

$$+\uparrow \sum M_1 = 0: -45x(1/2x) + M = 0 \\ M = -22,5x^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

O diagrama de corpo livre que fizemos pode ser usado para qualquer valor de  $x$  menor que 2,4 m, e as expressões encontradas para  $V$  e  $M$  são válidas para o trecho  $0 < x < 2,4 \text{ m}$ .

**Trecho de C a D.** Considerando a porção da viga à esquerda da Sec. 2 e mais uma vez substituindo a carga distribuída por sua resultante, obtemos

$$+\uparrow \sum F_y = 0: -108 \text{ kN} - V = 0 \\ V = -108 \text{ kN}$$

$$+\uparrow \sum M_2 = 0: 108(x - 1,2) + M = 0 \\ M = 129,6 - 108x \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Essas expressões se aplicam para o trecho  $2,4 \text{ m} < x < 3,3 \text{ m}$ .

**Trecho de D a B.** Para o trecho  $3,3 \text{ m} < x < 4,8 \text{ m}$ , o corpo livre é a parte esquerda em relação à Sec. 3. Obtemos

$$V = -153 \text{ kN} \quad M = 305,1 - 153x \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Podemos agora marcar os diagramas de momento fletor e força cortante para toda a viga. Vemos que o conjugado de momento  $27 \text{ kN} \cdot \text{m}$  aplicado em  $D$  provoca uma descontinuidade no diagrama de momento fletor.

## PROBLEMAS

**7.1 a 7.6** Desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento mostrado.

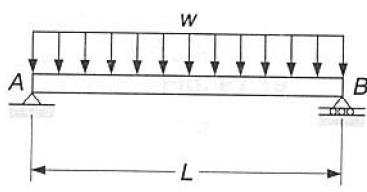


Fig. P7.1 e 7.7

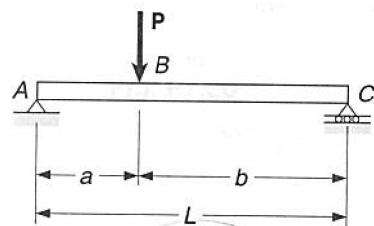


Fig. P7.2 e P7.8

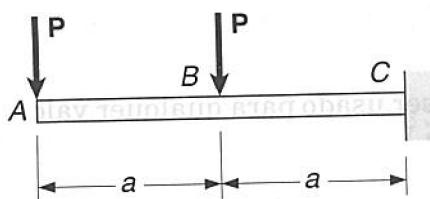


Fig. P7.3 e 7.9

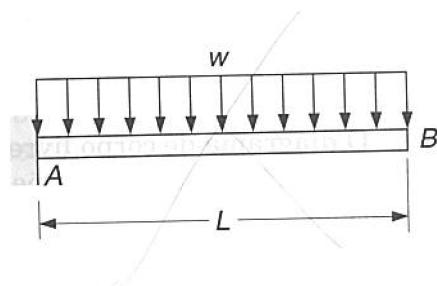


Fig. P7.4 e P7.10

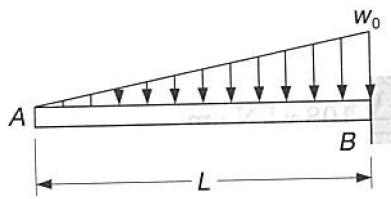


Fig. P7.5 e 7.11

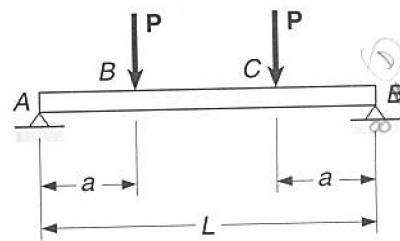
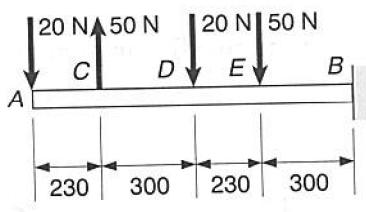


Fig. P7.6 e P7.12

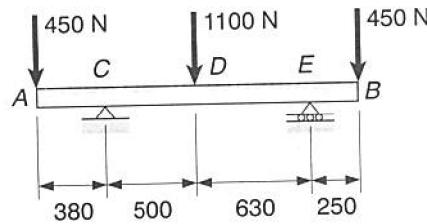
**7.7 a 7.12** Determinar as equações das curvas dos diagramas da força cortante e do momento fletor, para a viga com o carregamento indicado. (Adotar a origem no ponto A.)

**7.13 e 7.14** Desenhar os diagramas de força cortante e do momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar o máximo valor absoluto: (a) da força cortante; (b) do momento fletor.



Dimensões em mm

Fig. P7.13



Dimensões em mm

Fig. P7.14

**7.15 até 7.18** Desenhar os diagramas de força cortante e do momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar o máximo valor absoluto: (a) da força cortante; (b) do momento fletor.

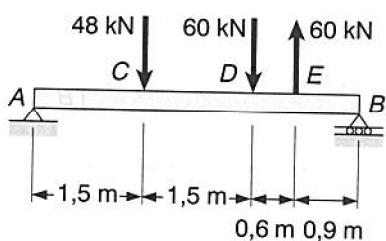


Fig. P7.15

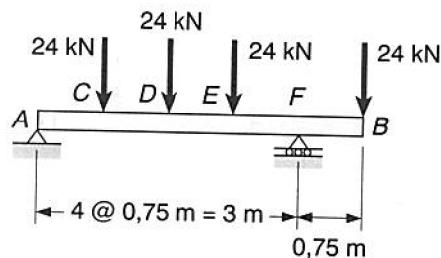


Fig. P7.16

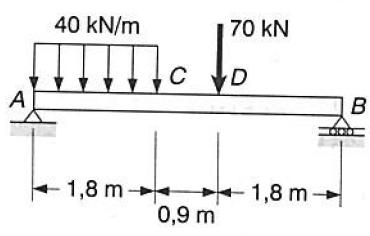


Fig. P7.17

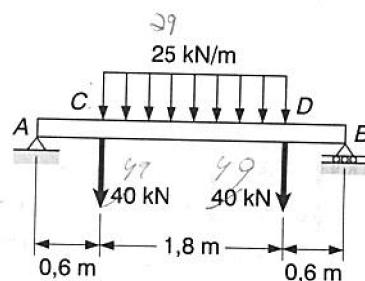


Fig. P7.18

**7.19 e 7.20** Desenhar os diagramas de força cortante do momento fletor para a viga AB, submetida ao carregamento indicado.

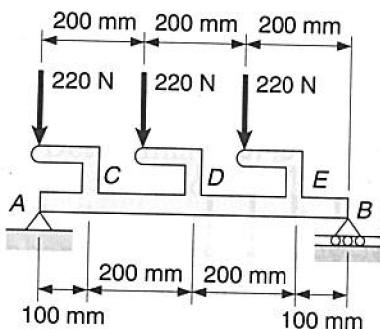


Fig. P7.19

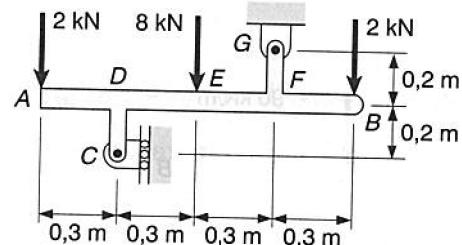


Fig. P7.20

**7.21 e 7.22** Assumindo que a reação do solo sobre a viga, de baixo para cima, se distribui uniformemente, desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar o máximo valor absoluto: (a) da força cortante; (b) do momento fletor.

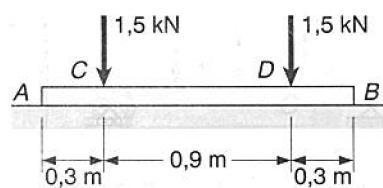


Fig. P7.21

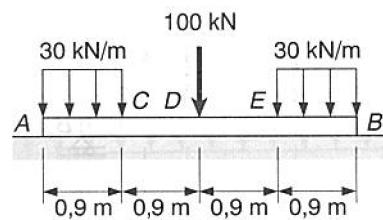


Fig. P7.22

**7.23 e 7.24** Para a viga e o carregamento mostrado, determinar: (a) a máxima tensão normal numa seção transversal em C; (b) a máxima tensão de cisalhamento numa seção transversal imediatamente à esquerda de B.

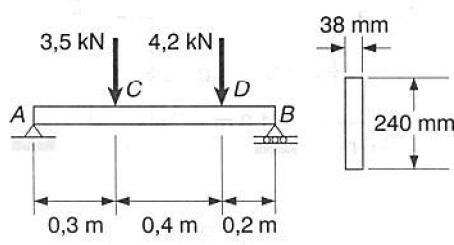


Fig. P7.23

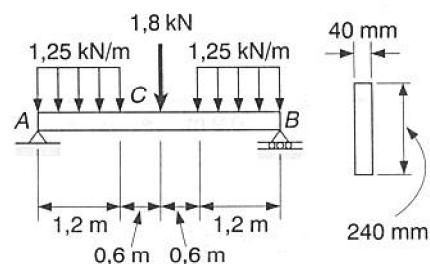


Fig. P7.24

**7.25 e 7.26** Para a viga e o carregamento mostrado, determinar: (a) a máxima tensão normal numa seção transversal em D; (b) a máxima tensão de cisalhamento numa seção transversal imediatamente à direita de A. (Assumir que  $\tau_m = V/A_{\text{alma}}$ .)

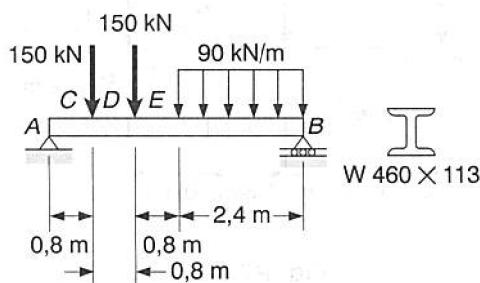


Fig. P7.25

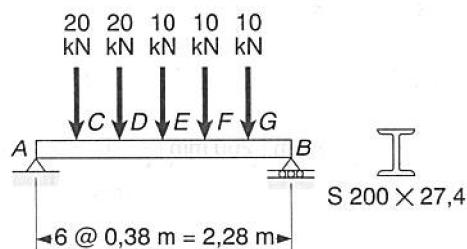


Fig. P7.26

**7.27 e 7.28** Desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar a máxima tensão normal devido à flexão.

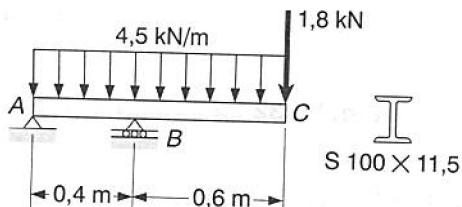


Fig. P7.27

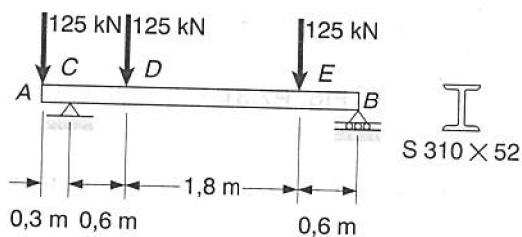


Fig. P7.28

**7.29 e 7.30** Desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar a máxima tensão normal devido à flexão.

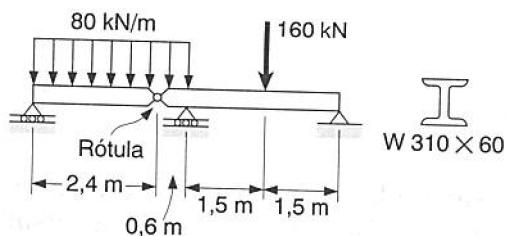


Fig. P7.29

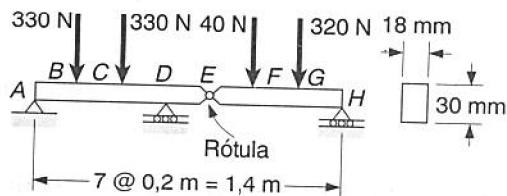


Fig. P7.30

**7.31** Determinar: (a) a intensidade  $P$  de duas forças, dirigidas de baixo para cima, para que o máximo valor absoluto do momento fletor na viga seja tão pequeno quanto possível; (b) a correspondente tensão normal máxima devido à flexão. (Sugestão: Desenhar o diagrama do momento fletor, e então comparar os valores absolutos do maior momento fletor, positivo e negativo, obtidos.)

**7.32** Sabendo-se que  $P = Q = 530$  N, determinar: (a) a distância  $a$ , para que o máximo valor absoluto do momento fletor na viga seja tão pequeno quanto possível; (b) a correspondente tensão normal devido à flexão. (Veja a sugestão do Prob. 7.31.)

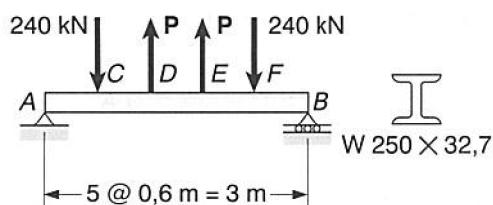


Fig. P7.31

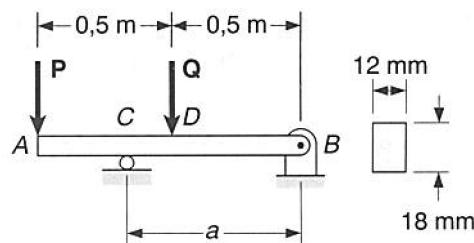


Fig. P7.32

**7.33** Resolver o Prob. 7.32, considerando que  $P = 350$  N e  $Q = 530$  N.

**7.34** Determinar: (a) a distância  $a$  para que o máximo valor absoluto do momento fletor na viga seja tão pequeno quanto possível; (b) a correspondente tensão normal, devido à flexão. (Veja a sugestão do Prob. 7.31.)

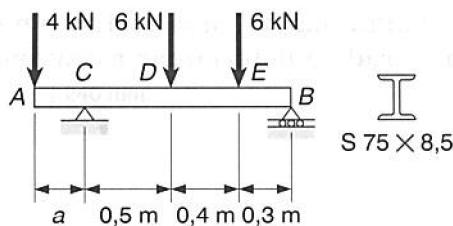


Fig. P7.34

**7.35** Uma barra de aço maciça, de diâmetro  $d$ , é apoiada como mostrado. Sabendo-se que para o aço  $\gamma = 7,7 \times 10^4$  N/m<sup>3</sup>, determinar o menor diâmetro  $d$  que pode ser usado, se a tensão normal não deve exceder 35 MPa.

**\*7.36** Uma barra de aço uniforme de diâmetro  $d$  é içada por cabos de um guindaste, amarrados em  $A$  e  $B$ . Pede-se: (a) determinar a distância  $a$ , entre as extremidades da barra e os pontos onde os cabos estão atados, para que o máximo valor absoluto do momento fletor na viga seja o menor possível; (b) determinar a correspondente tensão normal máxima devido à flexão, sabendo-se que  $d = 20$  mm e  $L = 4$  m e que para o aço  $\rho = 7850$  kg/m<sup>3</sup>. (Veja a sugestão do Prob. 7.31.)

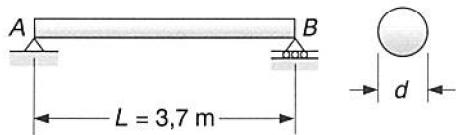


Fig. P7.35

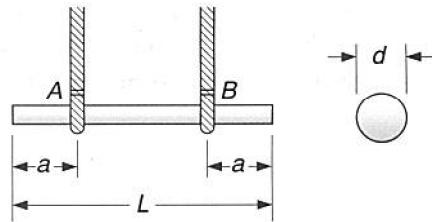


Fig. P7.36

## 7.4 RELAÇÕES ENTRE CARREGAMENTO, FORÇA CORTANTE E MOMENTO FLETOR

Quando uma viga suporta mais de duas ou três cargas concentradas, ou quando suporta carregamentos distribuídos, o método descrito na Sec. 7.3 para marcar os valores da força cortante e do momento fletor pode se mostrar muito trabalhoso. Podemos tornar bem mais fácil a construção do diagrama de força cortante e principalmente o diagrama de momento fletor, se levarmos em consideração algumas relações que existem entre carga, força cortante e momento fletor.

Vamos considerar a viga simplesmente apoiada  $AB$  com carregamento uniformemente distribuído  $w$  por unidade de comprimento (Fig. 7.12a). Tomemos dois pontos  $C$  e  $C'$  da viga, distanciados entre si de uma distância  $\Delta x$ . A força cortante e o momento fletor em  $C$  serão designados por  $V$  e  $M$ , respectivamente, sendo considerados positivos; a força cortante e o momento fletor em  $C'$  serão designados por  $V + \Delta V$  e  $M + \Delta M$ .

Separando a porção  $CC'$  da viga, desenhamos seu diagrama de corpo livre (Fig. 7.12b). As forças atuantes no corpo livre incluem o carregamento de intensidade  $w \Delta x$  e os esforços internos em  $C$  e  $C'$ . As forças cortantes e momentos fletores foram adotados como positivos, e são dirigidos como mostra a figura.

*Relações entre o carregamento e a força cortante.* Escrevemos que a soma das componentes verticais das forças que agem no corpo livre  $CC'$  é nula, encontrando

$$+ \uparrow \sum F_y = 0: \quad V - (V + \Delta V) - w \Delta x = 0 \\ \Delta V = -w \Delta x$$

Dividindo os dois membros da equação acima por  $\Delta x$ , e fazendo  $\Delta x$  tender a zero, obtemos

$$\frac{dV}{dx} = -w \quad (7.3)$$

A Eq. 7.3 indica que, para uma viga com o carregamento indicado na Fig. 7.12a, o declive  $dV/dx$  da curva que representa a variação de força cortante é negativo; o valor numérico do declive em qualquer ponto é igual ao carregamento por unidade de comprimento naquele ponto.

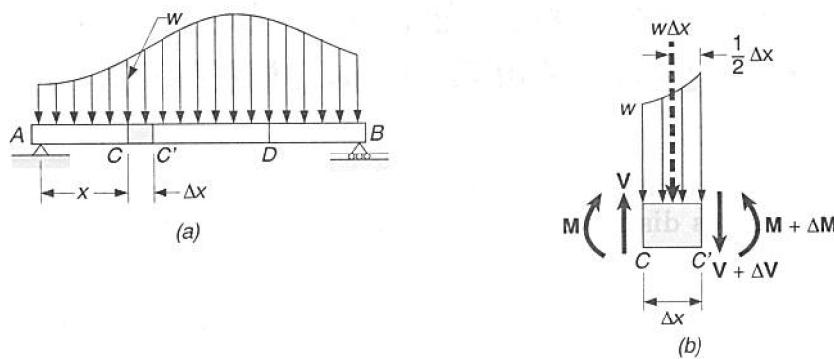


Fig. 7.12

Integrando (7.3) entre os pontos  $C$  e  $D$ , temos

$$V_D - V_C = - \int_{x_C}^{x_D} w \, dx \quad (7.4)$$

$$V_D - V_C = -(\text{Área do diagrama de carregamento entre } C \text{ e } D) \quad (7.4')$$

O mesmo resultado poderia ser obtido considerando-se o equilíbrio da porção  $CD$  da viga, pois a área abaixo da curva do carregamento representa a carga total aplicada em  $C$  a  $D$ .

Devemos observar que a Eq. 7.3 não é válida em um ponto em que haja uma força concentrada aplicada, pois a curva da força cortante é descontínua nesse ponto, como mostrou a Sec. 7.2. Do mesmo modo deixam de ter validade as Eqs. 7.4 e 7.4' quando existem cargas concentradas entre  $C$  e  $D$ , uma vez que elas não levam em conta a variação brusca da força cortante provocada pela presença de carga concentrada. Desse modo, as Eqs. 7.4 e 7.4' devem ser aplicadas apenas entre os pontos de aplicação de cargas concentradas.

*Relações entre a força cortante e o momento fletor.* Analisando novamente o diagrama de corpo livre da Fig. 7.12b, e escrevendo a equação de equilíbrio dos momentos das forças aplicadas em relação a  $C'$ , temos

$$\begin{aligned} + \sum M_{C'} &= 0: \quad (M + \Delta M) - M - V \Delta x + w \Delta x \frac{\Delta x}{2} = 0 \\ \Delta M &= V \Delta x - \frac{1}{2} w (\Delta x)^2 \end{aligned}$$

Dividindo dois membros da equação acima por  $\Delta x$  e fazendo  $\Delta x$  tender a zero, obtemos

$$\frac{dM}{dx} = V \quad (7.5)$$

A Eq. 7.5 indica que o declive  $dM/dx$  do gráfico de momento fletor é igual ao valor da força cortante. Isso vale para os pontos em que a força cortante tem um valor bem definido, quer dizer, para os pontos onde não hajam forças concentradas. A Eq. 7.5 mostra também que a força cortante é nula em pontos onde o momento fletor é máximo. Esta propriedade facilita a determinação dos pontos onde é mais provável a ruptura da viga por flexão.

Integrando (7.5) entre os pontos  $C$  e  $D$ , temos

$$M_D - M_C = \int_{x_C}^{x_D} V \, dx \quad (7.6)$$

$$M_D - M_C = (\text{Área do diagrama de força cortante entre } C \text{ e } D) \quad (7.6')$$

A área sob a curva de força cortante deve ser considerada positiva quando a força cortante é positiva e negativa para os pontos onde a força cortante é negativa. As Eqs. 7.6 e 7.6' permanecem válidas, mesmo no caso em que existam forças concentradas entre  $C$  e  $D$ , se o gráfico da força cortante tiver sido desenhado corretamente. As equações deixam de ter validade quando um conjugado for aplicado em algum ponto entre  $C$  e  $D$ , uma vez que elas não levam em conta a mudança brusca do diagrama de momento fletor provocada por um conjugado (ver Prob. Resolvido 7.6).

### EXEMPLO 7.3

Desenhar o diagrama de força cortante e momento fletor para a viga simplesmente apoiada da Fig. 7.13, determinando depois o valor máximo do momento fletor.

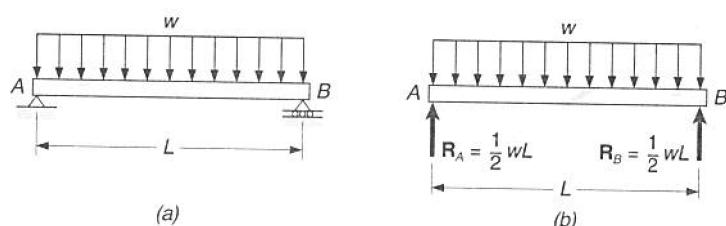


Fig. ex.7.13

Considerando toda a viga como diagrama de corpo livre, determinamos a intensidade das reações dos apoios (Fig. 7.13b).

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} wL$$

Em seguida, desenhamos o diagrama de força cortante. Na seção da extremidade A da viga, a força cortante é igual à reação  $R_A$ , isto é, igual a  $\frac{1}{2} wL$ , como podemos verificar considerando como corpo livre uma pequena parte da viga. A Eq. 7.4 fornece o valor da força cortante  $V$  em qualquer ponto da viga a uma distância  $x$  do ponto A. Escrevemos então

$$V - V_A = - \int_0^x w \, dx = -wx$$

$$V = V_A - wx = \frac{1}{2} wL - wx = w\left(\frac{1}{2}L - x\right)$$

O diagrama de força cortante é uma reta inclinada que intercepta o eixo  $x$  no ponto  $x = L/2$  (Fig. 7.14a). Considerando agora o momento fletor, vemos inicialmente que  $M_A = 0$ . Para determinarmos o valor de  $M$  do momento fletor a uma distância  $x$  do ponto A, usamos a Eq. 7.6. Vamos ter

$$M - M_A = \int_0^x V \, dx$$

$$M = \int_0^x w\left(\frac{1}{2}L - x\right) dx = \frac{1}{2}w(Lx - x^2)$$

O diagrama de momento fletor é uma parábola. O valor máximo do momento fletor ocorre em  $x = L/2$ , onde  $V$  (e portanto  $dM/dx$ ) é zero. Levando o valor  $x = L/2$  à equação acima, obtemos  $M = wL^2/8$  (Fig. 7.14b).

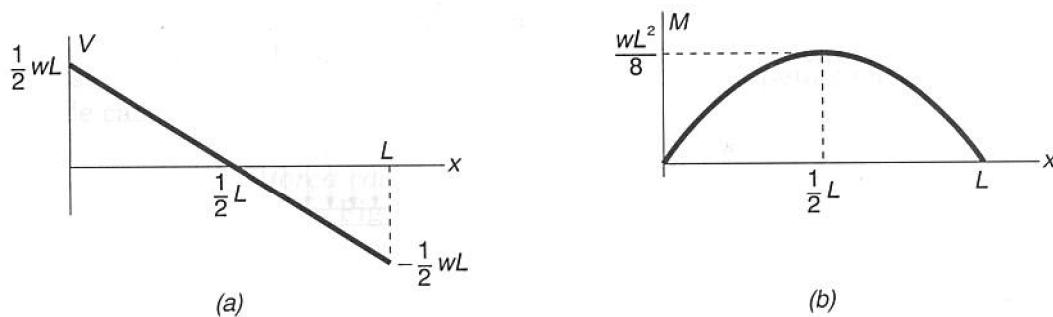


Fig. ex.7.14

Em muitos casos de engenharia, precisamos conhecer o valor do momento fletor em apenas alguns pontos. Tendo sido desenhado o diagrama de força cortante e após determinarmos o valor de  $M$  em uma das extremidades da viga, poderemos calcular o valor do momento fletor em qualquer ponto calculando a área delimitada

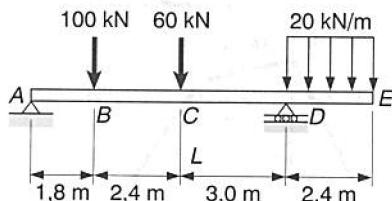
pelo gráfico da força cortante e usando a Equação 7.6. Por exemplo, na viga do Ex. 7.3, sendo  $M_A = 0$ , podemos obter o valor do momento fletor máximo da viga calculando a área do triângulo sombreado no diagrama de força cortante da Fig. 7.14a. Temos

$$M_{\max} = \frac{1}{2} \frac{L}{2} \frac{wL}{2} = \frac{wL^2}{8}$$

Neste exemplo, vemos que o diagrama de carga é uma reta horizontal, o diagrama de força cortante é uma reta inclinada e o diagrama de momento fletor é uma parábola. Se o diagrama de carga fosse uma reta inclinada (primeiro grau), o diagrama de força cortante seria uma parábola (segundo grau) e o diagrama de momento fletor seria uma parábola cúbica (terceiro grau). Os diagramas de força cortante e de momento fletor serão sempre, respectivamente um grau e dois graus acima do diagrama de carga. Tendo em mente essa propriedade, ficamos aptos a esboçar os diagramas de força cortante e momento fletor sem a necessidade de determinarmos as funções  $V(x)$  e  $M(x)$ , bastando calcular alguns valores de  $M$  e  $V$ . Podemos conseguir esboços bem precisos se nos lembarmos do fato de que, em qualquer ponto onde os diagramas sejam curvas contínuas, o declive da curva de força cortante é igual a  $-w$  e o declive da curva do momento fletor é igual a  $V$ .

### PROBLEMA RESOLVIDO 7.3

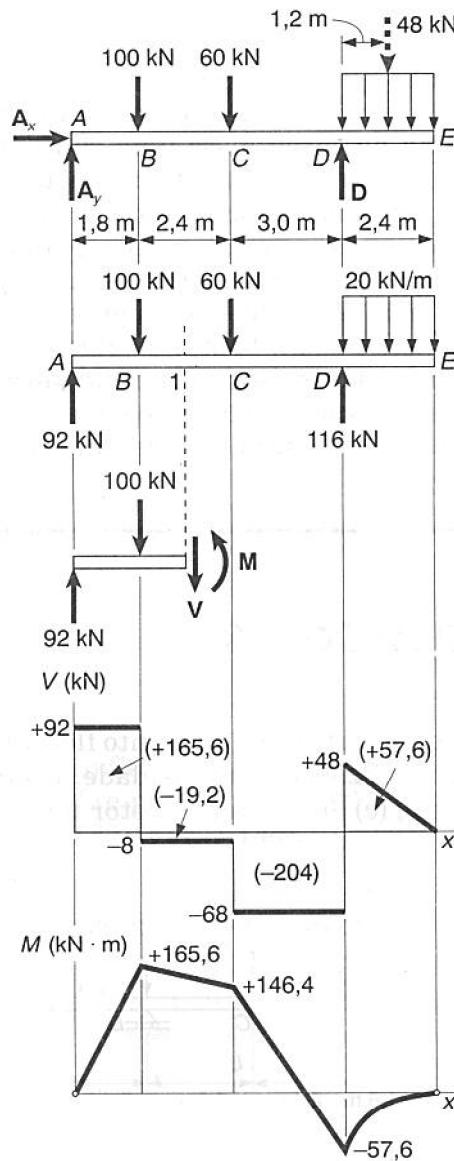
Desenhar os diagramas de força cortante e momento fletor para a viga e carregamento indicados, determinando a localização e intensidade: (a) da força cortante máxima; (b) do momento fletor máximo; (c) do momento fletor mínimo.



**Solução.** Calculamos as reações dos apoios considerando a viga toda como um corpo livre.

$$R_D = 116 \text{ kN} \quad R_A = 92 \text{ kN}$$

Vemos que em  $A$  e  $E$  o momento fletor é nulo; desse modo, em duas seções (marcadas por pequenas circunferências) já são conhecidos os momentos fletores para a construção do diagrama.



**Diagrama de força cortante.** Como  $dV/dx = -w$ , vemos que entre as cargas concentradas o declive do gráfico de força cortante é zero (e portanto a força cortante é constante). A força cortante em qualquer ponto pode ser obtida se dividirmos a viga em duas partes, considerando cada uma delas como um corpo livre. Usando por exemplo a parte da viga à esquerda da seção 1, obtemos

$$+ \uparrow \Sigma F_y = 0: \quad + 92 - 100 - V = 0 \\ V = -8 \text{ kN}$$

**Diagrama de momento fletor.** Sabemos que a área sob o diagrama de força cortante entre dois pontos é igual à variação do momento fletor entre esses pontos. Calculamos então a área de cada parte do diagrama de força cortante, marcando seu valor, por conveniência, no próprio diagrama. Sendo  $M_A = 0$ , escrevemos

$$\begin{array}{ll} M_B - M_A = +165,6 & M_B = +165,6 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_C - M_B = -19,2 & M_C = +146,4 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_D - M_C = -20,4 & M_D = -57,6 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_E - M_D = +57,6 & M_E = 0 \end{array}$$

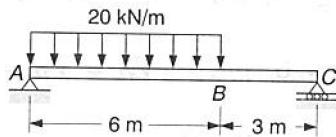
O valor encontrado  $M_E = 0$ , que já era conhecido, serve como verificação dos resultados obtidos.

A força cortante é constante entre duas forças concentradas sucessivas, de modo que o declive  $dM/dx$  é igualmente constante. O diagrama de momento fletor pode ser desenhado unindo-se por linhas retas os pontos conhecidos. Dos diagramas de  $V$  e  $M$  temos

- (a)  $V_{\max} = 92 \text{ kN}$  entre  $A$  e  $B$
- (b)  $M_{\max} = +165,6 \text{ kN} \cdot \text{m}$  no ponto  $B$ .

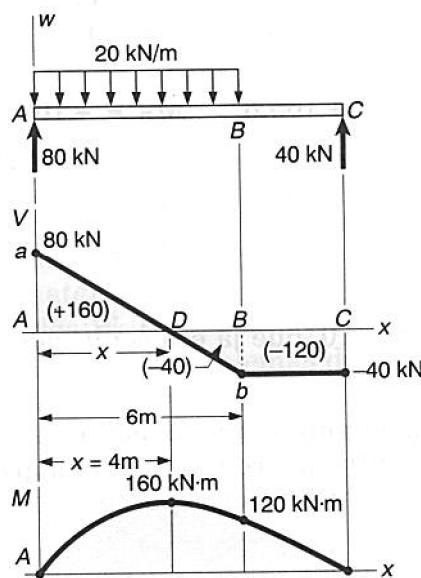
## PROBLEMA RESOLVIDO 7.4

Desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento indicado, determinando o ponto de momento máximo e a intensidade de momento fletor nesse ponto.



**Solução.** Calculamos as reações dos apoios considerando a viga toda como um corpo livre,

$$R_A = 80 \text{ kN} \uparrow \quad R_C = 40 \text{ kN} \uparrow$$



**Diagrama de força cortante.** A força cortante na seção exatamente à direita de  $A$  é  $V_A = +80 \text{ kN}$ . A variação da força cortante entre dois pontos é igual a menos a área sob o diagrama de carregamento entre esses dois pontos. Obtemos  $V_B$  escrevendo

$$\begin{aligned} V_B - V_A &= -(20 \text{ kN/m})(6 \text{ m}) = -120 \text{ kN} \\ V_B &= -120 + V_A = -120 + 80 = -40 \text{ kN} \end{aligned}$$

O diagrama de força cortante entre os pontos  $A$  e  $B$  é representado por uma linha reta, pois o declive  $dV/dx = -w$  é constante entre esses dois pontos. Entre  $B$  e  $C$ , a área sob o diagrama de carregamento é nula; assim,

$$V_C - V_B = 0 \quad V_C = V_B = -40 \text{ kN}$$

e a força cortante é constante entre  $B$  e  $C$ .

**Diagrama de momento fletor.** Vemos que os momentos fletores das seções extremas são iguais a zero. Para determinarmos o momento máximo, calculamos a posição do ponto  $D$  da viga, onde  $V = 0$ . A parte do diagrama de força cortante entre  $A$  e  $B$  tem dois triângulos semelhantes:  $DAa$  e  $DBb$ . Desse modo

$$\frac{x}{80 \text{ kN}} = \frac{6 - x}{40 \text{ kN}} \quad x = 4 \text{ m}$$

O momento fletor máximo ocorre na seção  $D$ , onde temos  $dM/dx = V = 0$ . Calculamos as áreas das várias partes do diagrama de força cortante, que vão marcadas em parênteses no próprio diagrama. Sendo a área do diagrama de força cortante entre dois pontos igual à variação do momento fletor entre esses pontos, escrevemos

$$\begin{aligned} M_D - M_A &= +160 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_D &= +160 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_B - M_D &= -40 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_B &= +120 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M_C - M_B &= -120 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_C &= 0 \end{aligned}$$

O diagrama de momento fletor consiste em um arco de parábola seguido de um segmento de reta; o declive da parábola em  $A$  é igual ao valor de  $V$  nesse ponto.

O momento fletor máximo é

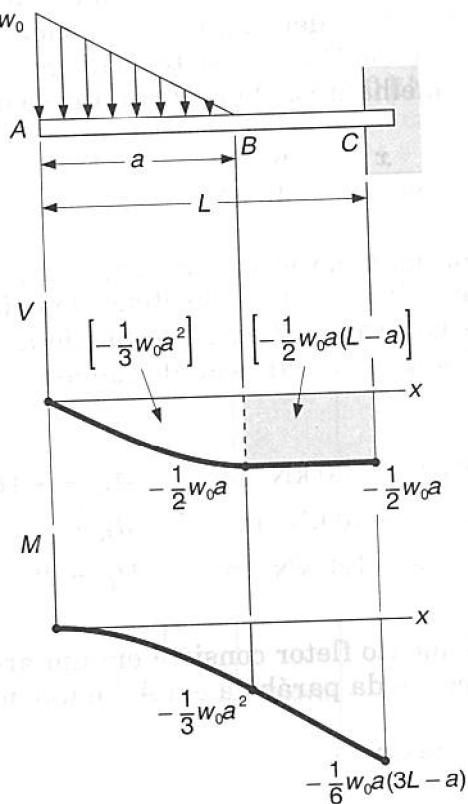
$$M_{\max} = M_D = +160 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

## PROBLEMA RESOLVIDO 7.5

Esboçar o diagrama de força cortante e o diagrama de momento fletor da viga em balanço da figura.

**Solução.** *Diagrama de força cortante.* Na extremidade livre da viga encontramos  $V_A = 0$ . Entre os pontos  $A$  e  $B$ , a área sob o diagrama de carregamento é  $1/2 w_0 \cdot a$ ; calculamos  $V_B$  fazendo

$$V_B - V_A = -\frac{1}{2} w_0 a \quad V_B = -\frac{1}{2} w_0 a$$



Entre \$B\$ e \$C\$ a viga não está carregada e, desse modo, \$V\_B = V\_C\$. Em \$A\$, temos \$w = w\_0\$ e, de acordo com a Eq. 7.3, o declive do diagrama de força cortante é \$dV/dx = -w\_0\$, enquanto em \$B\$ o declive é \$dV/dx = 0\$. Entre \$A\$ e \$B\$ o diagrama de carga decresce linearmente, sendo o diagrama de força cortante parabólico. Entre \$B\$ e \$C\$, sendo \$w = 0\$, o diagrama de força cortante é uma linha horizontal.

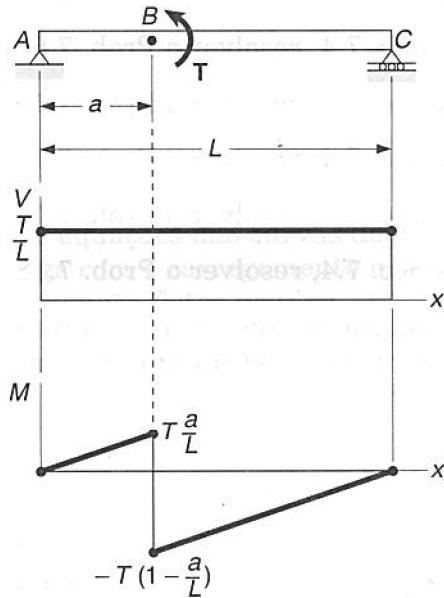
*Diagrama de momento fletor.* O momento \$M\_A\$ na seção livre extrema da viga é zero. Calculando a área sob o gráfico de força cortante, temos

$$\begin{aligned} M_B - M_A &= -\frac{1}{3}w_0a^2 & M_B &= -\frac{1}{3}w_0a^2 \\ M_C - M_B &= -\frac{1}{2}w_0a(L-a) \\ M_C &= -\frac{1}{6}w_0a(3L-a) \end{aligned}$$

O esboço do diagrama de momento fletor se completa usando-se a propriedade \$dM/dx = V\$. Vemos que entre \$A\$ e \$B\$ o diagrama é representado por uma parábola cúbica, com declive igual a zero em \$A\$. Para o trecho entre \$B\$ e \$C\$, o diagrama é representado por uma linha reta.

## PROBLEMA RESOLVIDO 7.6

A viga  $AC$  tem como carregamento o conjugado aplicado no ponto  $B$ , de momento  $T$ . Desenhar os diagramas de força cortante e momento fletor da viga.



**Solução.** Considerando toda a viga como um corpo livre, calculamos

$$\mathbf{R}_A = \frac{T}{L} \uparrow \quad \mathbf{R}_C = \frac{T}{L} \downarrow$$

A força cortante em qualquer ponto é constante e igual a  $T/L$ . Como o conjugado é aplicado em  $B$ , o diagrama de momento fletor é descontínuo nesse ponto; o valor do momento fletor decresce bruscamente a partir do valor  $T$ .

## PROBLEMAS

- 7.37** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.1.
- 7.38** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.2.
- 7.39** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.3.
- 7.40** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.4.
- 7.41** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.5.
- 7.42** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.6.
- 7.43** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.15.
- 7.44** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.14.
- 7.45** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.17
- 7.46** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.18.

**7.47 a 7.50** Desenhar os diagramas de força cortante e de momento fletor para a viga com o carregamento mostrado e determinar o máximo valor absoluto: (a) da força cortante; (b) do momento fletor.

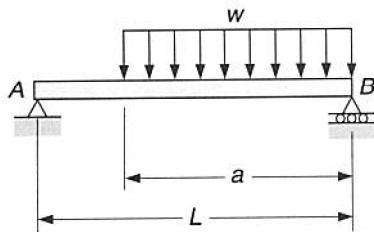


Fig. P7.47

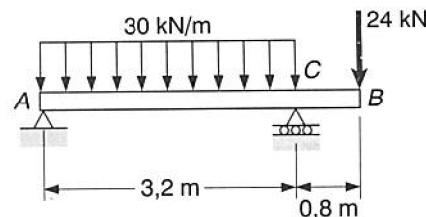


Fig. P7.48

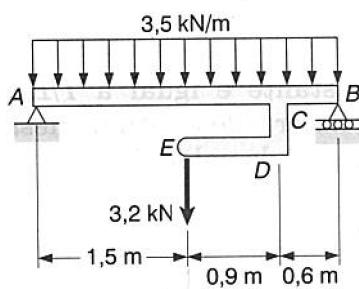


Fig. P7.49

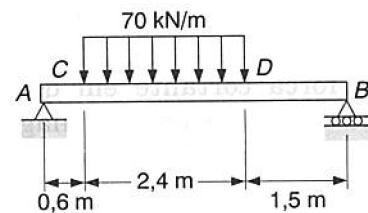


Fig. P7.50

**7.51 e 7.52** Determinar as equações das curvas dos diagramas de força cortante e de momento fletor, para a viga com o carregamento mostrado. Determinar também o máximo valor absoluto do momento fletor na viga.

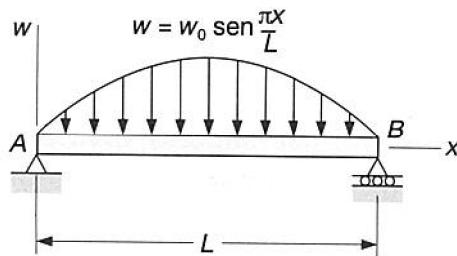


Fig. P7.51

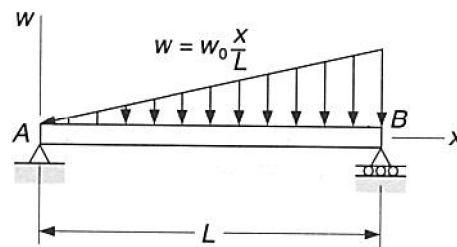


Fig. P7.52

**7.53 e 7.54** Determinar as equações das curvas dos diagramas de força cortante e de momento fletor, para a viga com o carregamento mostrado. Determinar também o máximo valor absoluto do momento fletor na viga.

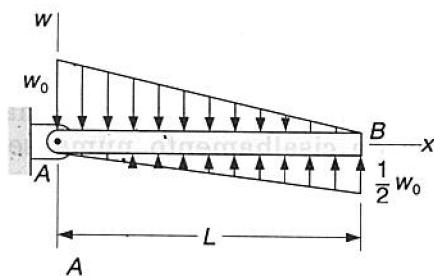


Fig. P7.53

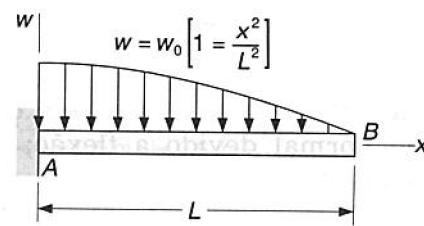


Fig. P7.54

**7.55** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.23.

**7.56** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.24.

**7.57** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.25.

**7.58** Usando o método da Sec. 7.4, resolver o Prob. 7.26.

**7.59 a 7.62** Para a viga com o carregamento mostrado, determinar: (a) o máximo valor absoluto do momento fletor; (b) a máxima tensão normal devido à flexão.