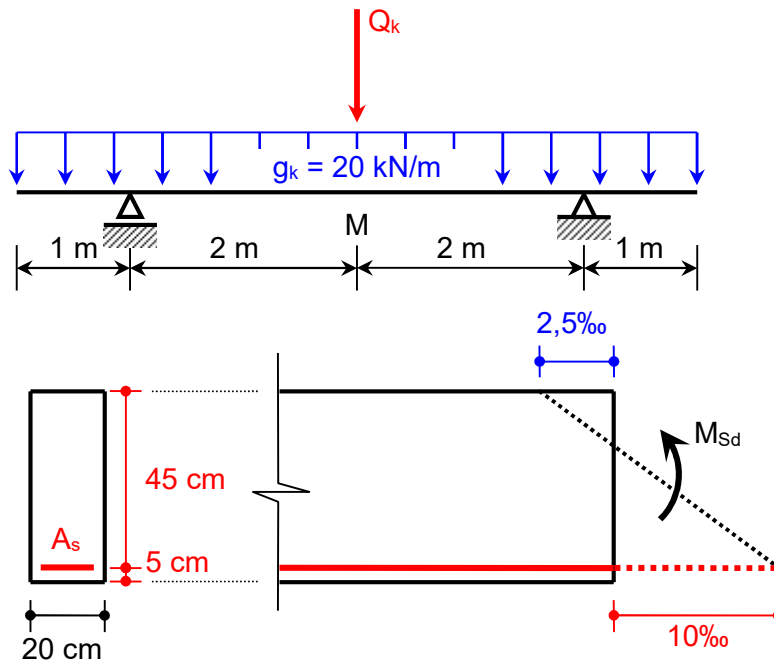
- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



estado de deformação na seção M
(posição da carga Q_k)

Ex. 4.21: Duas vigas de concreto armado de seções retangulares iguais, mesmo vão, apoios idênticos, materiais de mesma resistência, porém com taxas longitudinais de armadura desiguais, foram submetidas, num ensaio de laboratório, ao mesmo tipo de carregamento, como ilustrado na figura abaixo. Esse carregamento consistiu em duas cargas concentradas, simétricas, aplicadas simultaneamente, cuja intensidade variou de zero até a carga de ruptura.

Antes da ruptura, observou-se que a Viga 01 deu sinais evidentes de esgotamento da sua capacidade resistente, apresentando um quadro de fissuração intenso, enquanto que a Viga 02 não apresentou a mesma sinalização e rompeu bruscamente, sem aviso prévio. Observou-se, também, que a carga de ruptura da Viga 02 foi 47,7% maior que a da Viga 01.

Sabendo-se que a Viga 01 foi armada com 5 barras de 16 mm, determinar:

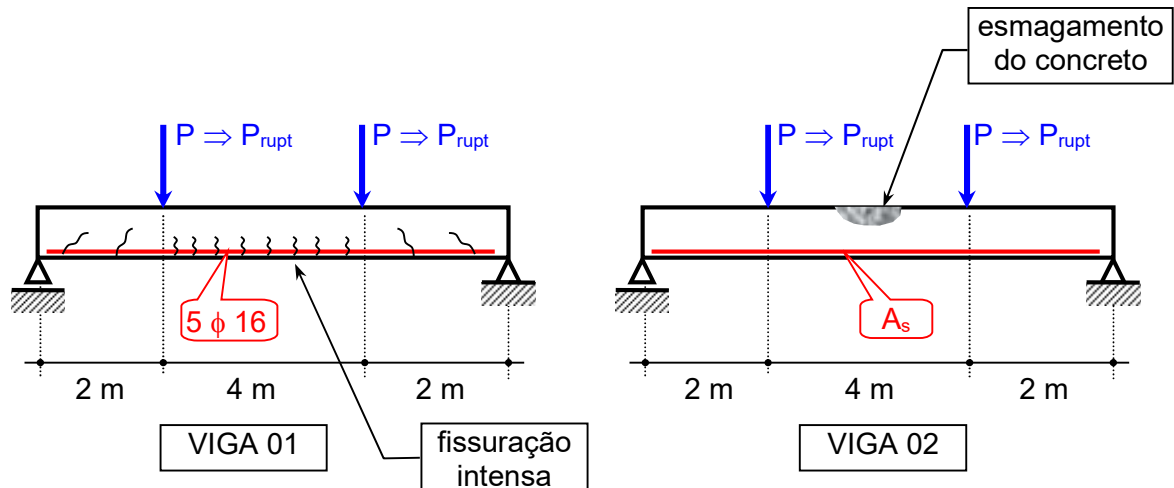
- a carga de ruptura (de cálculo) da Viga 01;
- a carga de ruptura (de cálculo) da Viga 02; e
- a armadura longitudinal de tração (A_s) usada na Viga 02.

Dados:

- concreto: $\sigma_{c,rupt} = f_{cd} = 17,86 \text{ MPa}$;
- aço: $\sigma_{s,rupt} = f_{yd} = 43,5 \text{ MPa}$;
- $b_w = 20 \text{ cm}$;
- $d = 45 \text{ cm}$; e
- $h = 50 \text{ cm}$.

Obs.:

- desconsiderar o próprio da viga.



Ex. 4.22: Mantidas as condições de ductilidade, determinar, para a viga abaixo representada:

- a menor altura (h) possível; e
- as armaduras necessárias nas seções A, B e C.

Dados:

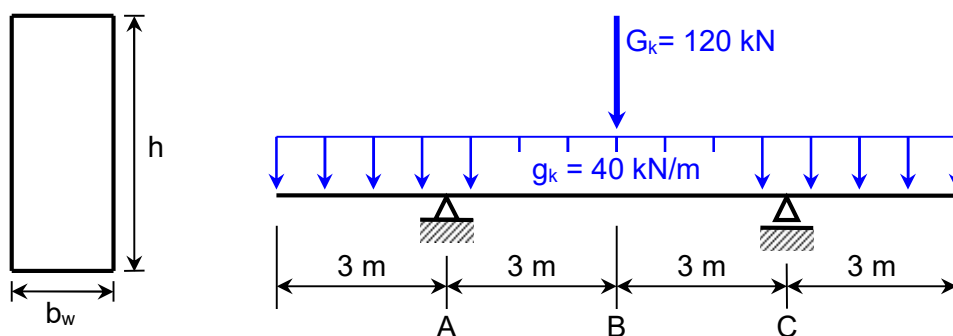
- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- viga de seção retangular, sem armadura de compressão;
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $b_w = 15$ cm; e
- $h = d + 5$ cm

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k ;
- adotar para h valor múltiplo de 5 cm; e
- considerar carregamentos permanentes (valores característicos).



Ex. 4.23: Mantidas as condições de ductilidade, determinar, para a viga de altura variável abaixo representada, os menores valores possíveis para h_1 e h_2 . Para estes valores determinados, definir as armaduras longitudinais (positiva e negativa) para a seção D. Apresentar uma vista da viga mostrando as posições das armaduras calculadas.

Dados:

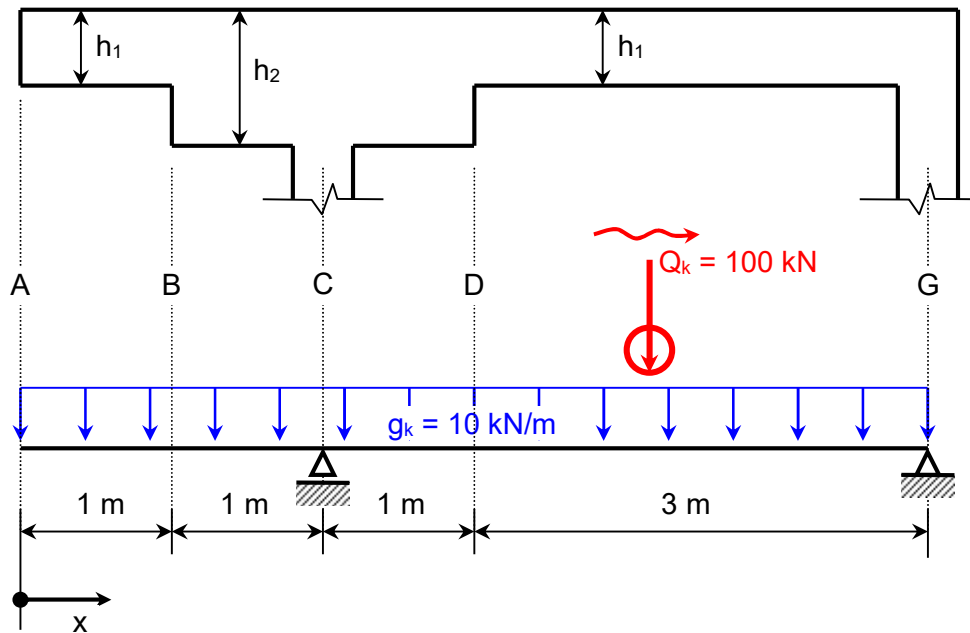
- concreto: C20; e
- aço: CA-25.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- viga de seção retangular, sem armadura de compressão;
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $b_w = 20$ cm; e
- $h_i = d_i + 5$ cm

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k ;
- adotar para h valor múltiplo de 5 cm; e
- considerar a viga como simplesmente apoiada nos pilares.



Seção	A	B	C	D	E	F	G
x (m)	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
M_{gk} (kNm)	0,0	-5,0	-20,0	0,0	10,0	10,0	0,0
M_{qk} (kNm) (-)	0,0	-100,0	-200,0	-150,0	-100,0	-50,0	0,0
M_{qk} (kNm) (+)	0,0	0,0	-0,0	75,0	100,0	75,0	0,0
M_{Sd} (kNm) (-)	0,0	-147,0	-308,0	-210,0	-130,0	-60,0	0,0
M_{Sd} (kNm) (+)	0,0	-5,0	-20,0	105,0	154,0	119,0	0,0

Ex. 4.24: Mantidas as condições de utilidade, determinar, para a viga de seção transversal abaixo indicada, o máximo momento fletor solicitante de cálculo que ela pode suportar. A viga terá:

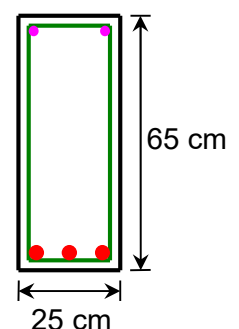
- armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 12,5 mm;
- armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 3 barras de 20 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 5 cm.

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e



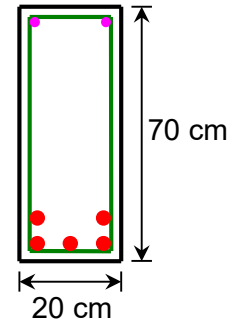
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Ex. 4.25: Para a seção de viga abaixo indicada, verificar:

o momento fletor solicitante de cálculo que corresponderia a condição $\varepsilon_s = 7\text{‰}$; e as condições de ductilidade para as condições estabelecidas no item a.

A viga terá:

- armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 10 mm;
- armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 5 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.



Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Ex. 4.26: Mantidas as condições de ductilidade, determinar, para a viga abaixo representada:

- as armaduras longitudinais de tração e compressão (A_s e A'_s);
- a armadura longitudinal de tração (A_s), considerando nula a armadura de compressão;
- os valores das tensões de tração e compressão nas armaduras definidas no item a; e
- o valor da tensão de tração na armadura definida no item b.

Dados:

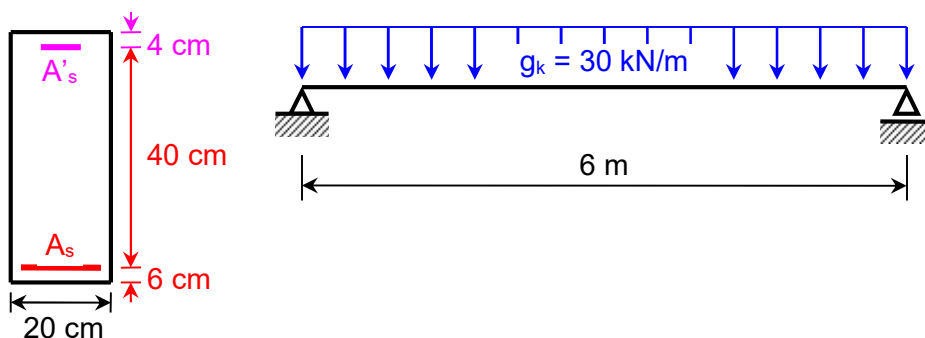
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- considerar, para o item b, viga superarmada.



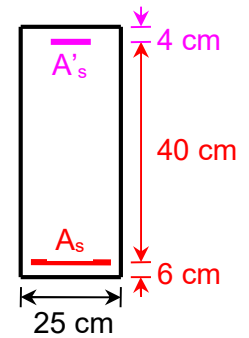
Ex. 4.27: A seção transversal da viga abaixo representada está sujeita a um momento fletor solicitante de cálculo igual a 250 kNm e tem uma relação entre as armaduras de tração e de compressão tal que:

$$\frac{A'_s}{(A_s + A'_s)} = 30\%$$

Com base na condição acima, determine:

- a posição da linha neutra;
- a deformação da fibra de concreto mais comprimida;

- o alongamento da armadura tracionada;
- o encurtamento da armadura comprimida;
- a tensão atuante na armadura tracionada;
- a tensão atuante na armadura comprimida;
- a área da seção transversal da armadura tracionada;
- a área da seção transversal da armadura comprimida; e
- as condições de utilidade.



Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Ex. 4.28: Mantidas as condições de utilidade, determinar a máxima carga acidental q_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

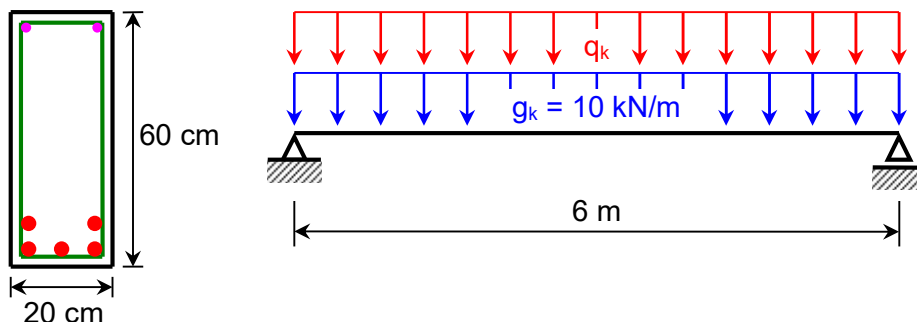
- armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 12,5 mm;
- armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 5 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.29: Para a viga abaixo esquematizada determinar o máximo vão que esta pode possuir, mantidas as condições de utilidade. A viga terá:

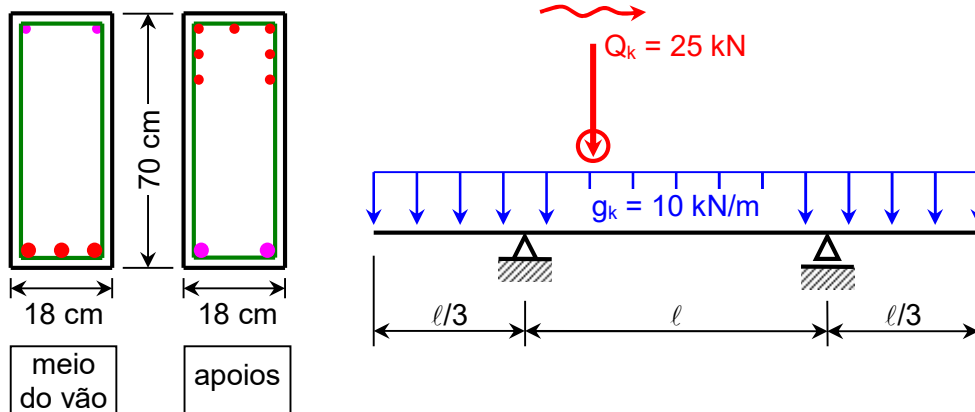
- no meio do vão:
 - armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 12,5 mm;
 - armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 3 barras de 16 mm;
- nos apoios:
 - armadura longitudinal de tração (superior) constituída por 7 barras de 12,5 mm;
 - armadura longitudinal de compressão (inferior) constituída por 2 barras de 16 mm;
 - armadura transversal (estribos) constituída por barras de 5 mm;
 - dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
 - cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.30 A viga abaixo representada, construída com concreto classe C25 e aço CA-50, tem seção retangular com 20 cm de base e 55 cm de altura. Considerando, no estado limite último, que:

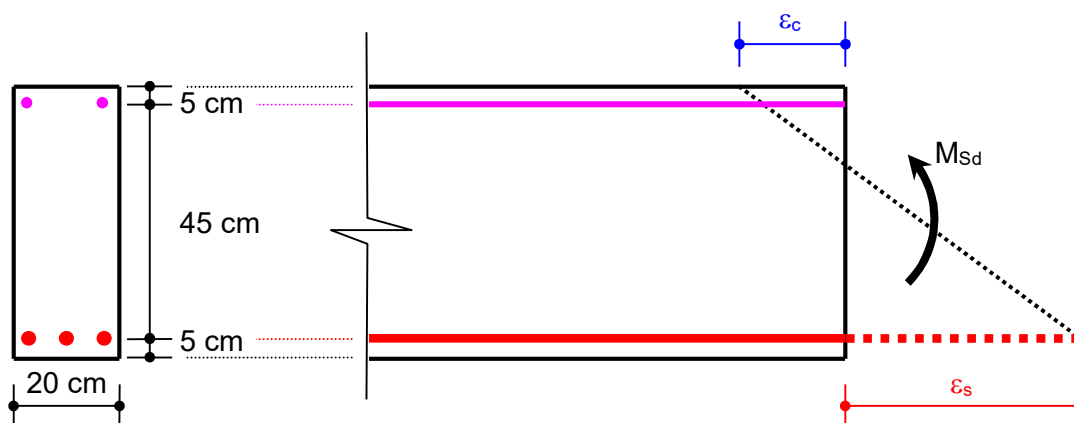
- a distância entre a força resistente de cálculo atuante na região de concreto comprimido e a força resistente de cálculo atuante na armadura tracionada, corresponde a 40 cm; e
- a armadura comprimida é constituída por 2 barras de 10 mm,

pede-se:

- o domínio de deformação, o encurtamento da fibra de concreto mais comprimido e o alongamento da armadura mais tracionada, correspondente a este ELU;
- a intensidade do momento fletor resistente de cálculo, correspondente a este ELU;
- a área seção transversal da armadura longitudinal tracionada, correspondente a este ELU; e
- o tipo de ruína possível (frágil ou dúctil), correspondente a este ELU (justificar a resposta).

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.31: Um reservatório é suportado pelas vigas V1 e V2 de seção transversal 20 cm x 60 cm, tal como indicado na figura abaixo. O reservatório exerce sobre as vigas igual

carregamento, uniformemente distribuído, no trecho central das vigas (4 m). Cada metro cúbico de material armazenado no reservatório pesa 10 kN. Mantidas as condições de utilidade, determinar qual a máxima altura h permitida para o armazenamento do material. As vigas terão:

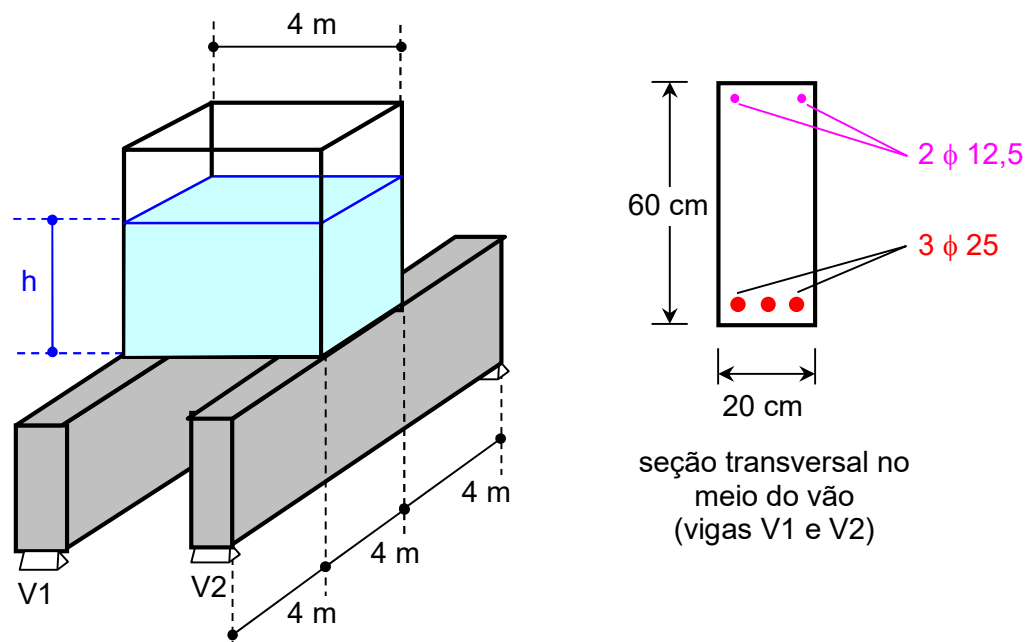
- armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 12,5 mm;
- armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 3 barras de 25 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 8 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto:
 - classe: C20; e
 - peso específico: 25 kN/m³.
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- nulo o peso próprio do reservatório; e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.32: A viga abaixo indicada teve sua armadura positiva dimensionada e detalhada com cinco barras de 12,5 mm (2 longas + 3 curtas). Dessas cinco barras, duas foram prolongadas até a extremidade do balanço constituindo-se, portanto, na armadura de compressão para a seção do apoio A (apoio do balanço). Nessas condições, e mantendo-se as condições de utilidade, pede-se determinar

- a. a armadura de tração para a seção do apoio do balanço (apoio A), considerando a armadura de compressão já existente (2 barras de 12,5 mm); e
- b. o valor da carga Q_{2k} (valor característico) que determinou as 5 barras de 12,5 mm existente na seção C.

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

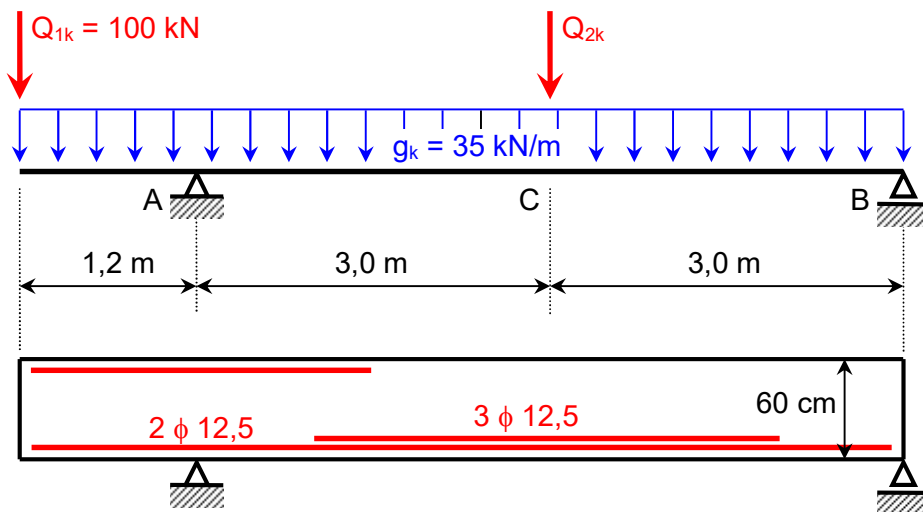
Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $b_w = 20$ cm;

- $d = 55 \text{ cm}$; e
- $d'/d = 0,075$.

Obs.:

- considerar as cargas acidentais Q_{1k} e Q_{2k} como independentes (podem atuar simultaneamente, ou não).



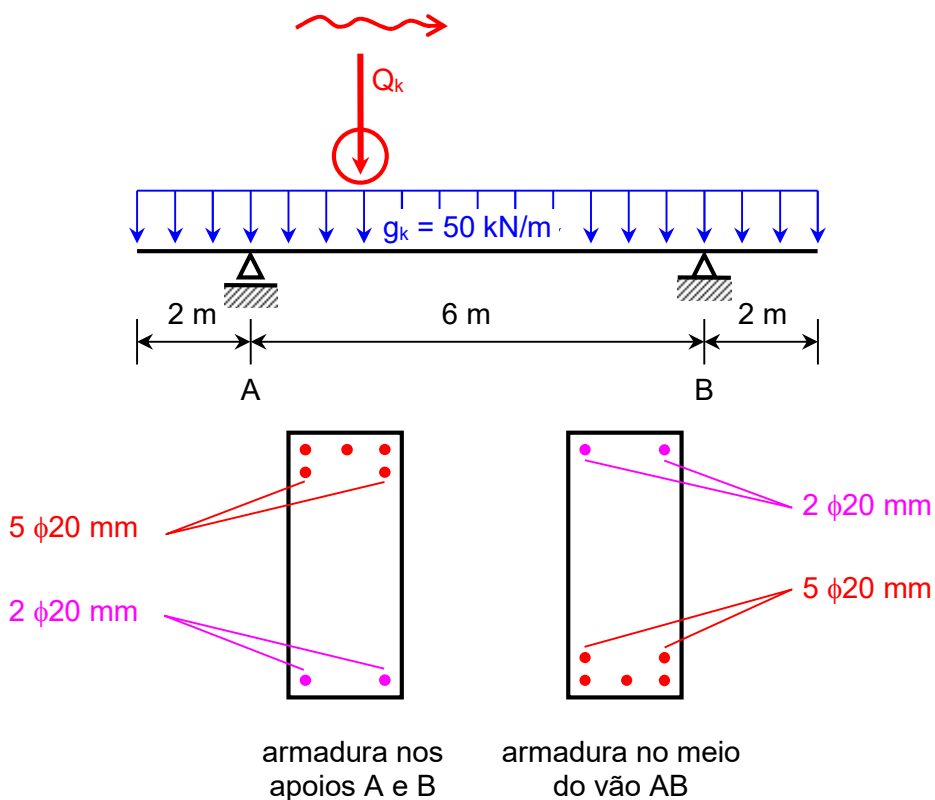
Ex. 4.30: Determinar, para a viga abaixo representada, o máximo valor que a carga acidental Q_k (móvel) pode assumir, mantidas as condições de utilidade. A viga terá 25 cm de largura e 70 cm de altura.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $d = 63 \text{ cm}$; e
- $d' = 5 \text{ cm}$.



Ex. 4.31: Mantendo as condições de ductilidade, determinar as armaduras longitudinais necessárias nas seções B (meio do vão) e C (apoio da direita) da viga de seção retangular abaixo representada. O carregamento Q_k corresponde a uma carga concentrada móvel equivalente a 135 kN (valor característico). Apresentar, ao final dos cálculos, uma vista longitudinal da viga mostrando a posição das armaduras calculadas.

Dados:

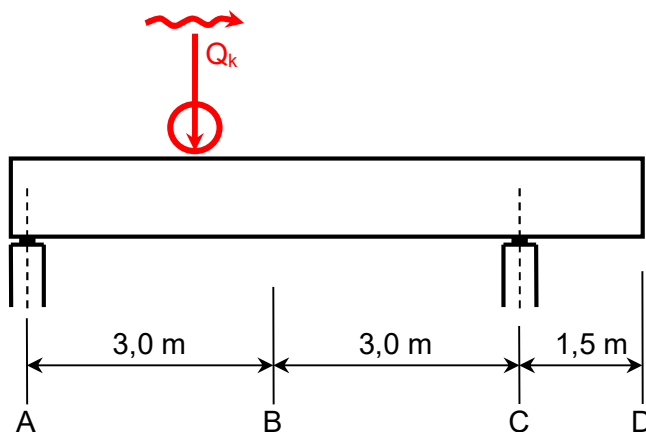
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $b_w = 15$ cm;
- $h = 50$ cm;
- $d = 45$ cm; e
- $d'/d = 0,10$.

Obs.:

- considerar desprezível o peso próprio da viga.



Ex. 4.32: Determinar, para a viga abaixo representada:

- a. a menor altura h (número múltiplo de 5 cm), necessária para que a viga esteja na condição limite de ductilidade nas seções B e C, sem armadura de compressão; e
- b. as armaduras longitudinais necessárias na seção do meio do vão AD, mantida a altura da viga determinada no item anterior.

Dados:

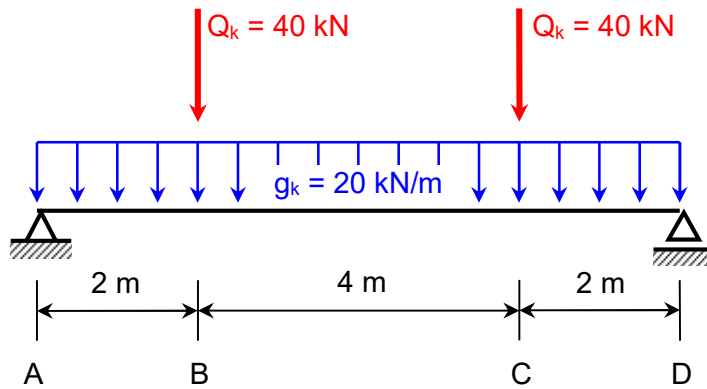
- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $b_w = 20$ cm;
- $d = h - 6$ cm; e
- $d'/d = 0,10$.

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.33: Para a viga abaixo esquematizada determinar o máximo vão ℓ que esta pode possuir, mantida as condições de ductilidade. A viga terá:

- no meio do vão:
- armadura longitudinal de compressão (superior) constituída por 2 barras de 10 mm;
- armadura longitudinal de tração (inferior) constituída por 3 barras de 16 mm;
- nos apoios:
- armadura longitudinal de tração (superior) constituída por 3 barras de 16 mm;
- armadura longitudinal de compressão (inferior) constituída por 2 barras de 10 mm.

Dados:

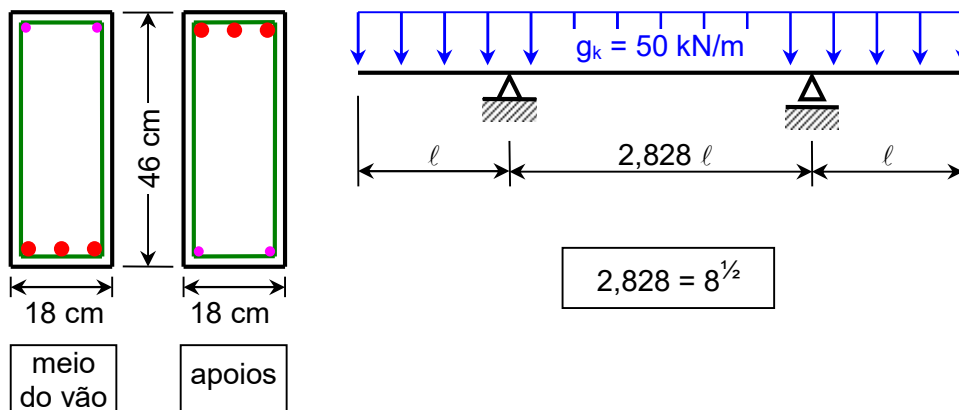
- concreto: C35;e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $d = 40$ cm; e
- $d' = 5$ cm.

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.34: Mantidas as condições de ductilidade, determinar, para a viga abaixo representada, o máximo momento fletor solicitante de cálculo que a seção pode resistir. A viga terá:

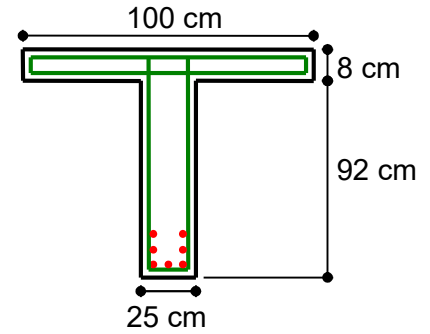
- armadura longitudinal inferior constituída por 7 barras de 20 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

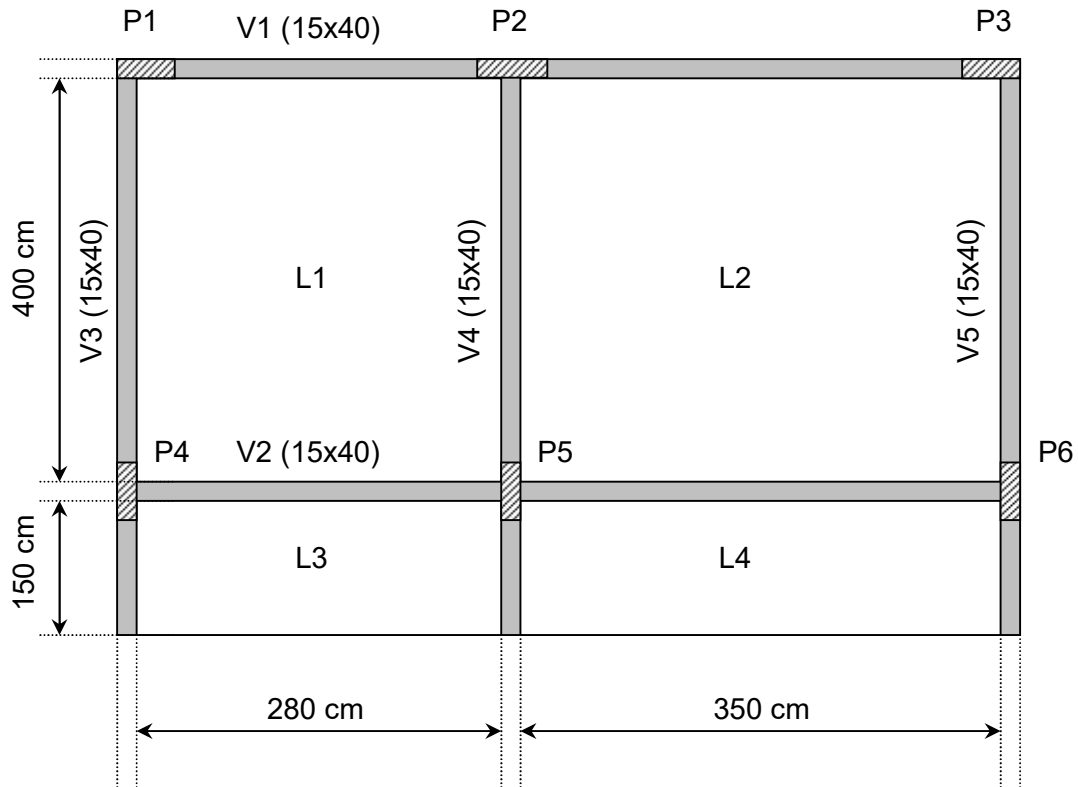
- concreto: C40; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.35: Determinar a largura da mesa colaborante (seção T) para a viga V4 indicada na figura. As lajes têm 10 cm de espessura e as vigas têm dimensões 15 cm x 40 cm.



PLANTA DE FORMAS

Ex. 4.36: Mantidas as condições de utilidade, determinar a máxima carga acidental q_k que a viga abaixo representada pode suportar. A viga terá:

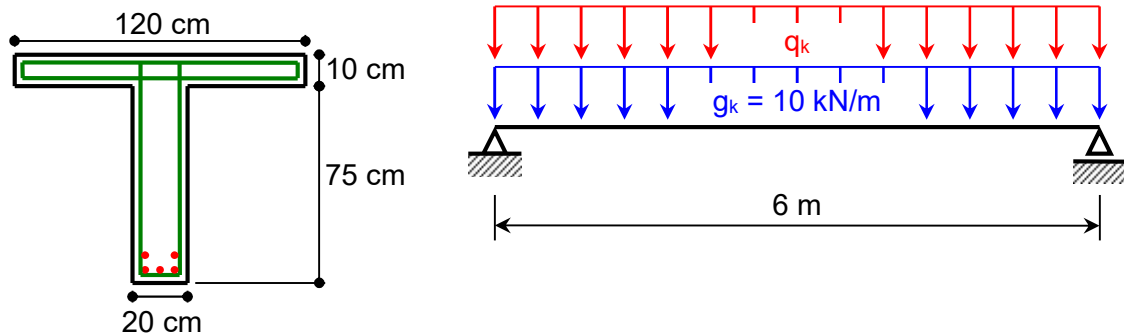
- armadura longitudinal inferior constituída por 5 barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 8 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.37: Determinar os maiores comprimentos possíveis dos vãos l_1 ($AB = CD$) e l_2 (BC) da viga da figura abaixo considerando que o dimensionamento das seções transversais será feito no domínio 2 e sem armadura de compressão. Para estes valores definidos de l_1 e l_2 , calcular as armaduras longitudinais nas seções críticas do balanço AB (máximo momento fletor negativo) e do vão BC (máximo momento fletor positivo). Mostrar, esquematicamente, o posicionamento das armaduras (positiva e negativa) em uma vista longitudinal da viga.

Dados:

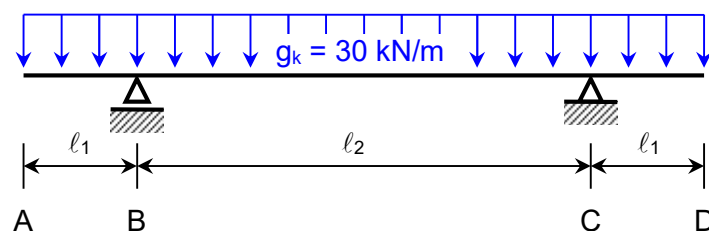
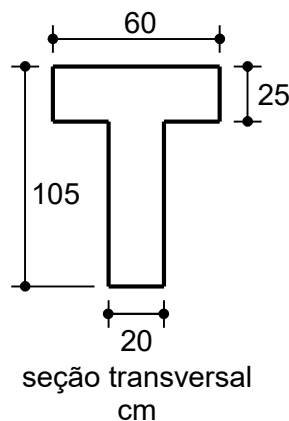
- concreto: C40; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- determinar o vão l_2 somente após a definição do vão l_1 , ou seja, definir $l_{2,max}$ como função de $l_{1,max}$;
- ajustar os valores de l_1 e l_2 para múltiplos de 5 cm (arredondar para baixo);
- considerar o peso próprio da viga incluído na carga g_k ;
- considerar, para a altura útil da viga, a expressão $d = h - 7$ cm válida para momentos positivos e negativos; e
- considerar $b_f = 60$ cm, admitindo como verificados os valores b_1 , b_2 , b_3 e b_4 .



Ex. 4.38: Determinar as armaduras positiva e negativa da viga abaixo indicada. Apresentar, ao final dos cálculos, uma vista longitudinal da viga mostrando as posições das armaduras determinadas com os respectivos valores de A_s (cm^2).

Dados:

- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

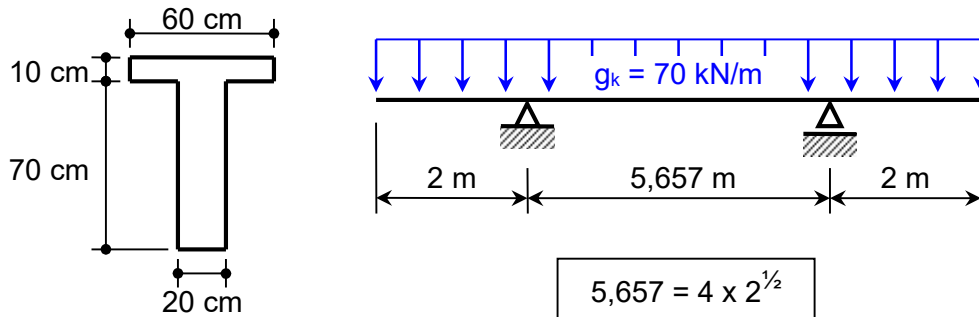
Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);

- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- $d = h - 7$ cm.

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k ;
- viga isolada a ser considerada como seção T, onde possível; e
- obrigatória a verificação do valor de b_f .



Ex. 4.39: A viga da figura abaixo representada terá sua armadura de flexão positiva (inferior) detalhada com barras de 16 mm. Três destas barras ($3 \phi 16$) serão prolongadas até a extremidade do balanço, constituindo-se, então, em armadura de compressão para os momentos fletores negativos atuantes neste balanço. Nestas condições, e mantidas as condições de ductilidade, determinar:

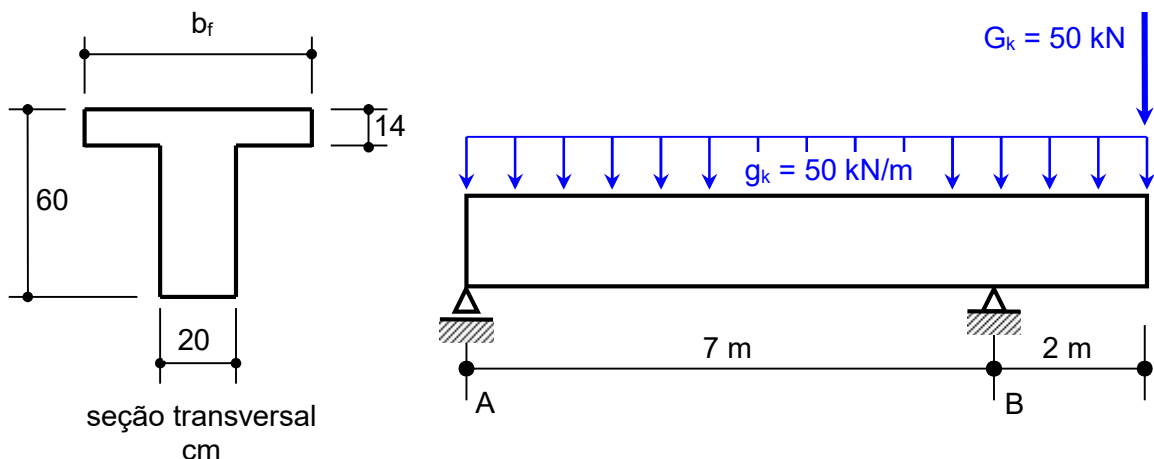
- a armadura de flexão necessária para o apoio B, considerando, obrigatoriamente, os $3 \phi 16$ (inferiores) existentes neste apoio; e
- o valor mínimo de b_f necessário para que a seção transversal correspondente ao meio do vão AB não necessite de armadura de compressão, considerando, ainda, que a armadura de tração nesta seção resulte igual a armadura de tração calculada para o momento negativo do apoio B (item a).

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- altura útil equivalente a 90% da altura total;
- posições relativas das armaduras superiores iguais as das armaduras inferiores;
- nulo o peso próprio do reservatório; e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).



Ex. 4.40: Mantidas as condições de ductilidade, determinar as armaduras necessárias para o momento fletor positivo e para o momento fletor negativo da viga V2 abaixo representada.

Apresentar, ao final dos cálculos, um corte longitudinal da viga mostrando as posições das armaduras calculadas. A viga terá:

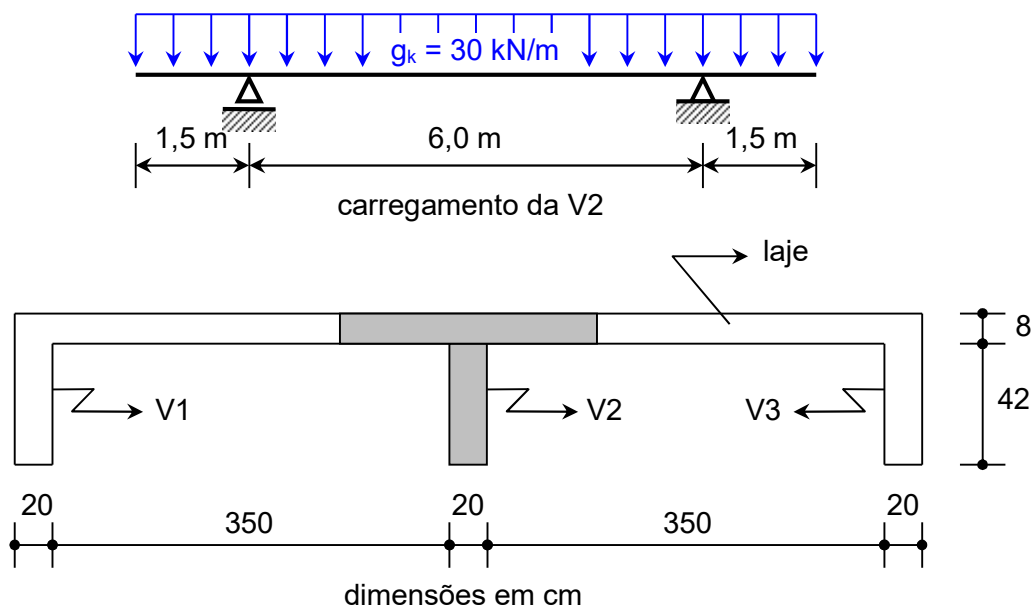
- armadura longitudinal constituída por barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.41: Determinar as armaduras positiva e negativa da viga isolada abaixo indicada, de tal forma que sejam mantidas as condições de ductilidade. A viga terá:

- armadura longitudinal constituída por barras de 12,5 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 5 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

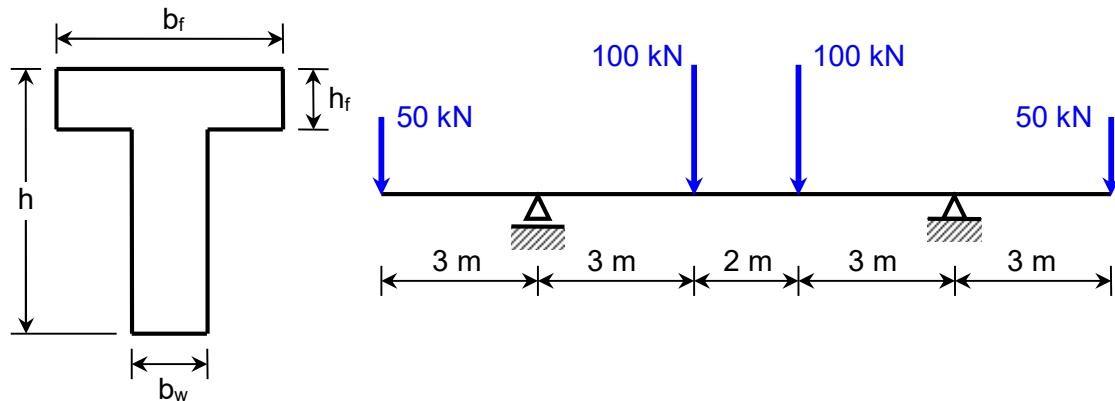
- concreto: C25; e
- aço: CA-50.
- seção transversal:
 - $b_f = 40$ cm;
 - $b_w = 15$ cm;
 - $h = 65$ cm; e
 - $h_f = 8$ cm.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- carregamento constituído por cargas permanentes (valores característicos); e
- peso próprio da viga desprezível.

Obs.:

- verificar o valor de b_f (viga isolada); e
- apresentar, ao final dos cálculos, uma vista longitudinal da viga mostrando, esquematicamente, o posicionamento das armaduras positivas e negativas (indicar os valores, em cm^2 , das armaduras calculadas).



Ex. 4.45: Mantidas as condições de ductilidade, determinar as armaduras positiva e negativa da viga V1 abaixo indicada. A viga terá:

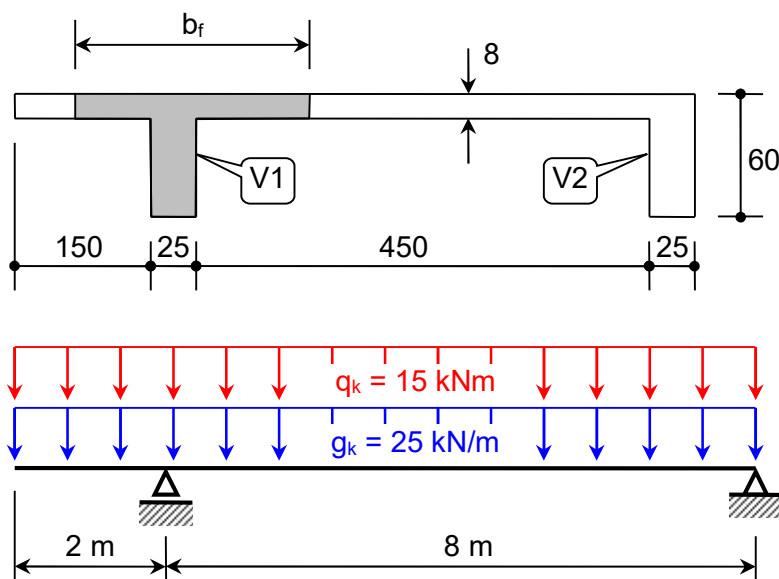
- armadura longitudinal constituída por barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.46: Determinar a menor altura possível para a viga V2 abaixo indicada. Não deverá ser usada armadura de compressão e deverão ser mantidas as condições de ductilidade. A viga terá:

- armadura longitudinal inferior constituída por barras de 16 mm;
- armadura transversal (estribos) constituída por barras de 6,3 mm;

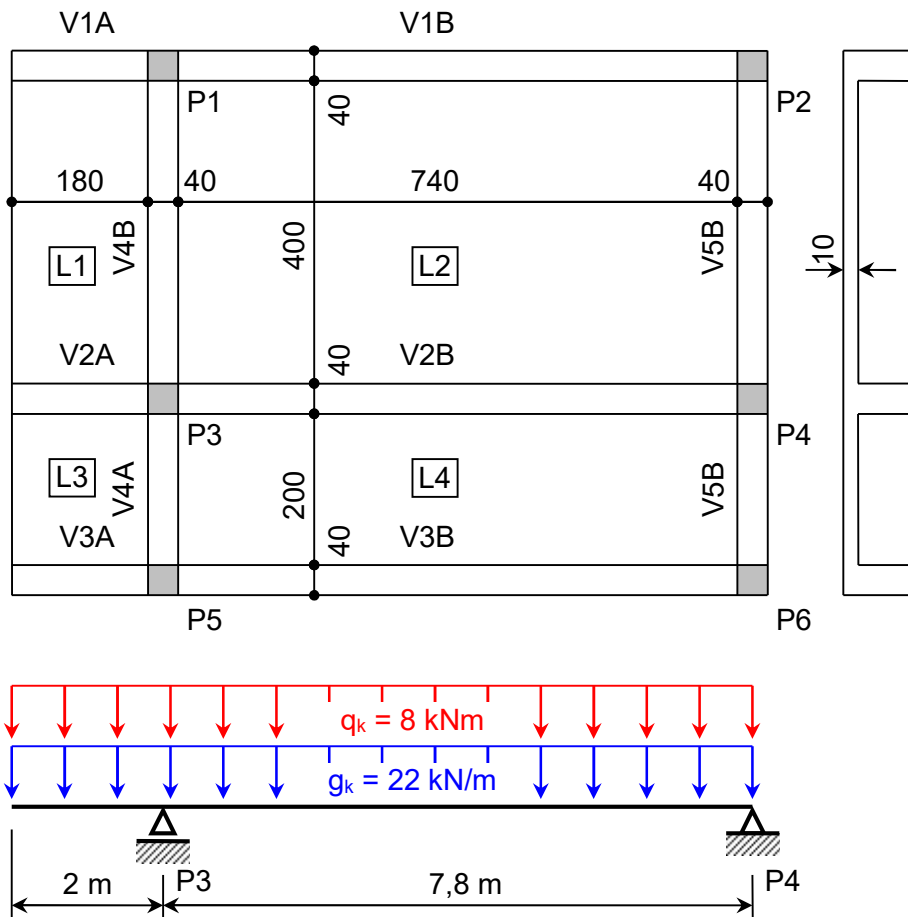
- dimensão máxima do agregado igual a 19 mm; e
- cobrimento nominal das armaduras igual a 3 cm.

Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- peso próprio da viga V2 incluído na carga g_k .



Ex. 4.42: O projeto de uma peça pré-moldada deve considerar, além das condições de trabalho, aquelas decorrentes do processo de montagem. Num desses casos, adotou-se uma viga de seção T como mostrado abaixo. Mantidas as condições de utilidade e sabendo-se que a viga deverá suportar uma carga acidental uniformemente distribuída (em todo vão) de 10 kN/m (valor característico), pede-se determinar:

- a armadura longitudinal necessária para a condição de montagem; e
- a armadura longitudinal necessária para a condição de trabalho.

Apresentar, ao final dos cálculos, uma vista longitudinal mostrando as posições das armaduras estabelecidas nos itens a e b.

Dados:

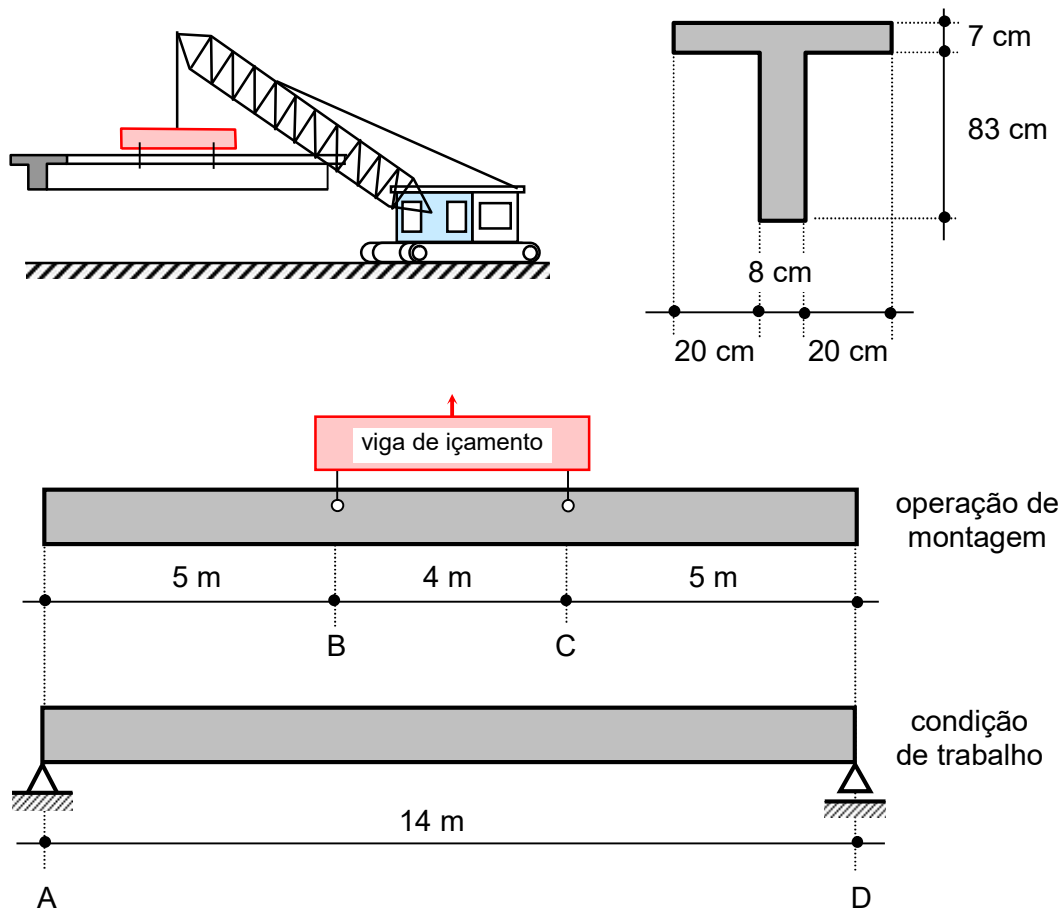
- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- peso específico do concreto igual a 25 kN/m³; e
- $d = h - 7$ cm (momentos positivos e negativos).

Obs.:

- verificar o valor de b_f (viga isolada);
- não considerar armadura longitudinal de compressão; e
- na montagem, considerar somente ao próprio da viga.



Ex. 4.43: Mantidas as condições de utilidade, determinar, para a viga isolada de seção transversal constante, abaixo representada, o máximo valor que a carga acidental Q_k (móvel) pode assumir.

Dados:

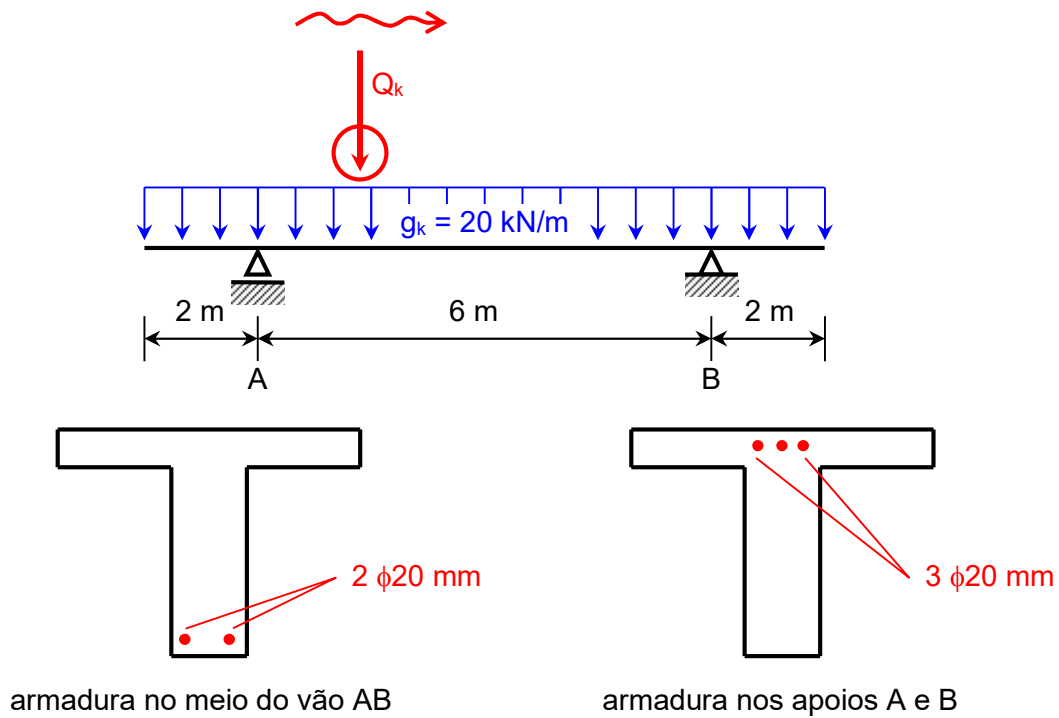
- concreto: C30;
- aço: CA-50;
- seção transversal:
 - $b_f = 120$ cm;
 - $b_w = 20$ cm;
 - $h = 70$ cm; e
 - $h_f = 8$ cm.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- $d = h - 6$ cm (momentos positivo e negativo).

Obs.:

- verificar o valor de b_f (viga isolada); e
- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.44: Considere que a peça, cuja seção transversal é mostrada abaixo, está solicitada apenas por um momento fletor de cálculo M_{Sd} . Na condição limite de segurança - estado limite último ($M_{Rd} = M_{Sd}$), a linha neutra ficou situada 31,2 cm abaixo da fibra mais comprimida. Nestas condições, e mantidas as condições de ductilidade, pede-se:

- o valor do momento fletor solicitante de cálculo M_{Sd} (kNm); e
- o valor da armadura de tração A_s (cm²) necessária para resistir ao momento fletor M_{Sd} .

Dados:

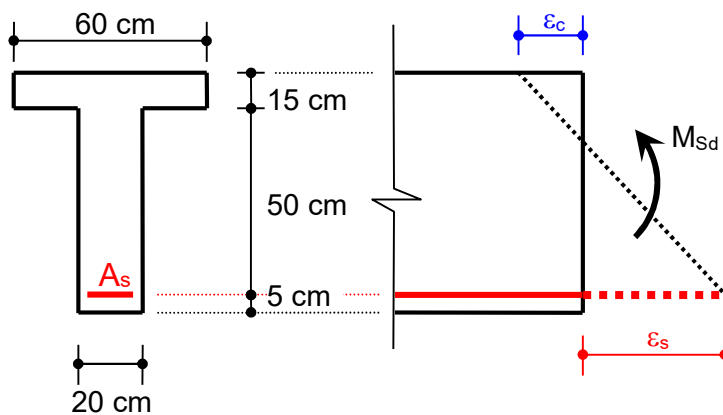
- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor); e
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$).

Obs.:

- considerar o valor de b_f verificado.



Ex. 4.45 Mantidas as condições de ductilidade, determinar para a viga V1, de seção transversal constante (seção T), abaixo representada, o máximo valor que a carga acidental Q_k (móvel) pode assumir.

Dados:

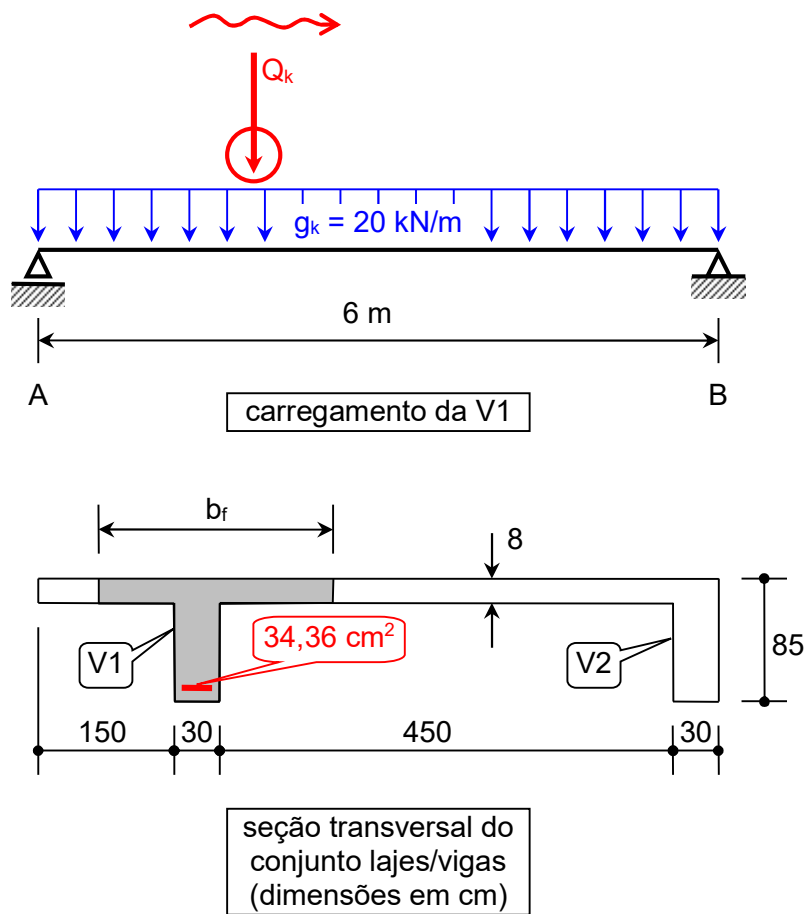
- concreto: C25;
- aço: CA-50; e
- armadura longitudinal inferior: $7 \phi 25 \text{ mm}$ ($34,36 \text{ cm}^2$).

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$); e
- $d = h - 6 \text{ cm}$ (momentos positivo e negativo).

Obs.:

- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.46 Mantidas as condições de ductilidade, determinar, para a viga V2 abaixo representada:

- a. o máximo valor possível para b_f ;
- b. o máximo valor possível para o carregamento q_k , admitindo-se que a altura da linha neutra, na seção transversal (seção T) de máxima solicitação, seja igual $1,25 h_f$; e
- c. a armadura longitudinal necessária para as condições estabelecidas no item b.

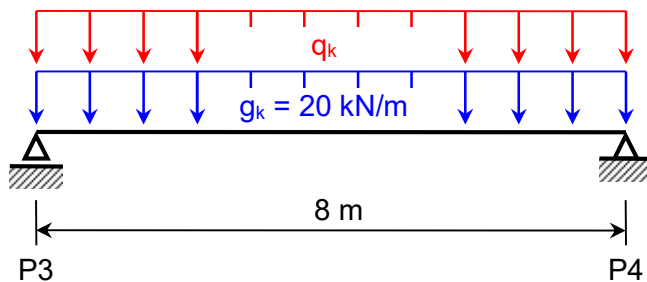
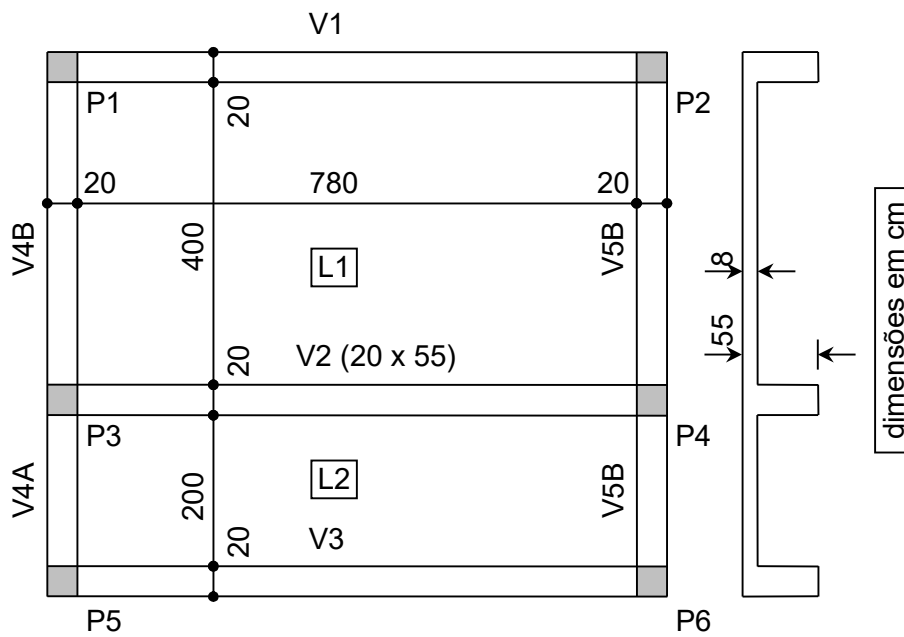
Dados:

- concreto: C35; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);

- $d = h - 6 \text{ cm}$.
- Obs.:
- peso próprio da viga incluído na carga g_k .



Ex. 4.47: Mantidas as condições de utilidade, determinar, para a viga isolada abaixo indicada, o maior valor possível para a carga acidental móvel Q_k (valor característico).

Dados:

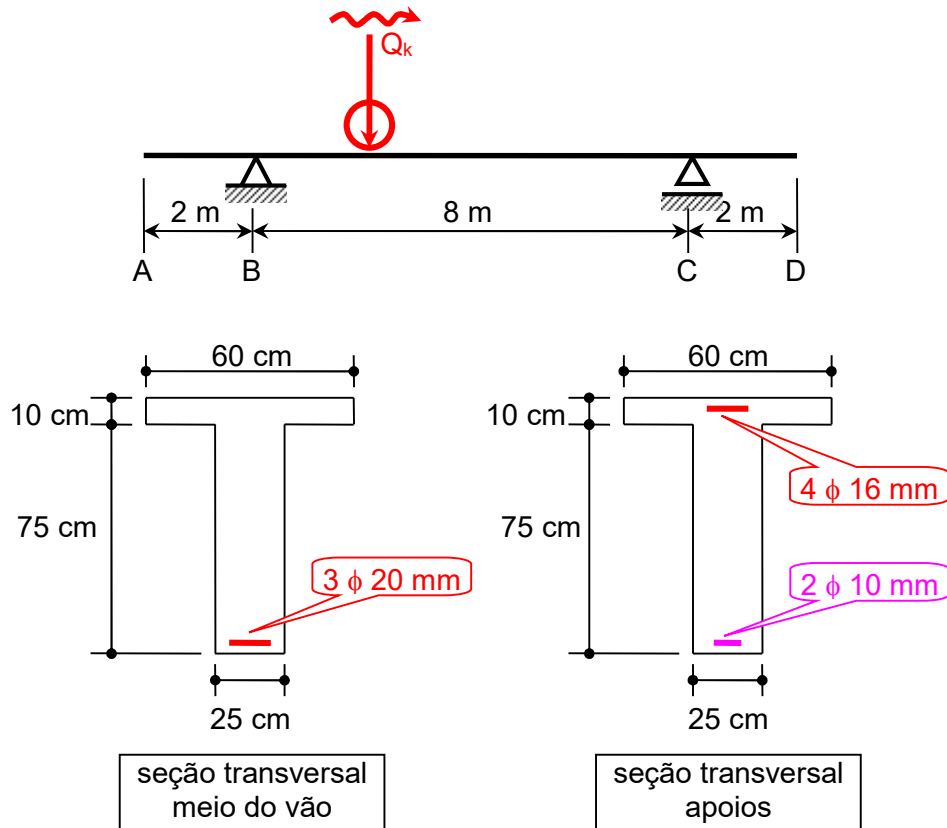
- concreto: C25; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $d = 80 \text{ cm}$;
- $d' = 6 \text{ cm}$; e
- peso próprio da viga igual a $5,357 \text{ kN/m}$ (não mostrado na figura).

Obs.:

- admitir, na determinação de b_f , $b_3 = b_4$.



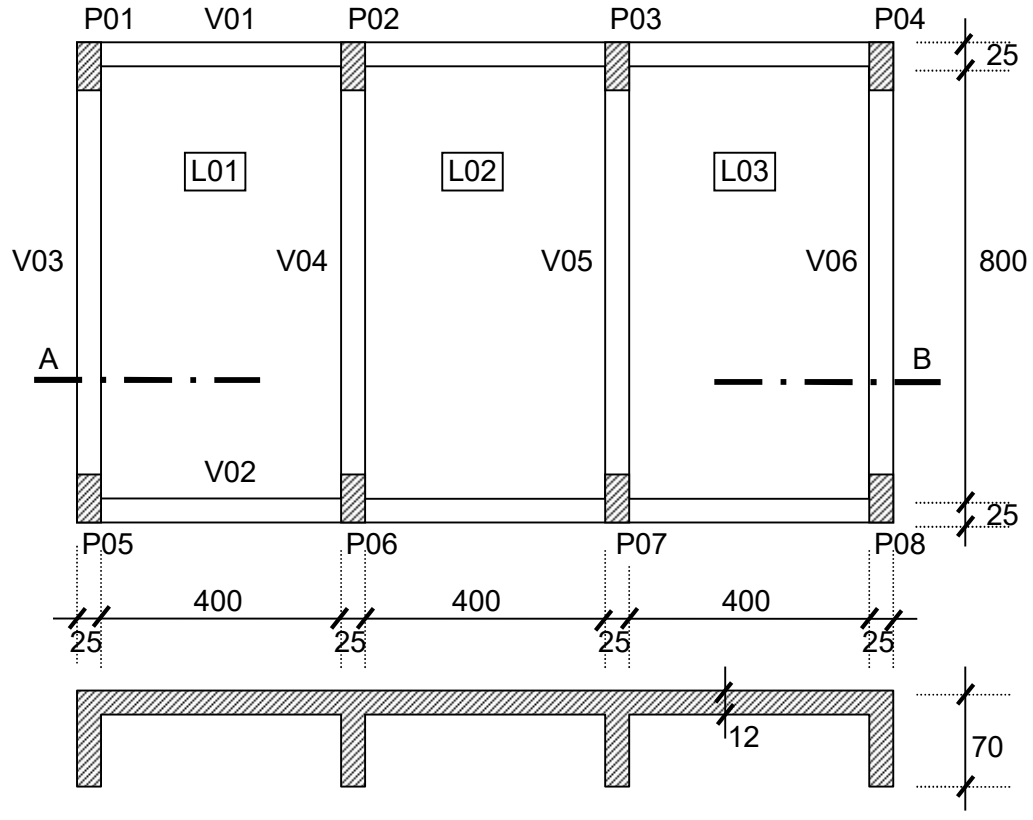
Ex. 4.48: A figura abaixo representa a planta de formas de uma escola. Cada laje corresponde a uma sala de aula. Todas as vigas têm seção transversal de 25 cm x 70 cm, todos os pilares têm seção de 25 cm x 50 cm e todas as lajes têm espessura igual a 12 cm. Mantidas as condições de ductilidade, determinar as armaduras longitudinais necessárias para as vigas V04 e V05, levando-se em consideração, se possível, a colaboração do painel de lajes.

Dados:

- concreto: C30; e
- aço: CA-50.

Considerar:

- somente solicitações normais (momento fletor);
- estado limite último, combinações normais ($\gamma_g = 1,4$; $\gamma_q = 1,4$; $\gamma_c = 1,4$ e $\gamma_s = 1,15$);
- $d = h - 7$ cm;
- vão de cálculo das vigas igual à distância entre os eixos dos pilares; e
- carregamento uniformemente distribuído nas vigas V04 e V05, constituído de:
 - peso próprio de cada viga: 5 kN/m;
 - reação de uma laje em cada viga: 15 kN/m; e
 - peso de parede sobre cada viga: 15 kN/m.



CORTE A-B
(dimensões em cm)