

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{AB} &= M_{AB}\mathbf{u}_B = (-53,67 \text{ N}\cdot\text{m})(0,894\mathbf{i} + 0,447\mathbf{j}) \\ &= \{-48,0\mathbf{i} - 24\mathbf{j}\} \text{ N}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

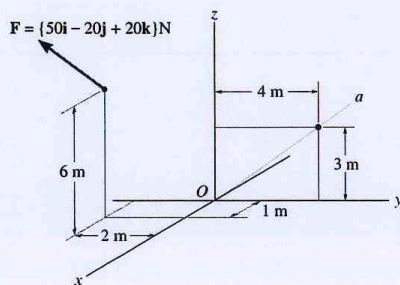
Resposta

O resultado é mostrado na Figura 4.24b.

Note que, se o eixo AB fosse definido por um vetor unitário orientado de B em direção a A , na formulação acima seria necessário utilizar $-\mathbf{u}_B$. Isso conduziria a $M_{AB} = +53,67 \text{ N}\cdot\text{m}$. Conseqüentemente, $\mathbf{M}_{AB} = M_{AB}(-\mathbf{u}_B)$ encontrando-se de novo o resultado acima.

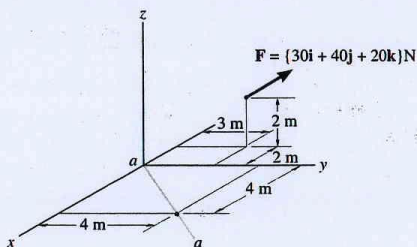
PROBLEMAS

- 4.51. Determine o momento da força \mathbf{F} em relação ao eixo Oa . Expresse o resultado como um vetor cartesiano.



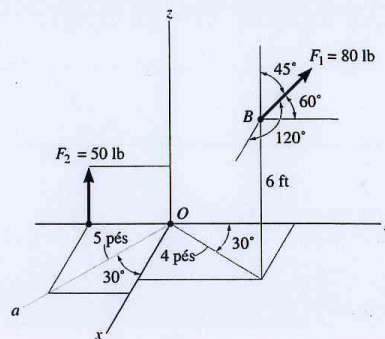
Problema 4.51

- *4.52. Determine o momento da força \mathbf{F} em relação ao eixo aa . Expresse o resultado como um vetor cartesiano.



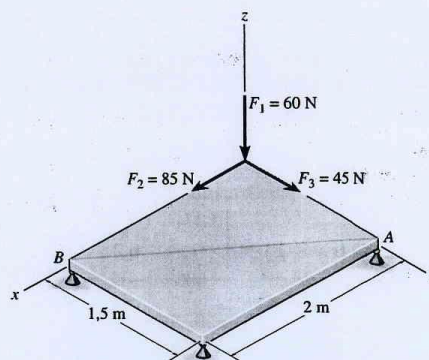
Problema 4.52

- 4.53. Determine o momento resultante de duas forças em relação ao eixo Oa . Expresse o resultado como um vetor cartesiano.



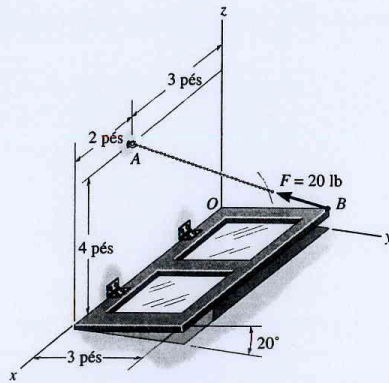
Problema 4.53

- 4.54. Determine a intensidade do momento de cada um das três forças em relação ao eixo AB . Resolva o problema (a) na forma de vetor cartesiano e (b) na forma escalar.



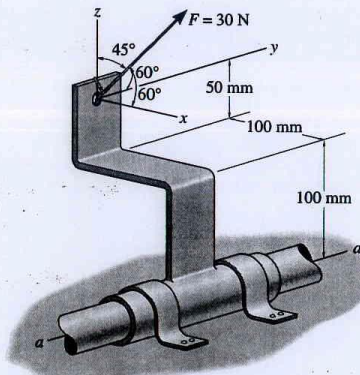
Problema 4.54

- 4.55. A corrente AB exerce uma força de 20 lb na porta e B . Determine a intensidade do momento dessa força ao longo do eixo x da porta.



Problema 4.55

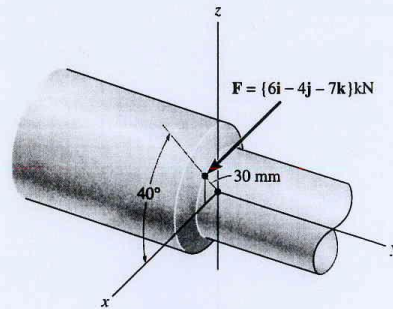
*4.56. A força $F = 30\text{ N}$ atua no suporte, como mostrado na figura. Determine o momento da força em relação ao eixo $a-a$ do tubo. Determine também os ângulos diretores coordenados a fim de produzir o máximo momento em relação ao eixo $a-a$. Qual é o valor desse momento?



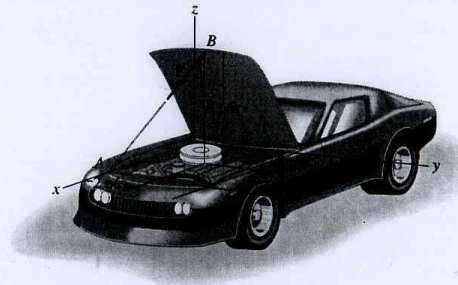
Problema 4.56

4.57. A ferramenta cortante em um torno mecânico exerce uma força F sobre o tarugo na direção e no sentido mostrados. Determine o momento dessa força em relação ao eixo y do tarugo.

4.58. O capô do automóvel é sustentado pela haste de suporte AB , que aplica uma força $F = 24\text{ lb}$ no capô. Determine o momento dessa força em relação ao eixo de articulação y .



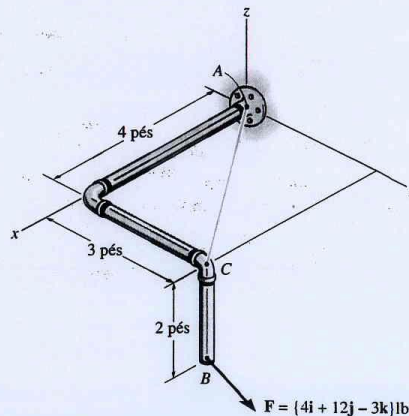
Problema 4.57



Problema 4.58

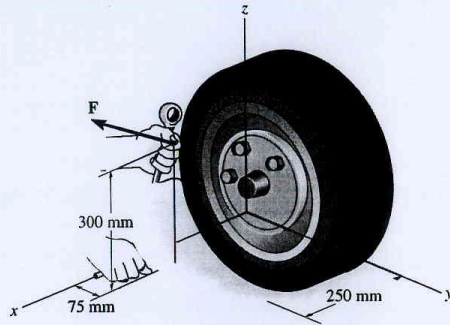
4.59. Determine a intensidade dos momentos da força F em relação aos eixos x , y , z . Resolva o problema usando (a) a forma de vetores cartesianos e (b) a forma escalar.

*4.60. Determine o momento da força F em relação a um eixo que se estende entre A e C . Expresse o resultado como um vetor cartesiano.



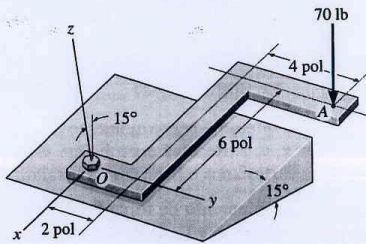
Problemas 4.59/60

4.61. A chave cachimbo e uma chave de suporte são usadas em combinação para remover o parafuso do cubo da roda. Sendo $\mathbf{F} = \{4\mathbf{i} - 12\mathbf{j} + 2\mathbf{k}\}$ N a força aplicada na extremidade da chave de suporte, determine a intensidade do momento dessa força em relação ao eixo x que efetivamente solta o parafuso.



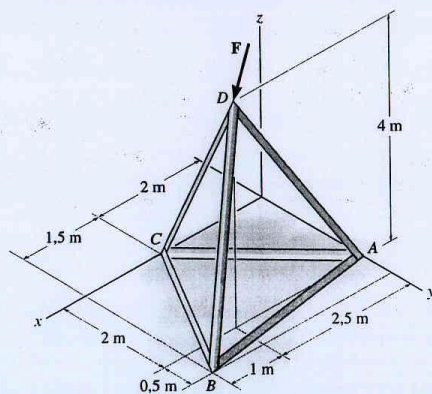
Problema 4.61

4.62. Uma força de 70 lb atua verticalmente no suporte em forma de 'Z'. Determine o valor do momento dessa força em relação ao eixo do parafuso (eixo z).



Problema 4.62

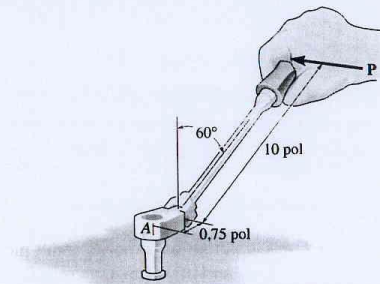
4.63. Determine a intensidade do momento da força $\mathbf{F} = \{50\mathbf{i} - 20\mathbf{j} - 80\mathbf{k}\}$ N em torno da linha de base CA do tripé.



Problema 4.63

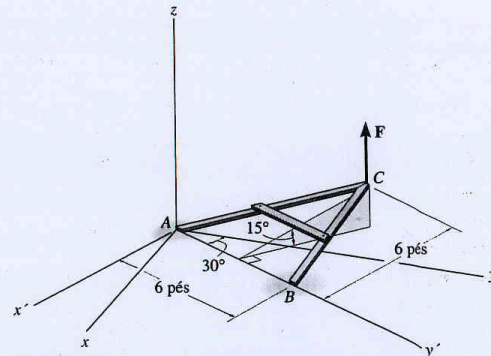
*4.64. A chave de catraca com cabeça flexível está submetida a uma força $P = 16$ lb, aplicada perpendicularmente ao cabo da chave, como mostra a figura. Determine o momento ou o torque que é transferido ao longo do eixo vertical do parafuso em A .

4.65. Se um torque ou momento de $80 \text{ lb} \cdot \text{pol}$ é solicitado para afrouxar o parafuso em A , determine a força P que deve ser aplicada perpendicularmente ao cabo da chave de catraca com cabeça flexível.



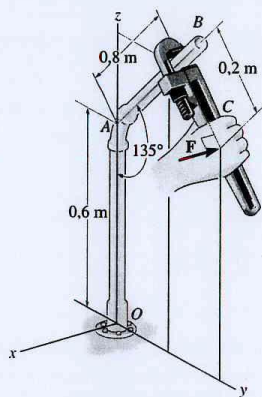
Problemas 4.64/65

4.66. A estrutura em forma de A está sendo içada por uma força vertical $F = 80$ lb. Determine o momento dessa força em relação ao eixo y quando a estrutura encontra-se na posição mostrada.



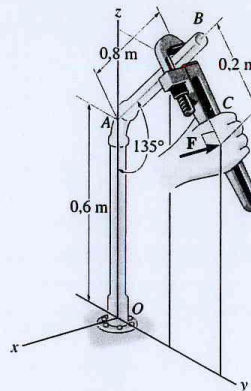
Problema 4.66

4.67. Uma força horizontal $\mathbf{F} = \{-50\mathbf{i}\}$ N é aplicada perpendicularmente ao cabo da chave inglesa. Determine o momento que essa força exerce ao longo do eixo OA (eixo z) da estrutura de tubos. Tanto a estrutura de tubos quanto a chave, em $OABC$, estão no plano $y-z$. Dica: empregue a análise escalar.



Problema 4.67

*4.68. Determine a intensidade da força horizontal $F = -F\mathbf{i}$ que atua no cabo da chave, de forma que essa força produza um componente de momento ao longo do eixo OA



Problema 4.68

4.6 MOMENTO DE UM BINÁRIO

Um binário é definido como duas forças paralelas de mesma intensidade, sentidos opostos e separadas por uma distância perpendicular d , como mostra a Figura 4.25. Como a força resultante é nula, o único efeito de um binário é produzir rotação ou tendência de rotação em determinada direção.

O momento produzido por um binário é chamado de *momento de um binário*. Podemos determinar seu valor calculando a soma dos momentos das forças que compõem o binário em relação a *qualquer* ponto arbitrário. Por exemplo, na Figura 4.26, os vetores posição \mathbf{r}_A e \mathbf{r}_B são orientados do ponto O para os pontos A e B , respectivamente, que se localizam na linha de ação de $-\mathbf{F}$ e \mathbf{F} . O momento do binário calculado em relação a O é, portanto:

$$\mathbf{M} = \mathbf{r}_A \times (-\mathbf{F}) + \mathbf{r}_B \times \mathbf{F}$$

Em vez de somar os momentos de ambas as forças para determinar o momento binário, é mais simples tomar os momentos em relação a um ponto localizado na linha de ação de uma das forças. Se, por exemplo, o ponto A é escolhido, então o momento de $-\mathbf{F}$ é zero, e se tem:

$$\mathbf{M} = \mathbf{r} \times \mathbf{F} \tag{4.13}$$

O fato de se obter o *mesmo resultado* em ambos os casos pode ser demonstrado observando-se que no primeiro caso se pode escrever $\mathbf{M} = (\mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A) \times \mathbf{F}$ e, pela regra do triângulo de adição vetorial, $\mathbf{r}_A + \mathbf{r} = \mathbf{r}_B$ ou $\mathbf{r} = \mathbf{r}_B - \mathbf{r}_A$. Assim, por substituição se obtém a Equação 4.13. Esse resultado indica que o momento de um binário é um *vetor livre*, isto é, pode atuar em *qualquer ponto*, pois \mathbf{M} depende *apenas* do vetor posição \mathbf{r} , que é orientado *entre* as forças, não se encontrando ligado ao ponto arbitrário O . Isso *não* acontece com os vetores posição \mathbf{r}_A e \mathbf{r}_B , que têm origem no ponto O e extremidade nas forças. Esse conceito é, portanto, diferente do momento de uma força, que requer um ponto (ou eixo) definido em relação ao qual o momento é determinado.

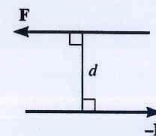


Figura 4.25

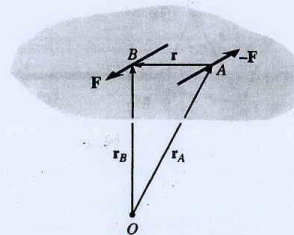
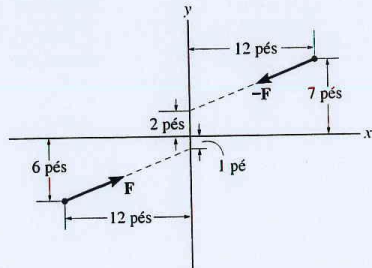


Figura 4.26

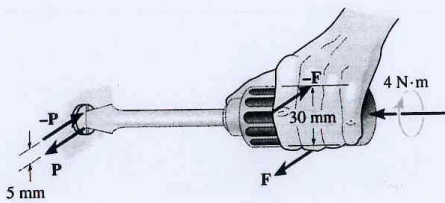
r-
o
o
o
a

*4.72. Se o momento de binário tem intensidade de 300 lb·pés, determine a intensidade F das forças do binário.



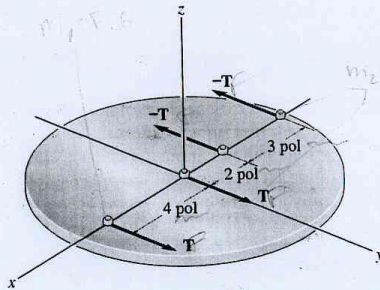
Problema 4.72

4.73. Um momento torsor de $4 \text{ N}\cdot\text{m}$ é aplicado ao cabo de uma chave de fenda. Decomponha esse momento de binário em um par de binários F exercido no cabo e P atuando na lâmina da ferramenta.



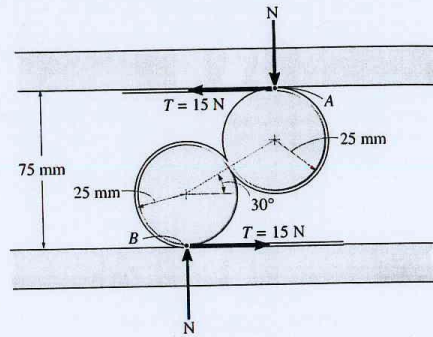
Problema 4.73

4.74. O momento de binário resultante criado pelos dois binários atuantes no disco é $M_R = \{10k\} \text{ kip}\cdot\text{pol}$. Determine a intensidade da força T .



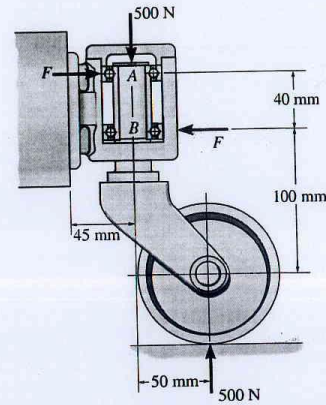
Problema 4.74

4.75. Um dispositivo chamado de 'rolamite' é empregado de várias maneiras para substituir movimento de escorregamento por movimento de rolagem. Se o cinto que envolve os roletes está sujeito à tensão de 15 N, determine as forças reativas N dos discos superior e inferior dos roletes, de modo que o binário resultante que atua neles seja nulo.



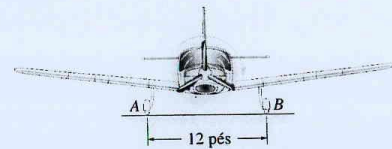
Problema 4.75

*4.76. O sistema de rodízio é submetido a dois binários. Determine as forças F que os dois mancais criam no eixo, de modo que o momento de binário resultante no rodízio seja nulo.

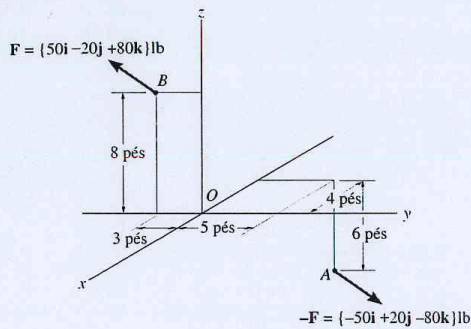


Problema 4.76

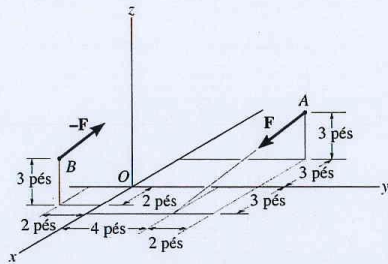
4.77. Quando o motor do avião está funcionando, a reação vertical que o solo exerce na roda em A é de 650 lb. Com o motor desligado, no entanto, as reações verticais em A são de 575 lb cada uma. A diferença nas leituras da força A é provocada pela ação de um momento de binário nas hélices quando o motor está em funcionamento. Esse momento tende a tombar o avião no sentido anti-horário, que é o mesmo sentido de rotação das hélices. Determine a intensidade desse momento de binário e a intensidade da força de reação exercida em B quando o motor está em funcionamento.



Problema 4.77

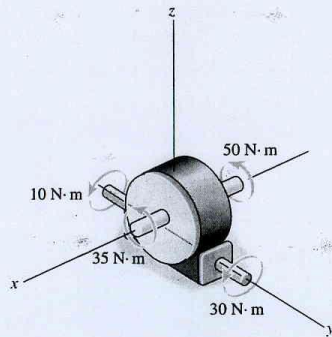


Problema 4.86



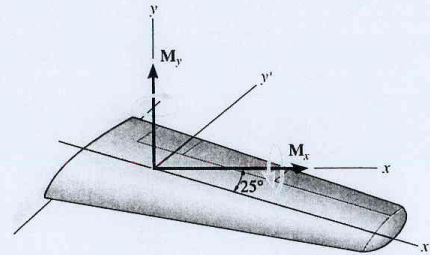
Problema 4.87

*4.88. O redutor de velocidade está sujeito a quatro momentos binários. Determine a intensidade do momento de binário resultante e seus ângulos diretores coordenados.



Problema 4.88

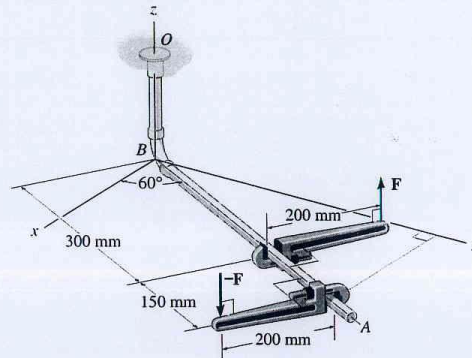
4.89. A viga principal ao longo de uma das asas de um aeroplano é forçada para trás a um ângulo de 25° , como mostra a figura. Com base nos cálculos das cargas que atuam sobre a asa foi determinado que a viga está sujeita aos momentos de binários $M_x = 17 \text{ kip} \cdot \text{pés}$ e $M_y = 25 \text{ kip} \cdot \text{pés}$. Determine os momentos de binário resultantes gerados em relação aos eixos x' e y' . Os eixos se localizam no mesmo plano horizontal.



Problema 4.89

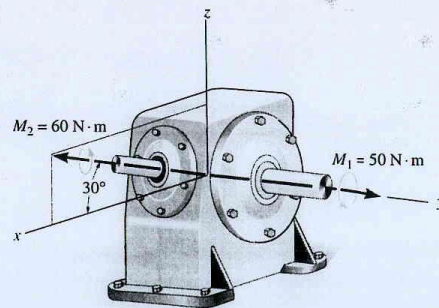
4.90. Como $\mathbf{F} = \{100\mathbf{k}\} \text{ N}$, determine o momento de binário que atua na montagem. Expresse o resultado como um vetor cartesiano. O elemento BA está localizado no plano $x-y$.

4.91. Como a intensidade do momento de binário resultante é igual a $15 \text{ N} \cdot \text{m}$, determine a intensidade F das forças aplicadas sobre as chaves.



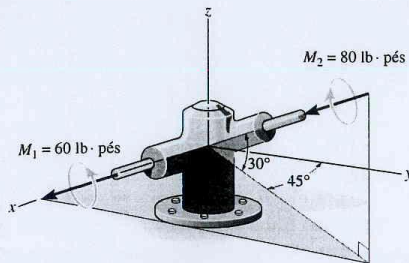
Problemas 4.90/91

*4.92. O redutor de velocidade está sujeito ao momento de binário mostrado na figura. Determine o momento de binário resultante, especificando sua intensidade e os ângulos diretores coordenados.



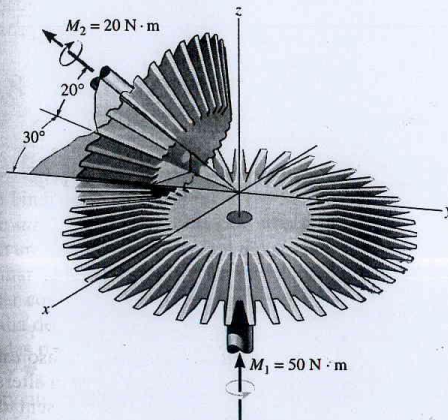
Problema 4.92

4.93. O redutor de velocidade está sujeito aos momentos de binário mostrados na figura. Determine o momento de binário resultante, especificando sua intensidade e os ângulos diretores coordenados.



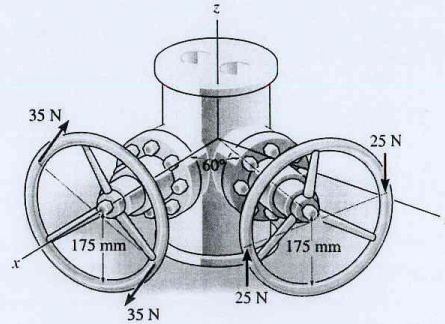
Problema 4.93

4.94. As rodas dentadas estão sujeitas aos momentos de binário mostrados na figura. Determine a intensidade do momento de binário resultante e especifique seus ângulos diretores coordenados.



Problema 4.94

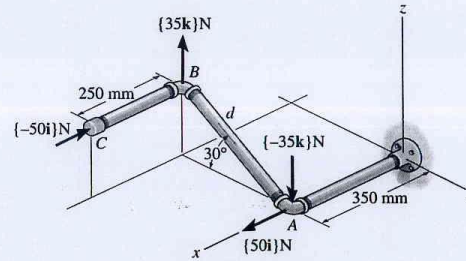
4.95. Um binário atua em cada um dos volantes da válvula bidirecional. Determine a intensidade e os ângulos diretores coordenados do momento de binário resultante.



Problema 4.95

*4.96. Determine o momento de binário resultante dos dois binários que atuam na estrutura tubular. A distância de A até B é $d = 400$ mm. Expresse o resultado como um vetor cartesiano.

4.97. Determine a distância d entre A e B de modo que o momento de binário resultante tenha intensidade $M_R = 20$ N·m.



Problemas 4.96/97

4.7 SISTEMA EQUIVALENTE

Uma força aplicada sobre um corpo tem a capacidade de provocar tanto sua translação quanto sua rotação, com intensidade que depende do ponto de aplicação e de como essa força é aplicada. Na próxima seção, vamos discutir o método usado para *reduzir* um sistema de forças e momentos de binário que atuam em um corpo em uma única força e momento de binário atuando sobre um ponto especificado O . Para tanto, porém, é necessário que o sistema força e momento de binário produza o *mesmo* efeito 'externo' de translação e rotação do corpo que suas resultantes. Quando isso ocorre, esses dois conjuntos de cargas são ditos *equivalentes*.

Nesta seção, vamos mostrar como manter essa equivalência quando uma única força é aplicada em um ponto específico do corpo e quando a força está