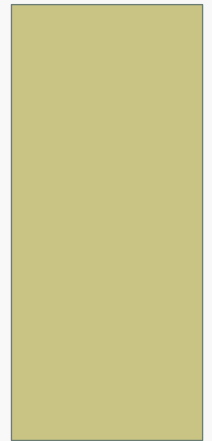




**Universidade Federal do Pará  
Instituto de Tecnologia  
Faculdade de Engenharia Mecânica**

**MECÂNICA GERAL**

**PROFESSOR: IGOR DOS SANTOS GOMES  
E-MAIL: IGOR.GOMES@ITEC.UFPA.BR**



# FORÇA, MOMENTO E SISTEMAS EQUIVALENTES

## Parte 1:

- 2.1. Formulação escalar do momento de uma força
- 2.2. Produto vetorial
- 2.3. Formulação vetorial do momento de uma força

## Parte 2:

- 2.4. Princípios dos momentos
- 2.5. Momento de uma força em relação a um eixo específico
- 2.6. Momento de um binário
- 2.7. Sistemas equivalentes

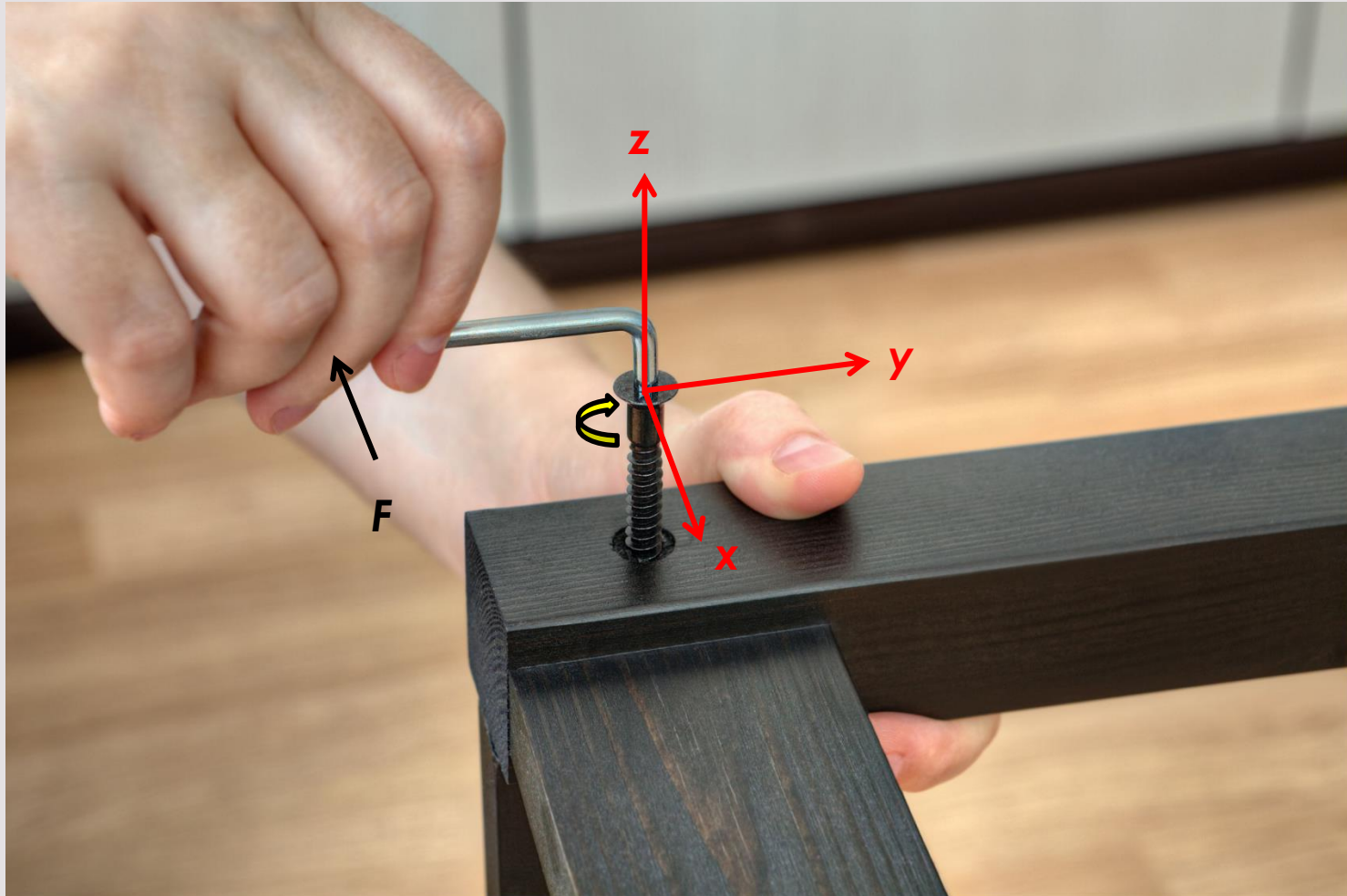
# **FORÇA, MOMENTO E SISTEMAS EQUIVALENTES**

## **Parte 1:**

### **2.1. Formulação escalar do momento de uma força**

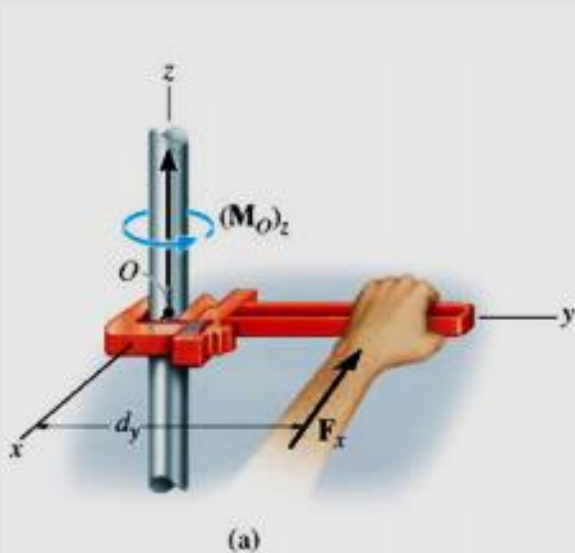
## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

➤ Observemos a seguinte situação:

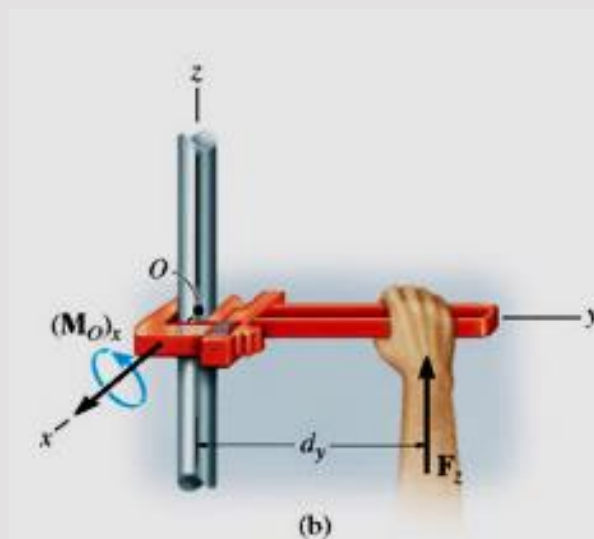


## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

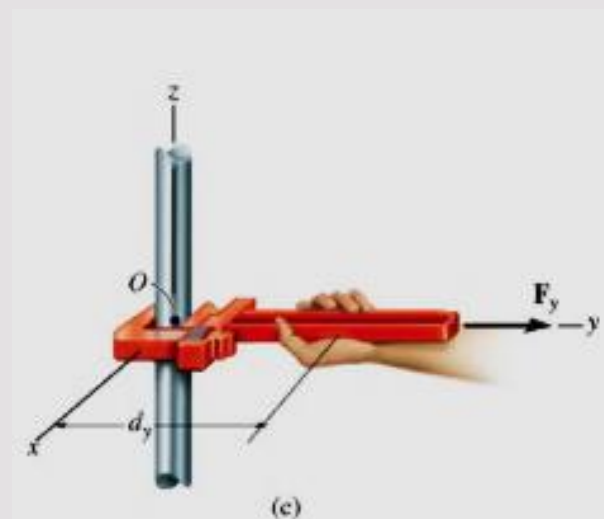
- O momento de uma força em relação a um ponto ou a um eixo fornece uma medida da tendência dessa força de provocar a rotação de um corpo em torno do ponto ou do eixo;
- Por exemplo, uma força horizontal  $F_x$  que age perpendicularmente ao cabo da chave inglesa e está localizada a uma distância  $d_y$  do ponto  $O$ ; essa força tende a provocar um giro do tubo em torno de  $z$ ;
- E quanto a  $F_y$  e  $F_z$ ?



Momento – Eixo  $z$



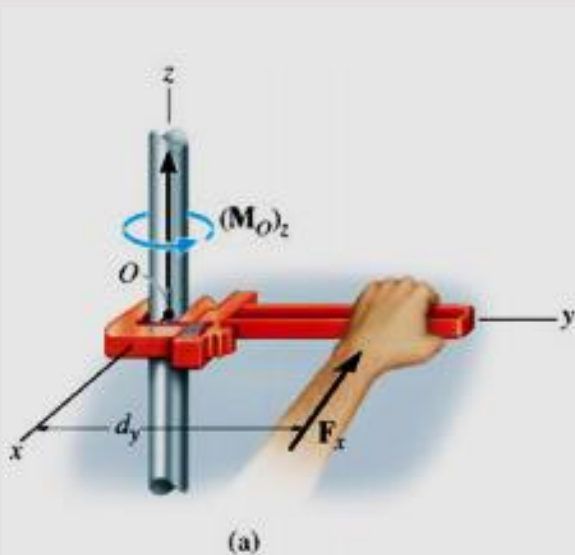
Momento – Eixo  $x$



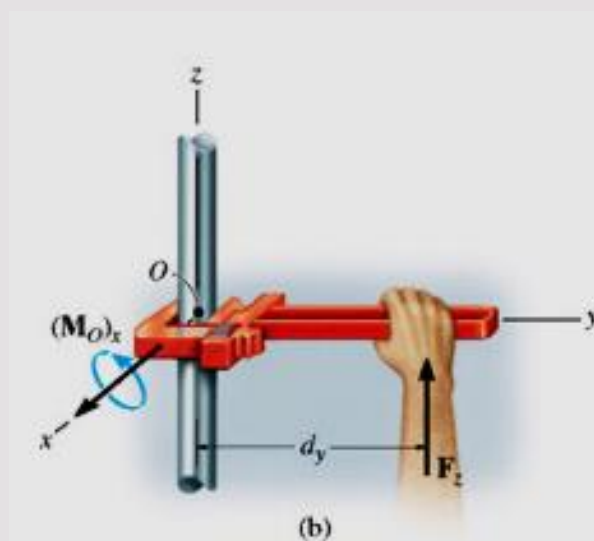
Não há momento no tubo

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

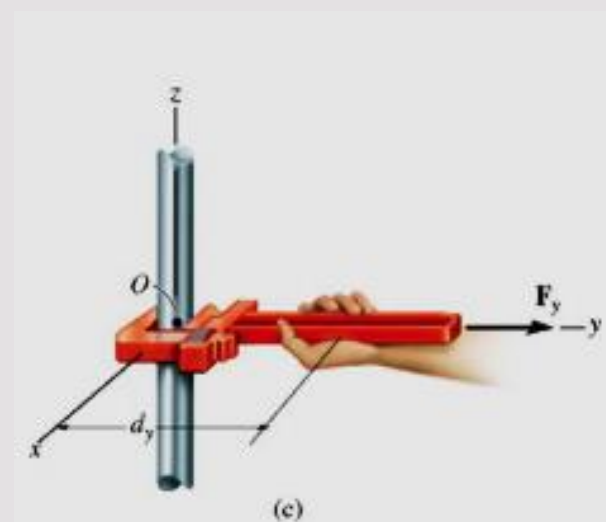
- Para o caso (a), o eixo do momento ( $z$ ) é perpendicular ao plano sombreado ( $x$ - $y$ ), o qual contém tanto  $F_x$  quando  $d_y$ , e que intercepta o plano no ponto  $O$ ;
- Quanto maior a força ou a distância (braço de momento), maior é o efeito da rotação;
- Essa tendência de rotação é chamada também de **torque**, **momento de uma força** ou **simplesmente momento**;



Momento – Eixo  $z$

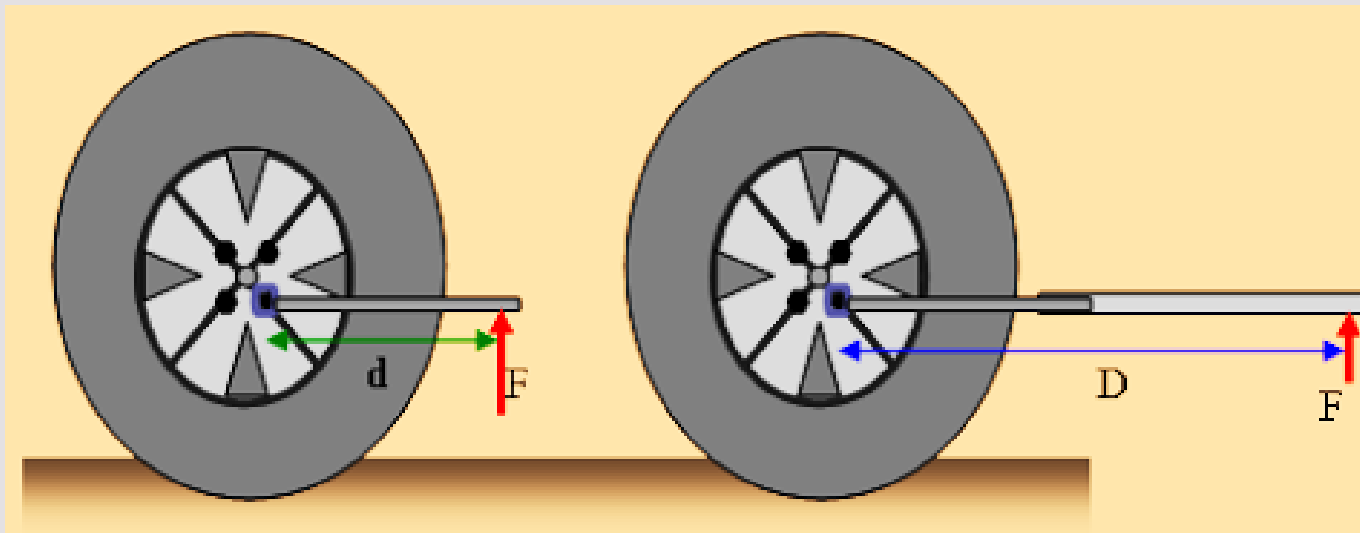
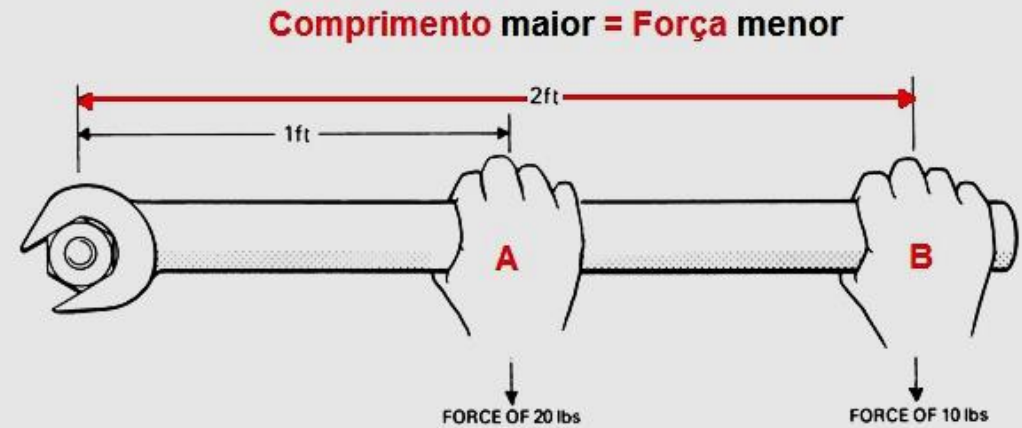
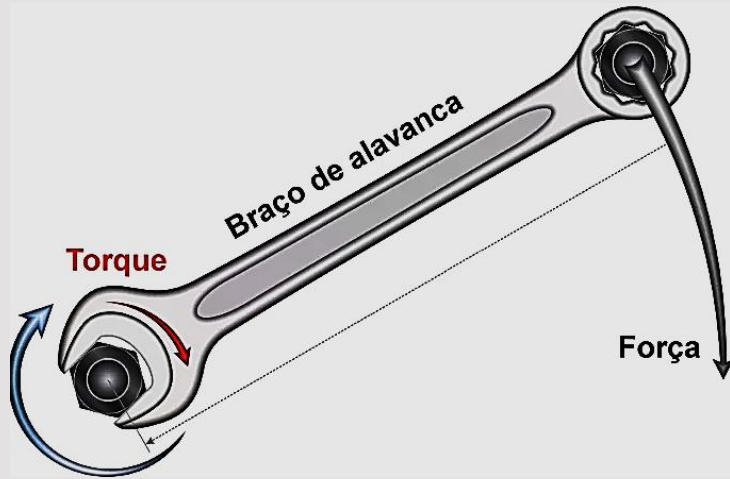


Momento – Eixo  $x$



Não há momento no tubo

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

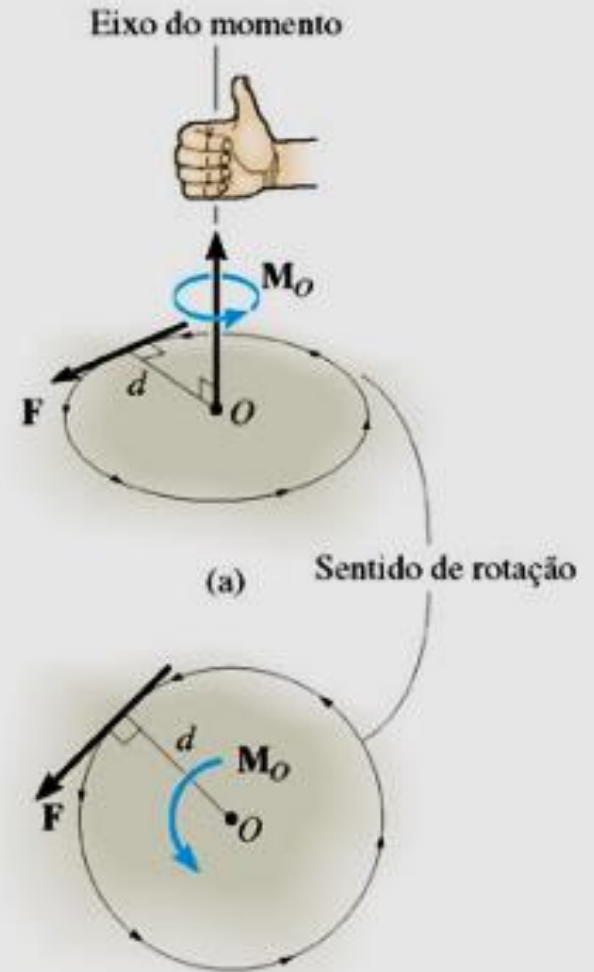


## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

- Para generalizar a discussão, considera-se uma força  $\mathbf{F}$  e um ponto  $O$ , situados em um plano sombreado;
- O momento  $\mathbf{M}_O$  em relação ao ponto  $O$ , ou ainda em relação a um eixo que passa por  $O$  perpendicularmente ao plano, é uma quantidade vetorial;
- Deste modo, o momento  $\mathbf{M}_O$  depende de intensidade (ou módulo), direção e sentido para ser determinado:
- A **intensidade** de  $\mathbf{M}_O$  é:

$$M_O = Fd$$

- A **direção** e **sentido** de  $\mathbf{M}_O$  devem ser determinadas pela regra da mão direita;

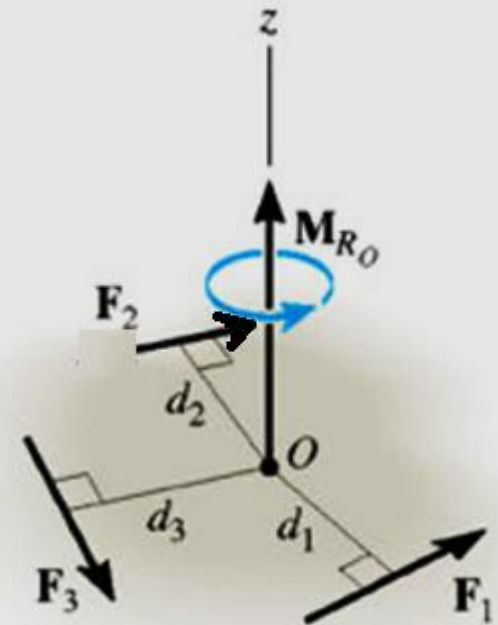
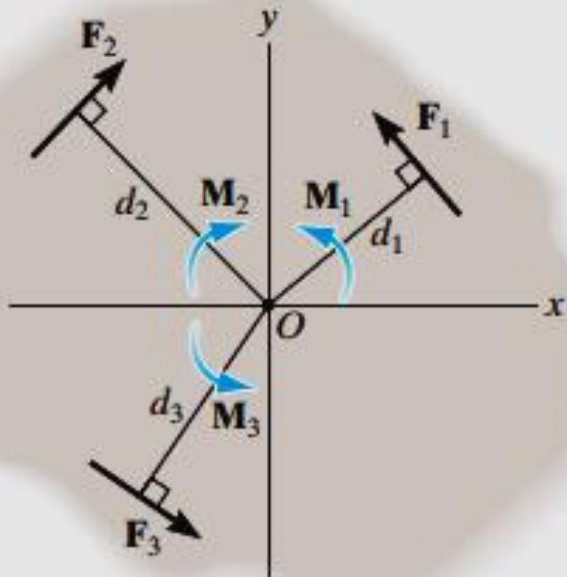




## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

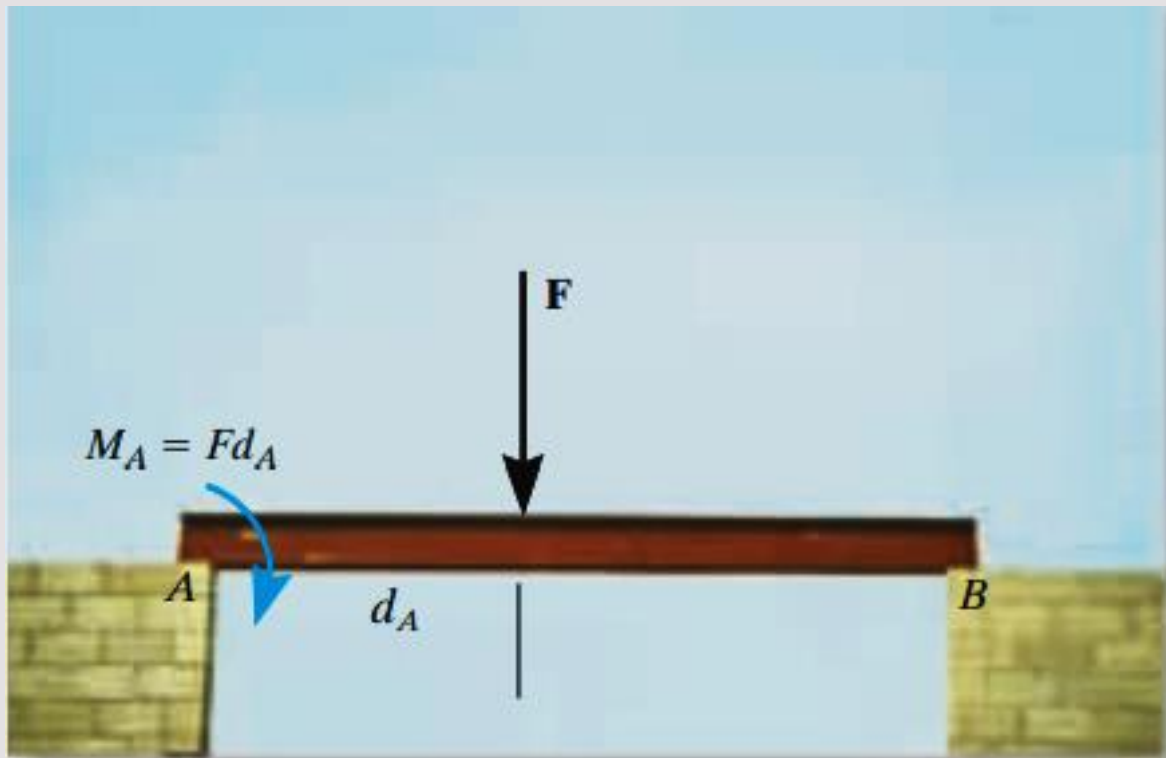
- Se um sistema de forças se situa em um plano  $x$ - $y$ , então o momento produzido por cada força em relação ao ponto  $O$  é direcionado ao longo do eixo  $z$ ;
- Em consequência disto, o momento resultante deste sistema de forças coplanares pode ser determinado somando-se algebricamente os momentos de todas as forças, uma vez que os momentos vetores são colineares. Logo:

$$\zeta + (M_R)_O = \sum Fd; \quad (M_R)_O = F_1d_1 - F_2d_2 + F_3d_3$$



## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

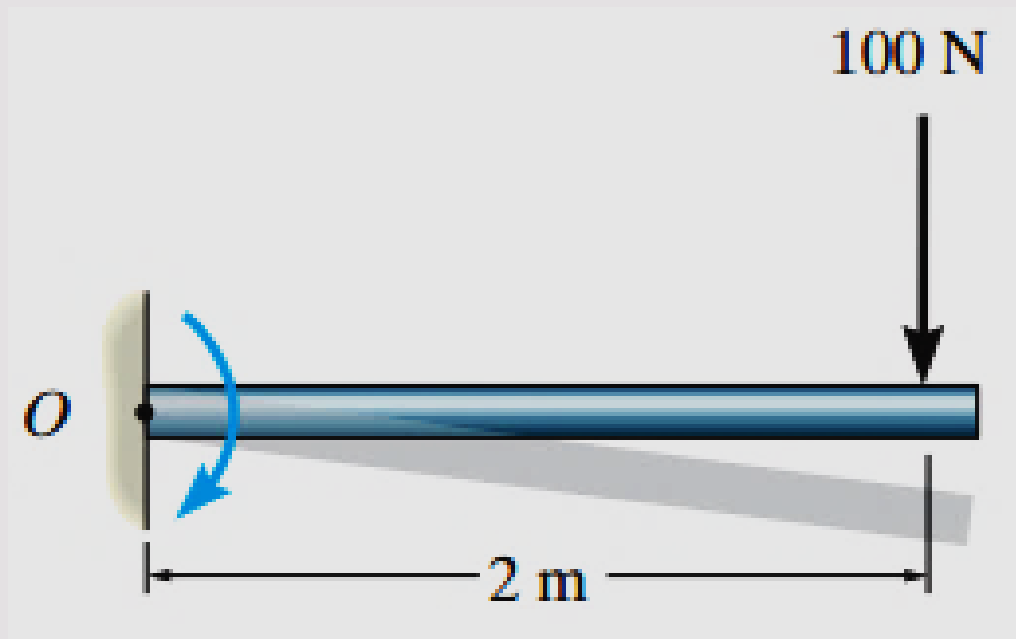
- A força  $\mathbf{F}$  tende a rotacionar a viga em torno do ponto A, com o momento  $M_A = Fd_A$ ;
- Retirar pregos com um “pé de cabra” requer que o momento da força  $\mathbf{F}_H$  em relação ao ponto O seja maior que o momento da força  $\mathbf{F}_N$  em relação ao mesmo ponto O.



## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 8:

- Determine o momento em cada uma das situações a seguir.

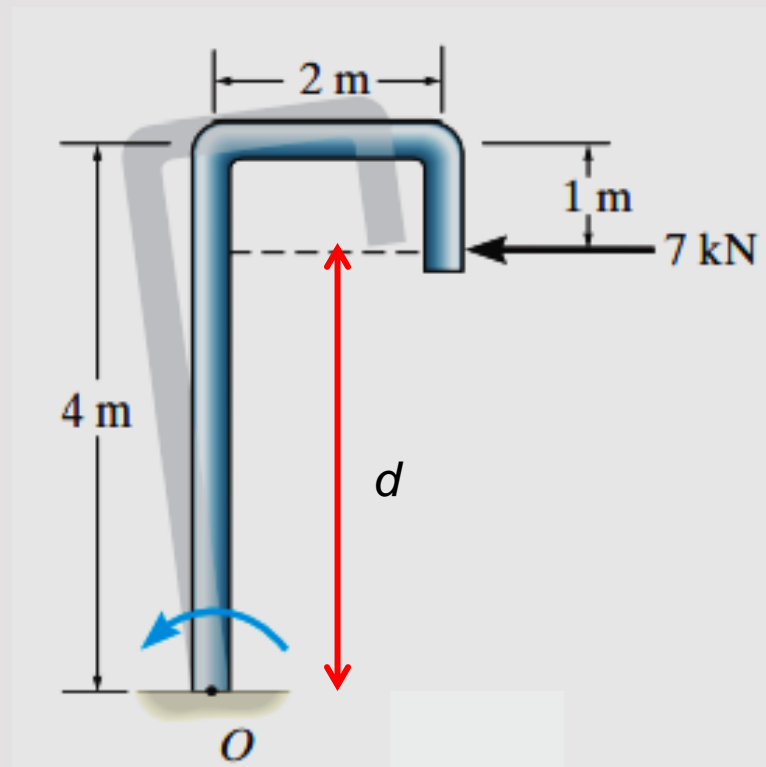


$$M_O = F \cdot d = (100 \text{ N})(2 \text{ m}) = 200 \text{ N} \cdot \text{m} \curvearrowright$$

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 8:

- Determine o momento em cada uma das situações a seguir.

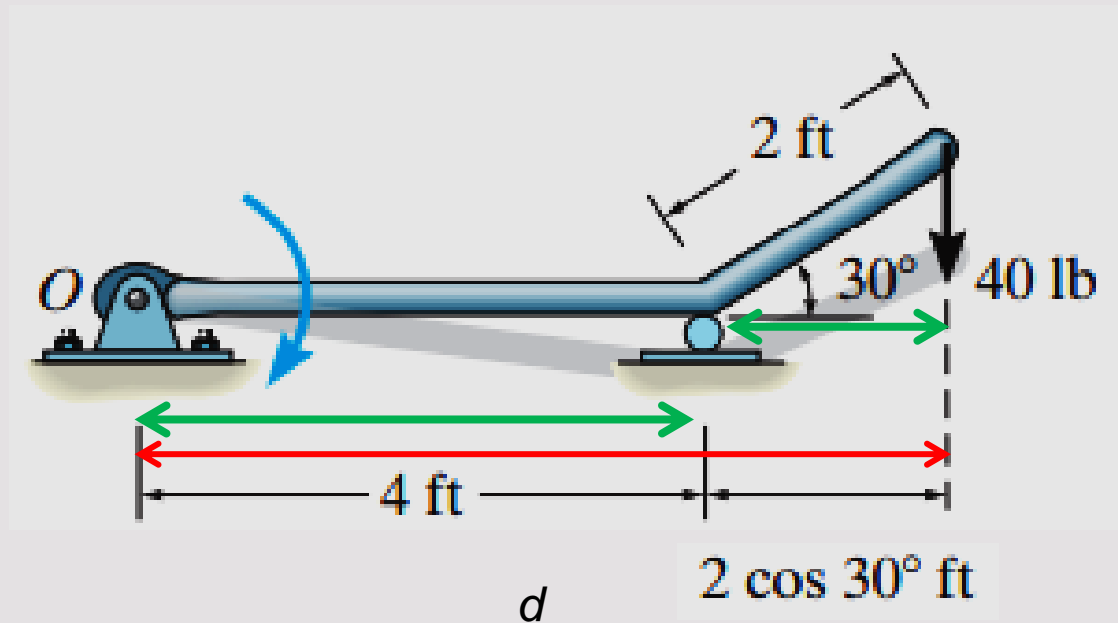


$$M_O = F \cdot d = (7 \text{ kN})(4 \text{ m} - 1 \text{ m}) = 21.0 \text{ kN} \cdot \text{m} \curvearrowleft$$

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 8:

- Determine o momento em cada uma das situações a seguir.

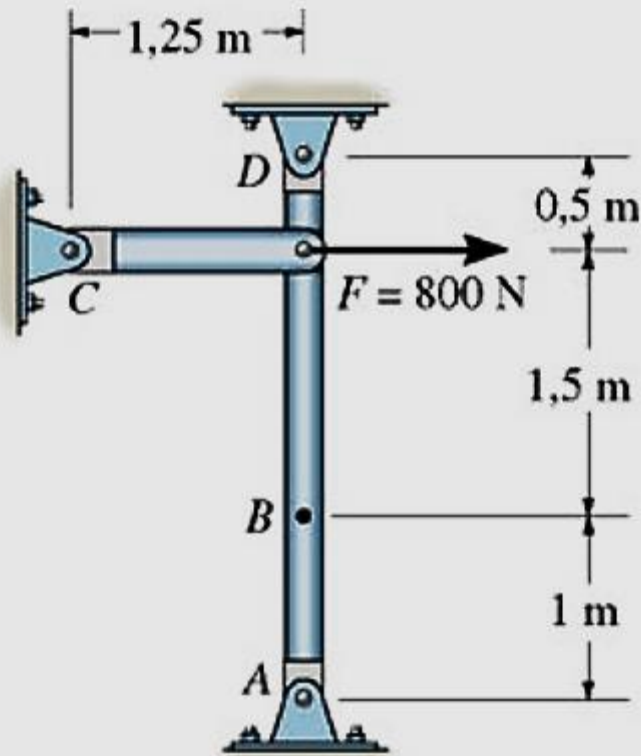


$$M_O = F \cdot d = (40 \text{ lb})(4 \text{ ft} + 2 \cos 30^\circ \text{ ft}) = 229 \text{ lb} \cdot \text{ft} \curvearrowright$$

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 9:

- Determine os momentos da força de 800N em relação aos pontos **A**, **B**, **C** e **D**.



Em relação a **A**:

$$\begin{aligned}M_A &= F \cdot d \\M_A &= 800 \cdot 2,5 \\M_A &= 2000 \text{ Nm} \end{aligned}$$

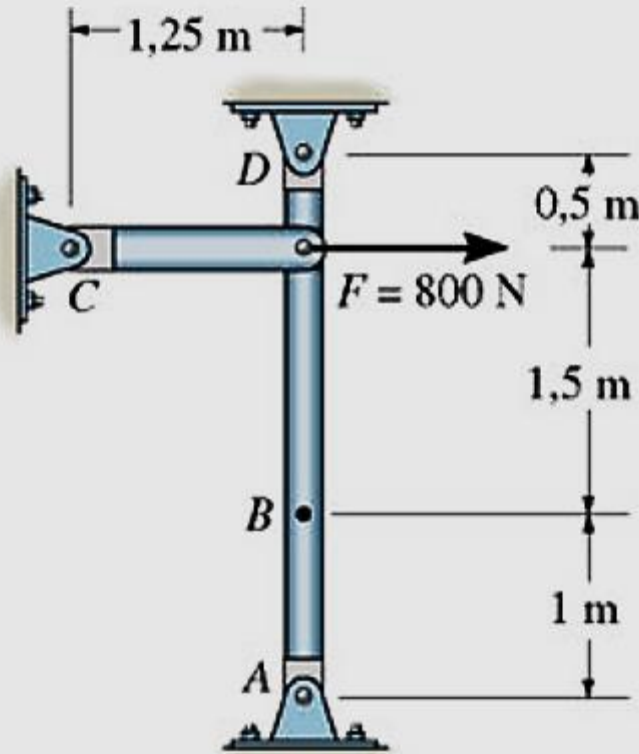
Em relação a **B**:

$$\begin{aligned}M_B &= F \cdot d \\M_B &= 800 \cdot 1,5 \\M_B &= 1200 \text{ Nm} \end{aligned}$$

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 9:

- Determine os momentos da força de 800N em relação aos pontos **A**, **B**, **C** e **D**.



Em relação a **C**:

$$M_C = F \cdot d$$

$$M_C = 800 \cdot 0$$

$$M_C = 0$$

Em relação a **D**:

$$M_D = F \cdot d$$

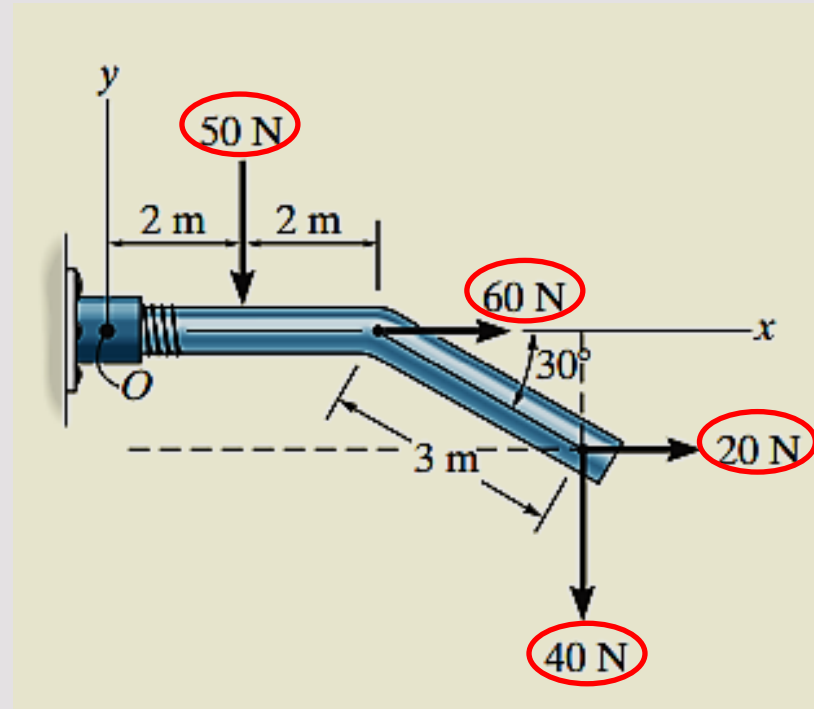
$$M_D = 800 \cdot 0,5$$

$$M_D = 400 \text{ Nm} \curvearrowright$$

## 2.1. FORMULAÇÃO ESCALAR DO MOMENTO DE UMA FORÇA

### Exercício 10:

- Determine o momento resultante das 4 forças atuantes na haste em relação ao ponto O.



$$\zeta + (M_R)_O = \sum Fd$$

$$(M_R)_O = -50 \text{ N}(2 \text{ m}) + 60 \text{ N}(0) + 20 \text{ N}(3 \sin 30^\circ \text{ m}) - 40 \text{ N}(4 \text{ m} + 3 \cos 30^\circ \text{ m})$$

$$(M_R)_O = -334 \text{ N} \cdot \text{m} = 334 \text{ N} \cdot \text{m} \zeta$$



**OBRIGADO PELA ATENÇÃO!**