

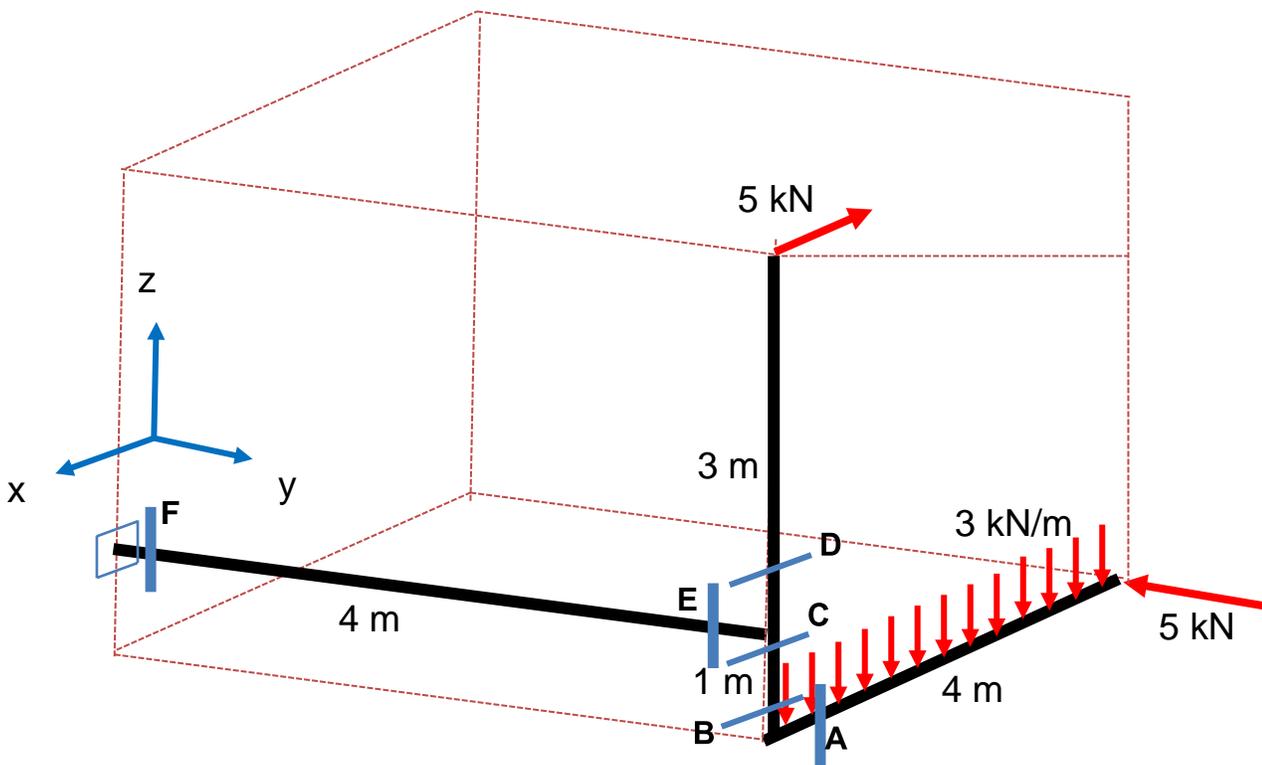
## ESFORÇOS SOLICITANTES EM ESTRUTURAS ESPACIAIS aula do dia 15/4

Osvaldo Nakao

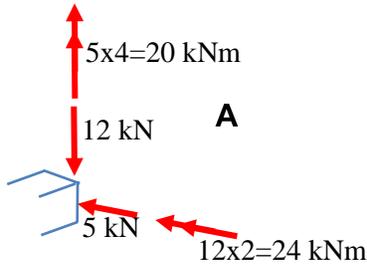
**No esboço dos gráficos dos esforços solicitantes deve-se observar que:**

- 1) Se a estrutura é uma barra poligonal engastada em um único ponto o caminhamento dos esforços deve ser da extremidade livre para o apoio, não havendo a necessidade da obtenção das reações que poderão ser obtidas a partir dos esforços solicitantes junto ao engastamento.
- 2) Se a estrutura tem vários apoios é necessário obter as reações nos apoios, fazer o diagrama do corpo livre e acompanhar o caminhamento dos esforços entre os apoios, pois é a estrutura que leva os esforços até os apoios.
- 3) O “teorema do corte” deve ser aplicado em seções próximas a esforços ativos ou quando se tem mudança de carregamento ou quando há mudanças de direção das barras da estrutura.
- 4) As forças normais e os momentos fletores e de torção são reduzidos/transferidos de uma seção a outra sem novos acréscimos.
- 5) As forças cortantes são reduzidas/transferidas de uma seção para a outra acrescentando um momento fletor para que os sistemas sejam mecanicamente equivalentes.

**Exemplo 1.** Esboçar os diagramas dos esforços solicitantes na estrutura da figura.

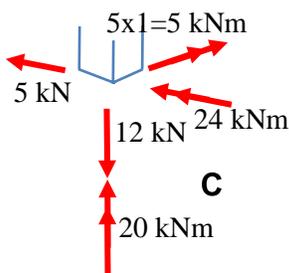
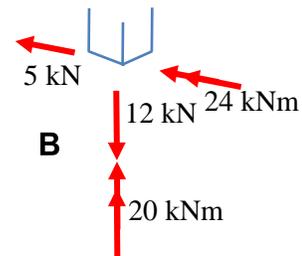


Para determinar os esforços solicitantes aplica-se o teorema do corte nas seções A, B, C, D, E e F e os esforços são reduzidos/transferidos a partir das extremidades livres até o engastamento.



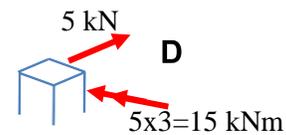
Na seção transversal A há duas forças, uma de 5 kN (na direção y) que é reduzida/transferida da extremidade livre acompanhada do momento de  $5 \text{ kN} \times 4 \text{ m} = 20 \text{ kNm}$  (em torno do eixo z). A segunda força de  $12 \text{ kN} = 3 \text{ kN/m} \times 4 \text{ m}$  (na direção z) é a resultante da uniformemente distribuída que ao ser reduzida/transferida para a seção A é acompanhada do momento de  $12 \text{ kN} \times 2 \text{ m} = 24 \text{ kNm}$  (em torno do eixo y).

Os esforços existentes na seção transversal A são reduzidos/transferidos sem acréscimos para a seção transversal B, porque a distância é infinitesimal. Assim, em B, há a força normal de 12 kN (na direção z), a força cortante de 5 kN (na direção y), o momento de torção de 20 kNm (em torno do eixo z), o momento fletor de 24 kNm (em torno do eixo y). Observa-se que, em A, 12 kN e 5 kN eram forças cortantes, e 20 kNm e 24 kNm eram momentos fletores.

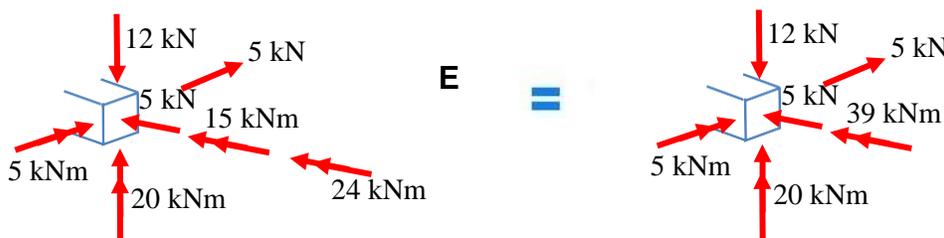


Na seção transversal C, os esforços são a força normal de 12 kN (na direção z), o momento torçor de 20 kNm (em torno do eixo z) e o momento fletor de 24 kNm (em torno do eixo y) reduzidos/transferidos da seção transversal B (as forças normais e momentos são reduzidos/transferidos sem acréscimos). Além disso, há a força cortante de 5 kN (na direção y) que ao ser reduzida/transferida de B para C acrescenta o momento fletor de  $5 \text{ kN} \times 1 \text{ m} = 5 \text{ kNm}$  (em torno do eixo x).

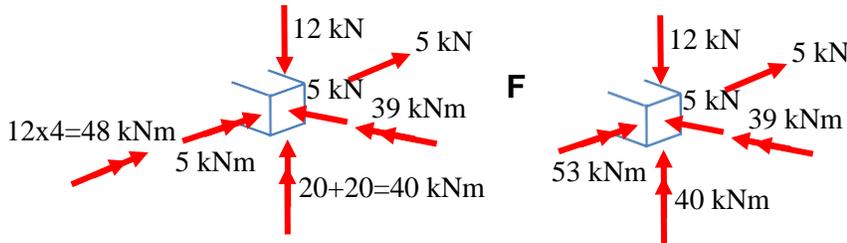
A força de 5 kN (na direção x) da extremidade livre ao ser reduzida/transferida para a seção transversal D, tem um acréscimo de um momento de  $5 \text{ kN} \times 3 \text{ m} = 15 \text{ kNm}$  (em torno do eixo y) para que os sistemas sejam mecanicamente equivalentes.



Os esforços existentes nas seções transversais C e D são reduzidos/transferidos para a seção transversal E sem acréscimos porque as distâncias são infinitesimais. Assim, em E, há a força normal de 5 kN (na direção y), a força cortante de 12 kN (na direção z), a força cortante de 5 kN (na direção x), o momento de torção de  $39 \text{ kNm} = 15 \text{ kNm} + 24 \text{ kNm}$  (em torno do eixo y), o momento fletor de 5 kNm (em torno do eixo x), o momento fletor de 20 kNm (em torno de z).



Os esforços da seção E são reduzidos/transferidos para a seção transversal F com os acréscimos para que os sistemas sejam mecanicamente equivalentes. A força normal de 5 kN é a mesma em todas as seções transversais da barra de E até F. Os momentos de 39 kNm, 20 kNm e 5 kNm são os mesmos que atuam em E. A força cortante de 5 kN (na direção x) em E se reduz/transfere para F acrescentando um momento de  $5 \text{ kN} \times 4 \text{ m} = 20 \text{ kNm}$  (em torno do eixo z). A força cortante de 12 kN (na direção z) se reduz/transfere acrescentando um momento de  $12 \text{ kN} \times 4 \text{ m} = 48 \text{ kNm}$  em torno do eixo x.



Para desenhar os diagramas dos esforços solicitantes na barra (da seção E para a seção F), observa-se que há três forças e três momentos. Duas forças cortantes, uma constante de 5 kN (negativa, porque para o observador defronte o eixo z a força cortante tende a girar a barra no sentido anti-horário) e outra constante de 12 kN (positiva, porque para o observador defronte o eixo x tende a girar a barra no sentido horário). Uma força normal de 5 kN (negativa, porque é de compressão, “entra” na seção). Há também 3 momentos: o momento torçor (negativo, em torno do eixo y, “entrando” na seção) constante e igual a 39 kNm e os momentos fletores variando de 20 a 40 kNm (em torno do eixo z, tracionando as fibras da frente para o observador defronte o eixo x) e de 5 a 53 kNm (em torno do eixo x, tracionando as fibras superiores para o observador defronte o eixo y).

