



**PEF3208 FUNDAMENTOS DE MECÂNICA
DAS ESTRUTURAS**

Escola Politécnica 31/03/2023

Oswaldo Nakao

PEF3208

Aula 1

31 mar

PROF. NAKAO

- ❖ **Planejamento: expectativas, conteúdo, estratégias**
- ❖ **Introdução: Mecânica das Estruturas.**
- ❖ **Objetivos da Resistência dos Materiais.**
- ❖ **Classificação das estruturas, das ações e dos esforços**

PEF3208 FUNDAMENTOS DE MECÂNICA DAS ESTRUTURAS

Objetivos para os alunos :

- ❖ Aquisição de conhecimentos básicos de Mecânica das Estruturas para dialogar com engenheiros de outras habilitações, apresentando-se os conceitos de esforços solicitantes, tensões, deformações e deslocamentos através de exemplos qualitativos.**
- ❖ Desenvolvimento das habilidades de identificação de problemas no cotidiano da Engenharia Elétrica, de trabalho em equipe e de comunicação.**
- ❖ Valorização da postura ética, das atitudes responsáveis e reconhecimento da importância da Resistência dos Materiais na formação geral do engenheiro**

Material de apoio:

- Apostilas

- Site na internet:

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=106390>

objetivos, programa, cronograma de atividades, critério de avaliação, bibliografia

- Divisão de turmas, professores, aluno-monitor



PEF3208 - Fundamentos de Mecânica das Estruturas (2023)

[Início](#) / [Meus Ambientes](#) / [2023](#) / [EP](#) / [PEF](#) / [PEF3208-2023](#)

PEF3208 - Fundamentos de Mecânica das Estruturas - Apresentação da Disciplina

PEF3208 é uma disciplina de 2 créditos do curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP.



Avisos

Oculto para estudantes

Turma 1 **Prof. Guilherme Franzini** gfranzini@usp.br (Terças das 9h20 às 11h00) sala D1-4

Turma 2 **Prof. Daniel Miranda** danielmiranda@usp.br (Quintas das 7h30 às 9h10) sala D1-4

Turma 3 **Prof. Osvaldo S. Nakao** nakao@usp.br (Sextas das 7h30 às 9h10) sala D1-4

Turma 4 **Prof. Osvaldo S. Nakao** nakao@usp.br (Sextas das 9h20 às 11h00) sala D1-4



PEF3208/2308 EMENTA Júpiter



ORIENTAÇÃO PARA O TRABALHO T



Apresentação da disciplina



2023 PLANEJAMENTO AULA A AULA

MONITORIA

Monitor: Guilherme Lodi Gomes

Contato: gui.lodi@usp.br

PEF-3208 Fundamentos de Mecânica das Estruturas

Planejamento inicial aula a aula – 1º Semestre – 2023 (sujeito a modificações)

Terças-feiras, turma 1 das 9h20 às 11h00 - Prof. Guilherme Franzini gfranzini@usp.br

Quintas-feiras, turma 2 das 7h30 às 9h10 - Prof. Daniel Miranda danielmiranda@usp.br

Sextas-feiras, turma 3 das 7h30 às 9h10 - Prof. Osvaldo Nakao nakao@usp.br

Sextas-feiras, turma 4 das 9h20 às 11h00 - Prof. Osvaldo Nakao nakao@usp.br

Sala: D1-4 (Elétrica)

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=106390>

AULA	C o n t e ú d o	Estudo	Exercício	Projeto / Trabalho	Extra Aula	Dia da Aula
1	Planejamento: expectativas, conteúdo, estratégias. Introdução: Mecânica das Estruturas. Objetivos da Resistência dos Materiais. Classificação das estruturas, das ações e dos esforços.			0,5h	0,5h	21/3, 23/3, 24/3
2	Esforços reativos e solicitantes. Linhas de estado em vigas retas.	0,5h	0,5h	0,5h	1,5h	28/3, 30/3, 31/3
3	Linhas de estado em vigas inclinadas e curvas.	0,5h	0,5h	0,5h	1,5h	11/4, 13/4, 14/4
4	Linhas de estado em vigas poligonais planas.	0,5h	0,5h	0,5h	1,5h	18/4, 20/4, 28/4
5	Linhas de estado de vigas poligonais espaciais. Apresentação do programa Ftool. Entrega da proposta de T.	0,5h	0,5h	0,5h	1,5h	25/4, 27/4; 5/5
6	Treliças Planas isostáticas. Cálculo de treliças pelo equilíbrio de nós e pelo método das seções.	1h	1h		2h	2 e 9/5, 4/5, 12/5
	Prova P1 (Anf Am: t1 e t2; Anf Ver t3 e t4)					17/5 - 15h40

Critério de avaliação de aprendizagem:

Provas analítico-expositivas com questões fechadas, trabalho em equipe e auto-avaliação.

P1 e P2 são as notas das provas e T é a nota do trabalho em grupo.

Se $(P1 + P2)$ for maior ou igual a 8 então
 $A = (P1 + P2 + T)/3$.

Se $(P1 + P2)$ for menor que 8, então $T = 0$ e
 $A = (P1 + P2)/2$.

Se A for maior ou igual a 5 com uma frequência superior a 70%, então está aprovado. Todas as notas variam de 0 a 10.

❖ OBJETIVOS DA MECÂNICA DAS ESTRUTURAS

**ESTUDAR AS LEIS E OS COMPORTAMENTOS
DAS ESTRUTURAS PARA FAZER UM PROJETO
SEGURO E ECONÔMICO**



Museu do Amanhã, Rio de Janeiro, RJ



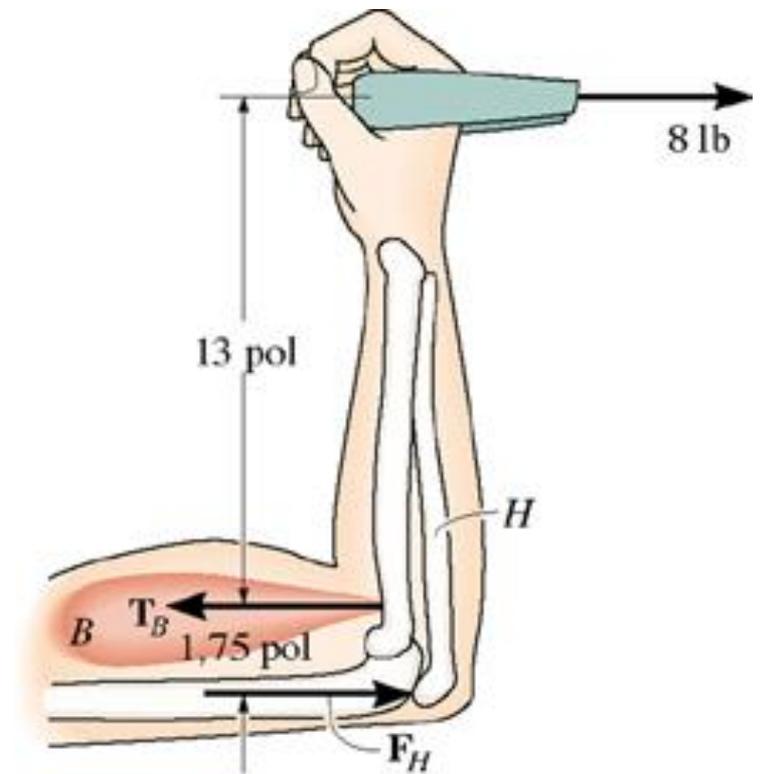
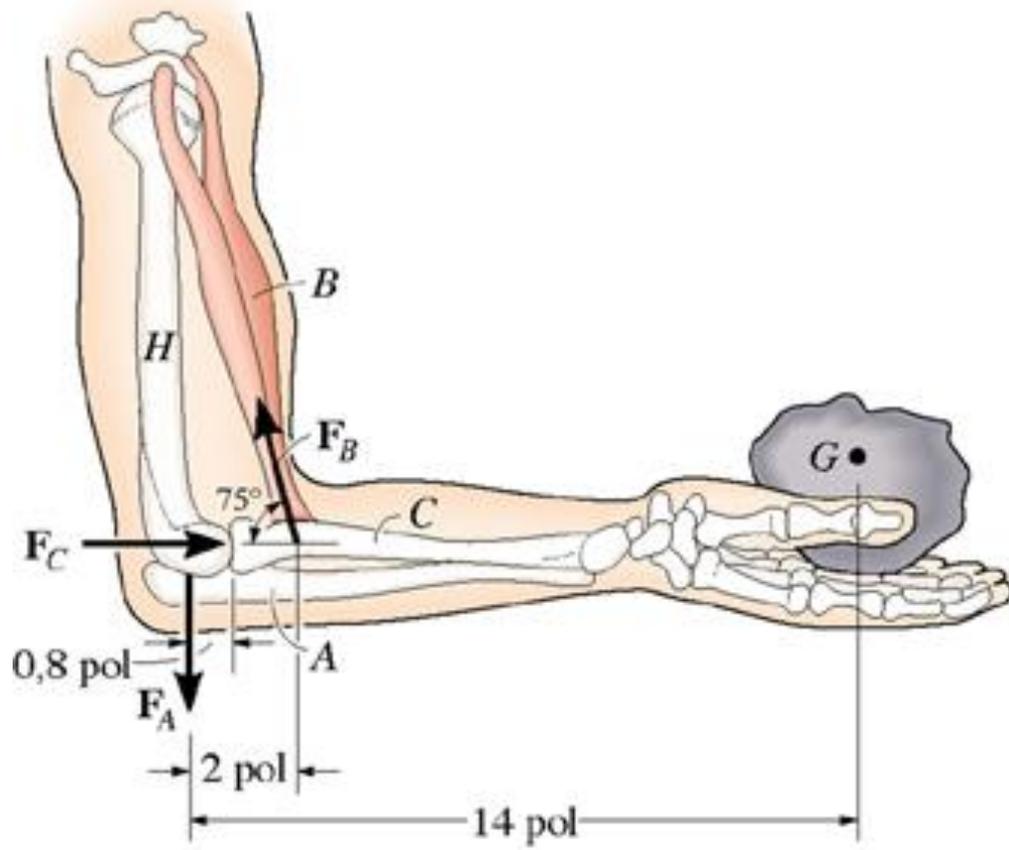
Ponte JK, Brasília, DF



ESTRUTURA REAL



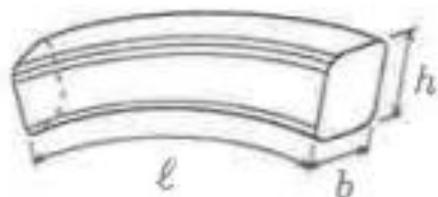
MODELO FÍSICO



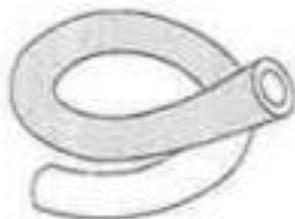
ESTRUTURAS, AÇÕES E ESFORÇOS

Classificação dos elementos estruturais quanto à geometria

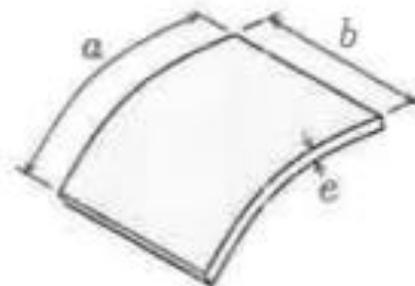
(a) Barra



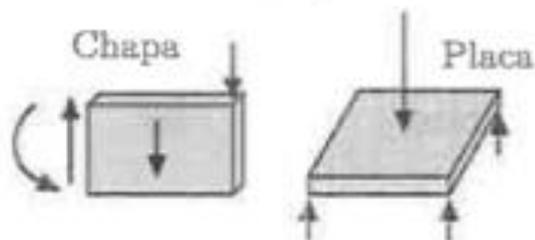
$$b, h \ll l$$



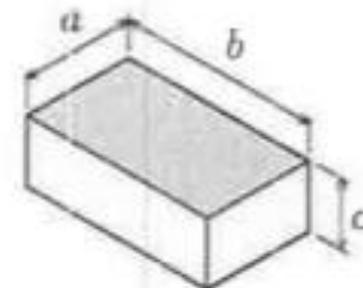
(b) Folha



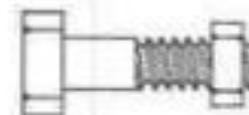
$$e \ll a, b$$



(c) Bloco

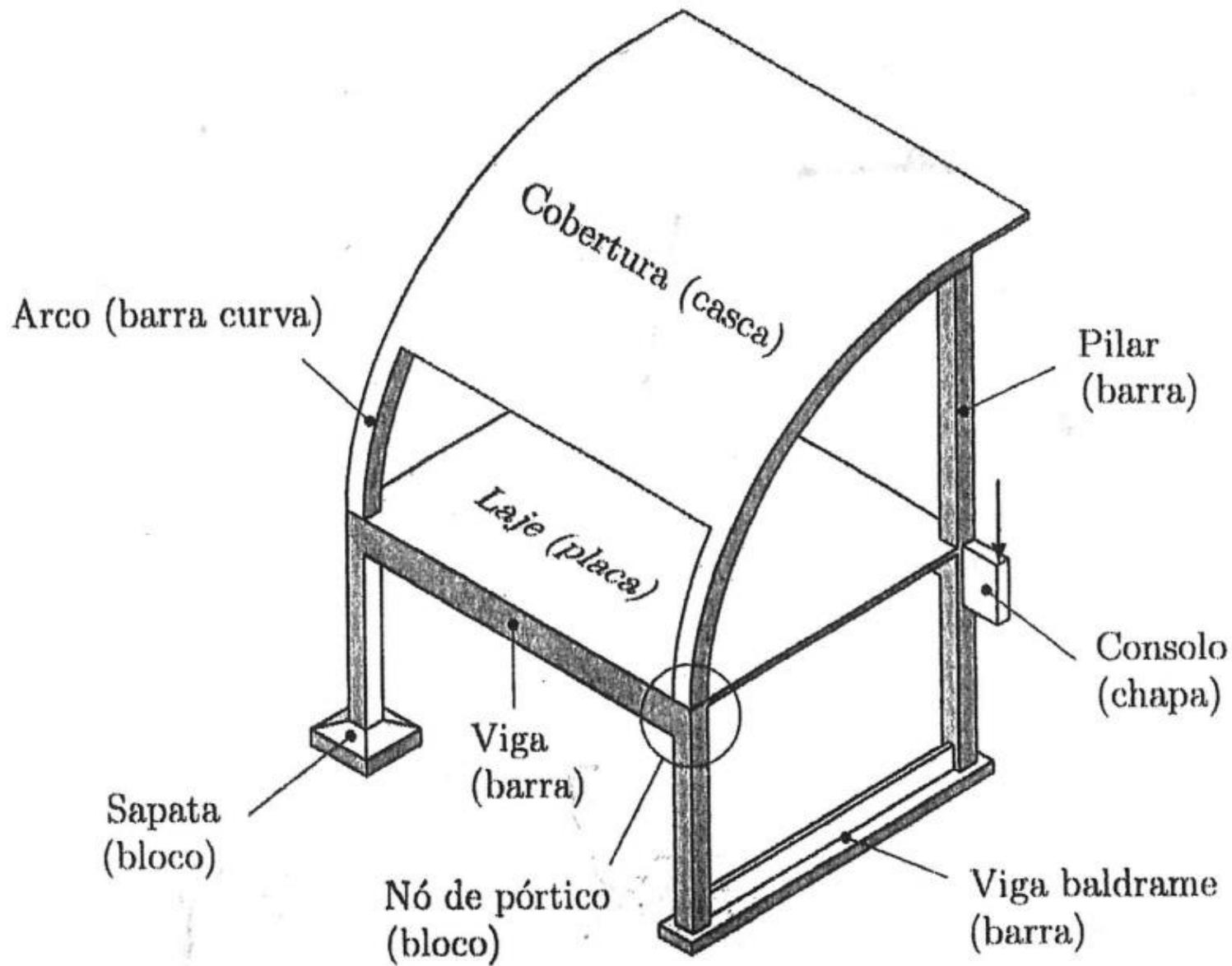


$$a \approx b \approx c$$

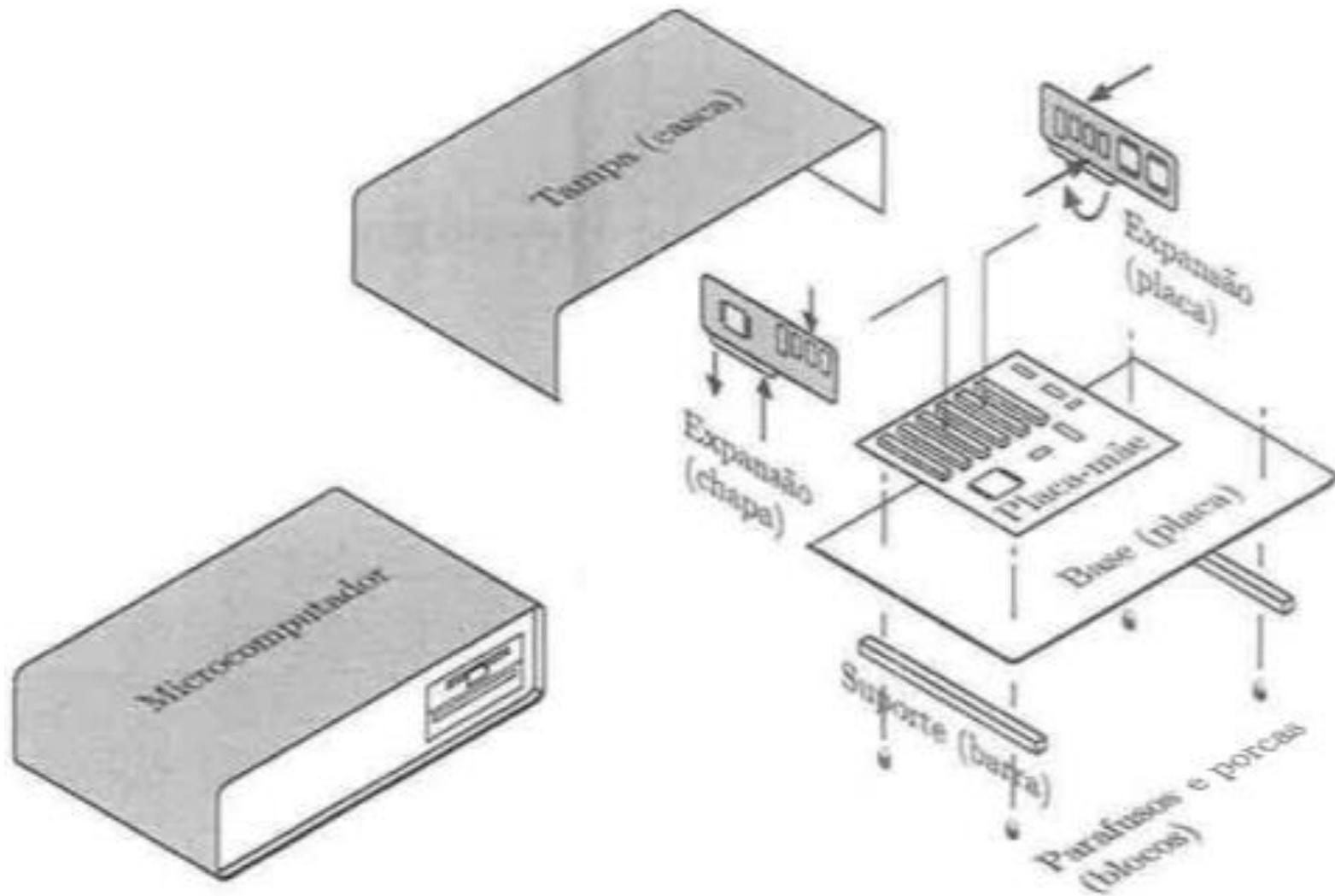


CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS QUANTO À GEOMETRIA

- 1. BARRAS: UMA DAS DIMENSÕES É MUITO MAIOR QUE AS OUTRAS DUAS. (cabo, tirante, viga, arco, pilar, baldrame)**
- 2. FOLHAS: UMA DAS DIMENSÕES É MUITO MENOR QUE AS OUTRAS DUAS. (casca, placa, chapa)**
 - chapa: superfície média é um plano no qual atuam os esforços**
 - placa: superfície média é um plano e existem esforços perpendiculares a esse plano**
 - casca: superfície média não é um plano**
- 3. BLOCOS: AS TRÊS DIMENSÕES SÃO DE MESMA ORDEM DE GRANDEZA. (parafuso, porca, bloco de fundação, nó de pórtico)**



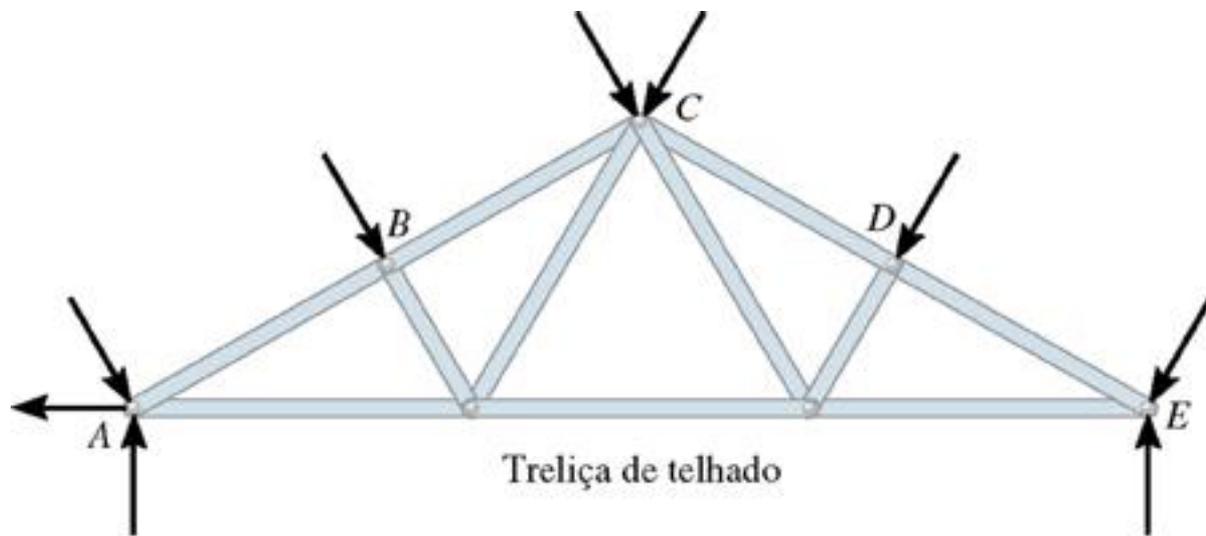
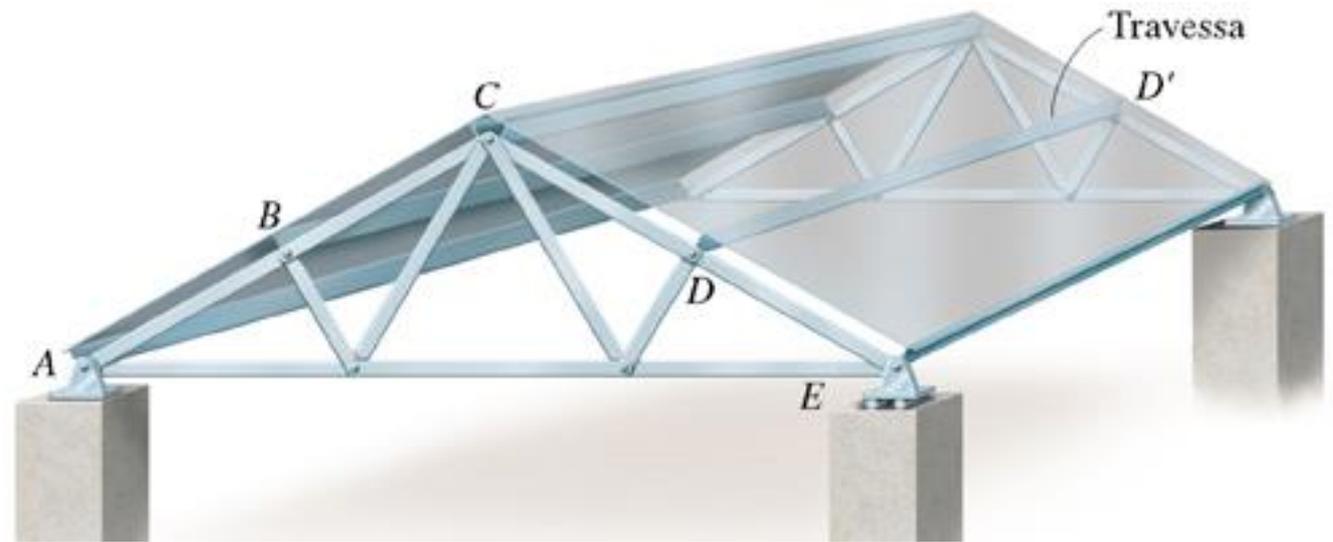
ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE UM MICROCOMPUTADOR



CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS QUANTO À GEOMETRIA

- 1. PLANAS: OS ELEMENTOS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA E OS ESFORÇOS QUE NELA ATUAM SE SITUAM EM UM MESMO PLANO.**

- 2. ESPACIAIS: NÃO EXISTE UM PLANO QUE PASSE PELOS ELEMENTOS DA ESTRUTURA E PELOS ESFORÇOS QUE NELA ATUAM.**



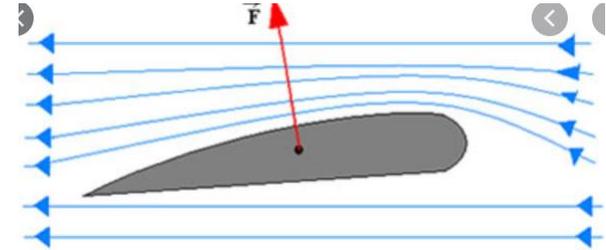


AÇÕES

❖ TUDO QUE PRODUZ ESFORÇOS E DEFORMAÇÕES NAS ESTRUTURAS

❖ SÃO AÇÕES:

- ✓ CARGAS
- ✓ DESLOCAMENTOS DOS APOIOS – recalques
- ✓ VARIAÇÕES DE TEMPERATURA

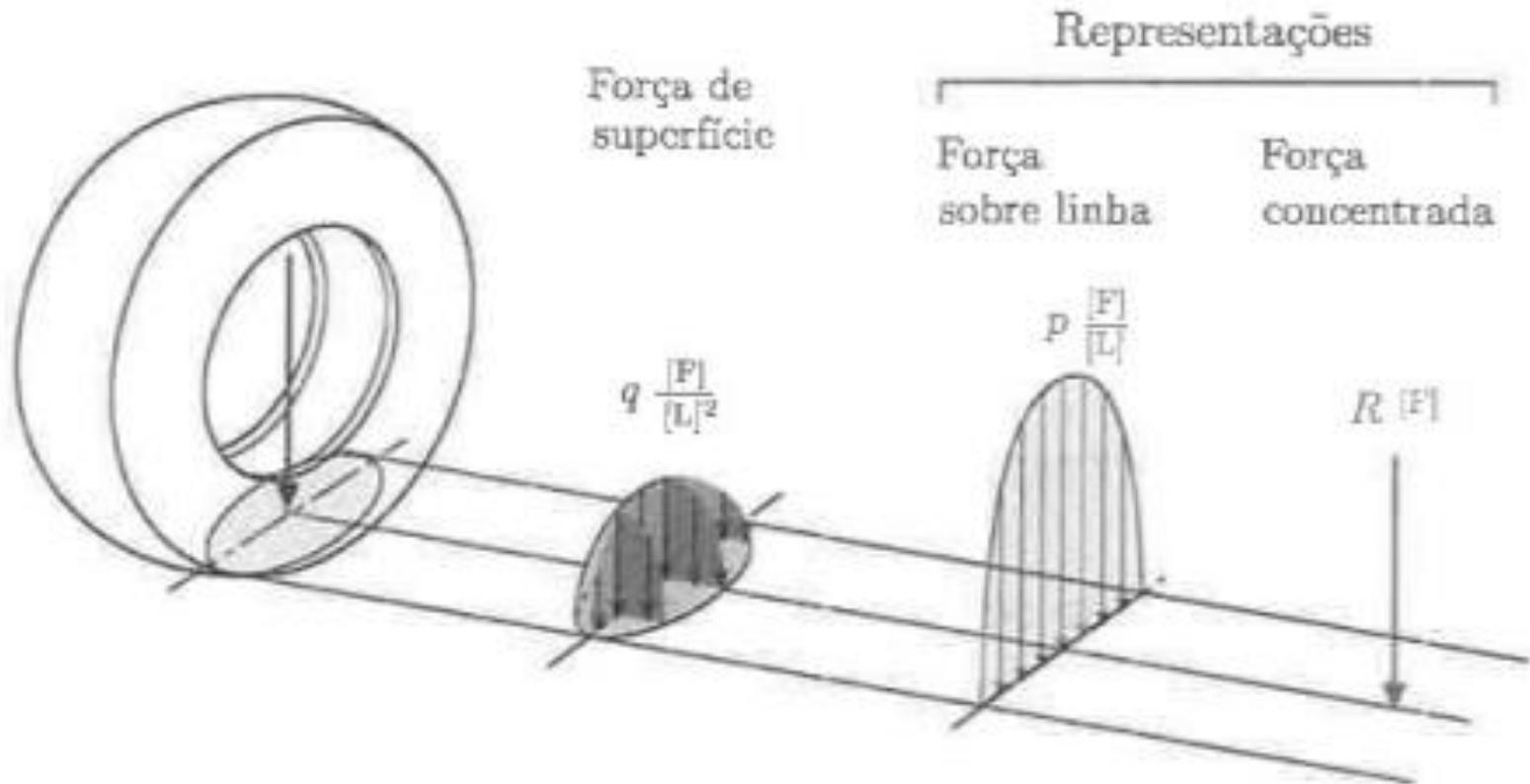


AÇÕES

- ❖ **ESFORÇOS EXTERNOS ATIVOS (CARGAS):**
 - PESO DOS OBJETOS E PESSOAS QUE OCUPAM UMA SALA**
 - PESO DE UM TREM QUE PASSA POR UMA PONTE**
 - PRESSÃO DO VENTO SOBRE UM TELHADO**
 - PRESSÃO DO REFRIGERANTE GASOSO NO RECIPIENTE**
 - EFEITO DE UM CAMPO MAGNÉTICO**
 - PESO PRÓPRIO DA ESTRUTURA**
- ❖ **ESFORÇOS EXTERNOS REATIVOS (CARGAS):**
 - INTRODUZIDOS PELOS APOIOS**
- ❖ **DESLOCAMENTOS DOS APOIOS - recalques**
- ❖ **VARIAÇÕES DE TEMPERATURA**

TIPOS DE FORÇAS

- ❖ FORÇAS DISTRIBUÍDAS DE SUPERFÍCIE
- ❖ FORÇAS DISTRIBUÍDAS DE VOLUME
- ❖ FORÇA DISTRIBUÍDA POR COMPRIMENTO
- ❖ FORÇA CONCENTRADA



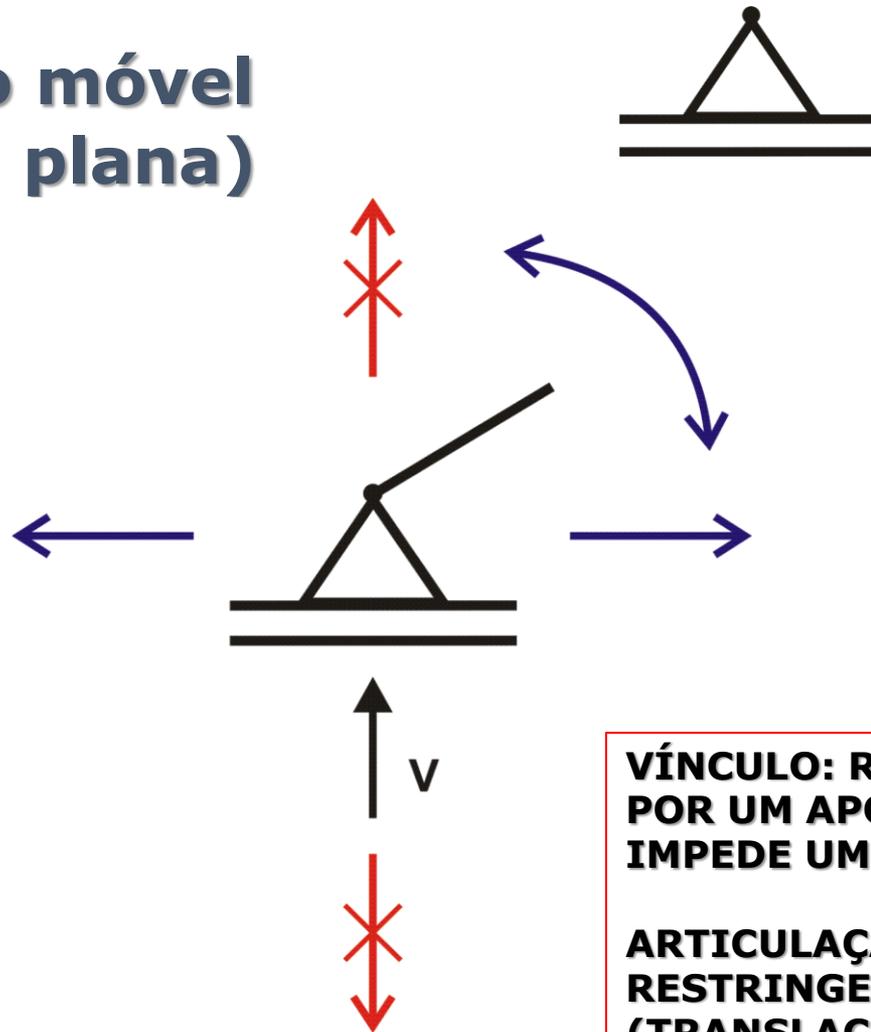
ESTÁTICA

APOIOS

Como as estruturas se apoiam?

APOIOS DE ESTRUTURAS

- Articulação móvel (estrutura plana)



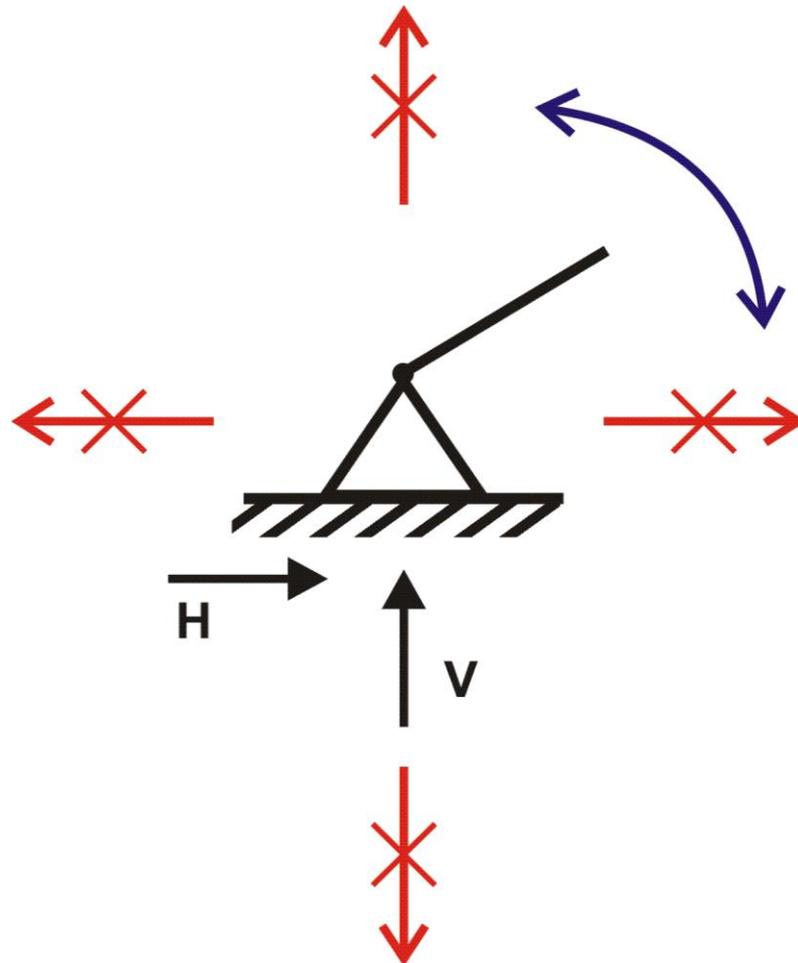
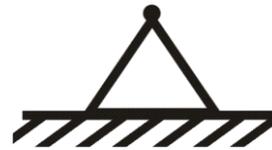
VÍNCULO: RESTRIÇÃO IMPOSTA POR UM APOIO. CADA VÍNCULO IMPEDE UM DESLOCAMENTO.

ARTICULAÇÃO MÓVEL RESTRINGE UM MOVIMENTO (TRANSLAÇÃO VERTICAL), PORTANTO INTRODUZ UM VÍNCULO.



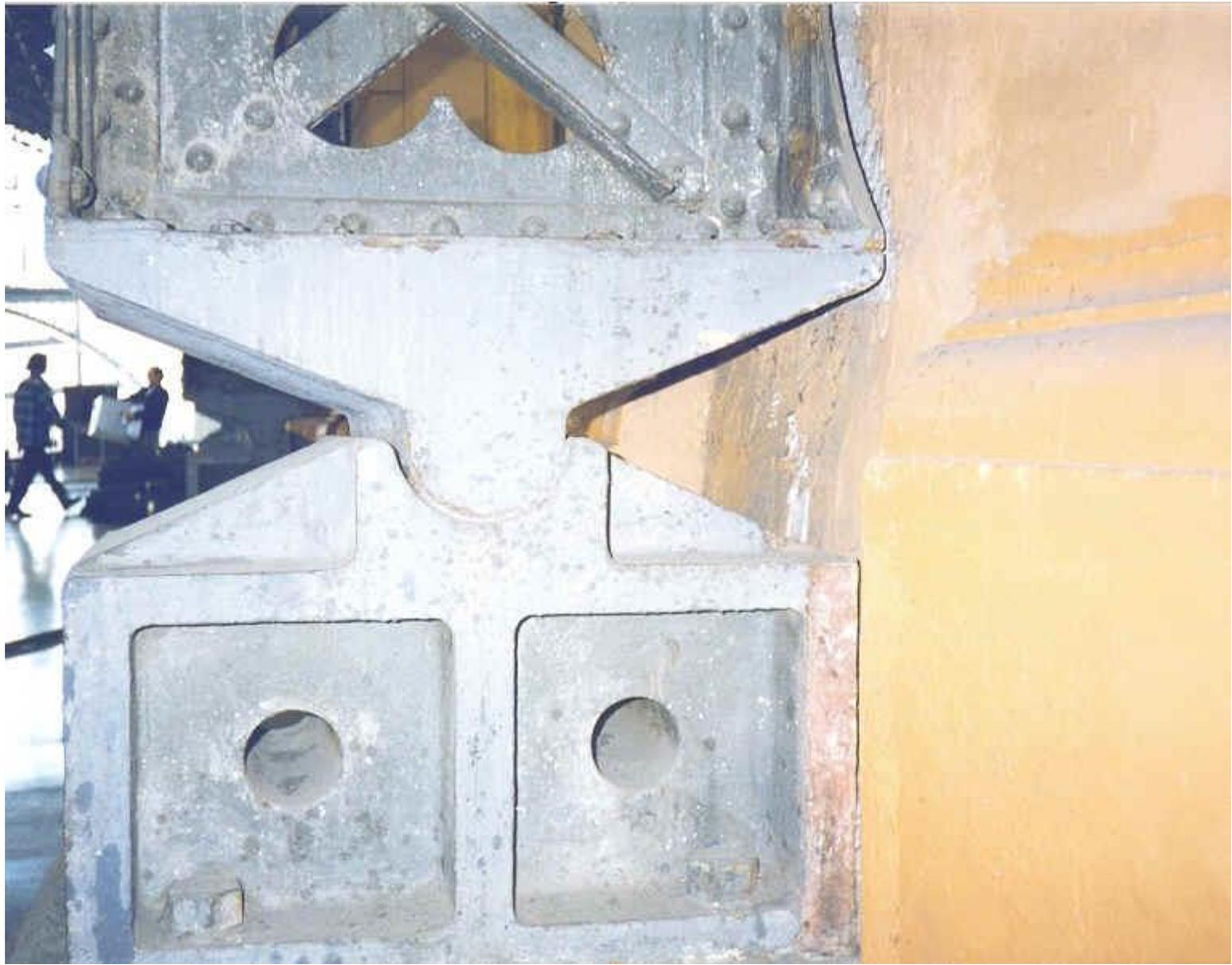


- **Articulação fixa
(estrutura plana)**

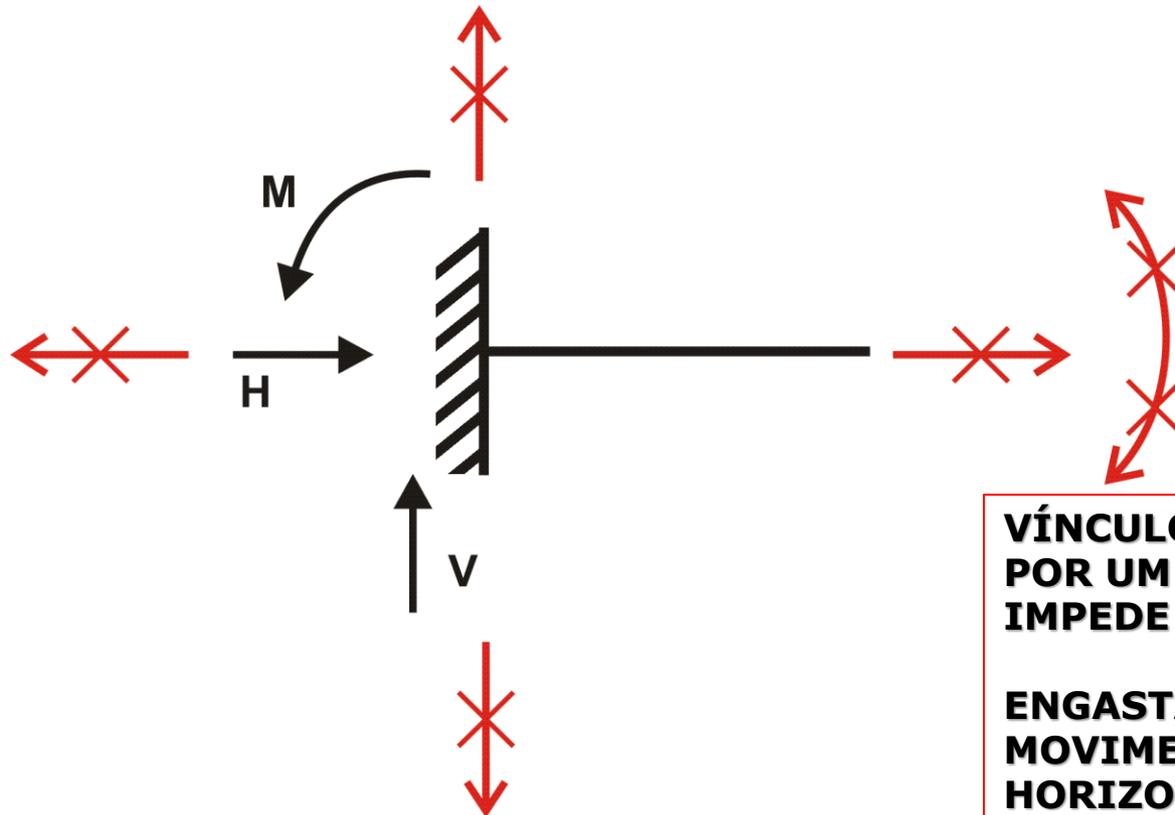
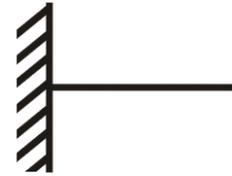


VÍNCULO: RESTRIÇÃO IMPOSTA POR UM APOIO. CADA VÍNCULO IMPEDE UM DESLOCAMENTO.

ARTICULAÇÃO FIXA RESTRINGE DOIS MOVIMENTOS (TRANSLAÇÃO HORIZONTAL E TRANSLAÇÃO VERTICAL), PORTANTO INTRODUZ DOIS VÍNCULOS.



- Engastamento (estrutura plana)



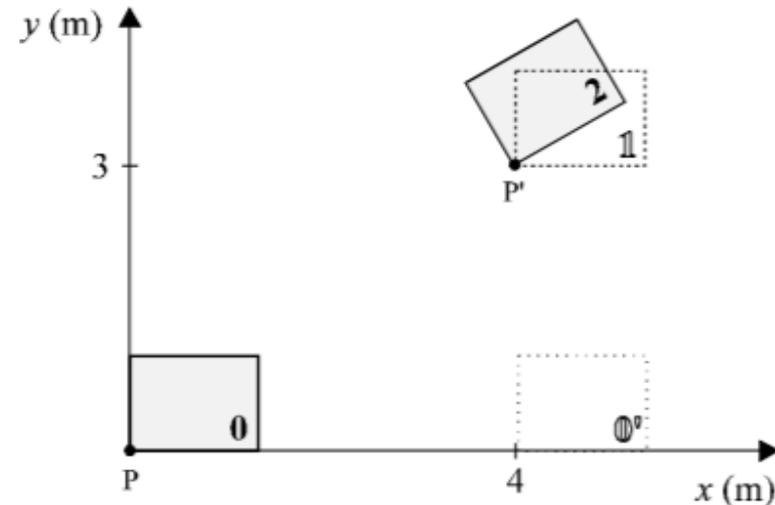
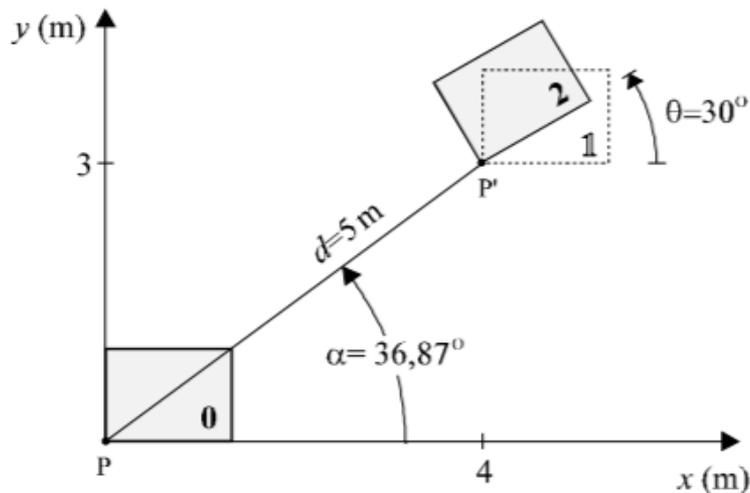
VÍNCULO: RESTRIÇÃO IMPOSTA POR UM APOIO. CADA VÍNCULO IMPEDE UM DESLOCAMENTO.

ENGASTAMENTO RESTRINGE TRÊS MOVIMENTOS (TRANSLAÇÃO HORIZONTAL, TRANSLAÇÃO VERTICAL E ROTAÇÃO), PORTANTO INTRODUZ TRÊS VÍNCULOS.



MOVIMENTO DE UM SISTEMA MATERIAL PLANO:

É SEMPRE UMA COMBINAÇÃO DE UMA TRANSLAÇÃO COM UMA ROTAÇÃO



POSIÇÃO 0 PARA POSIÇÃO 2 = POSIÇÃO 0 PARA POSIÇÃO 1, DA POSIÇÃO 1 PARA POSIÇÃO 2

UM SISTEMA MATERIAL PLANO POSSUI TRÊS GRAUS DE LIBERDADE (TRÊS TIPOS INDEPENDENTES DE MOVIMENTO)

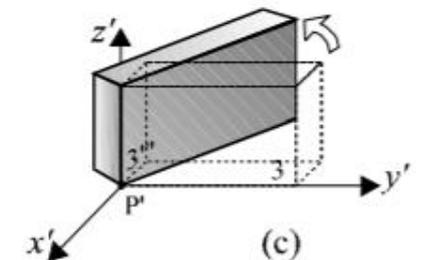
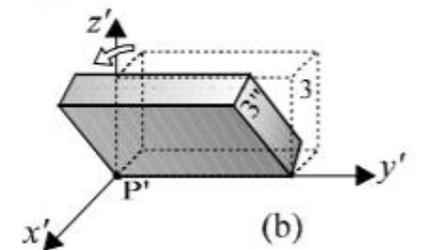
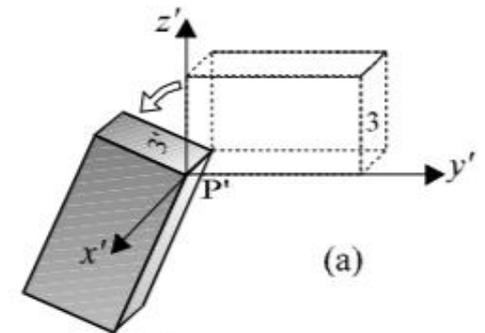
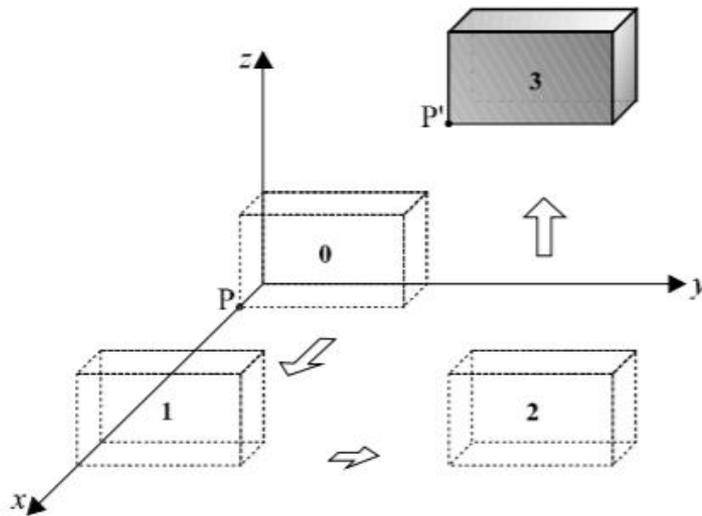
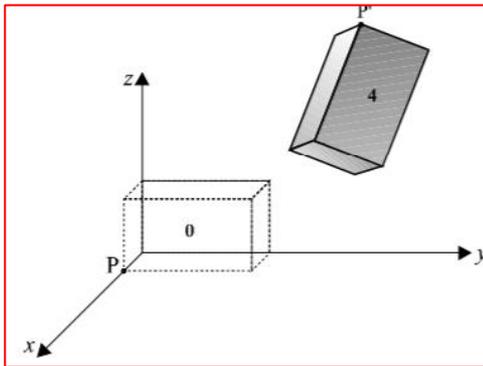
ESTRUTURA HIPOSTÁTICA: PODE APRESENTAR MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO

ESTRUTURA ISOSTÁTICA: NÃO APRESENTA MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO E SE SUPRIMIR ALGUM VÍNCULO PODE APRESENTAR MOVIMENTO

ESTRUTURA HIPERESTÁTICA: NÃO APRESENTA MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO E PODE SER SUPRIMIDO ALGUM VÍNCULO SEM APRESENTAR MOVIMENTO

MOVIMENTO DE UM SISTEMA MATERIAL ESPACIAL:

É SEMPRE UMA COMBINAÇÃO TRÊS TRANSLAÇÕES COM TRÊS ROTAÇÕES



Projeto, construção:

1) Arquitetura define os espaços

**2) Estrutura para que o espaço exista:
dimensões, materiais,**

3) Memória de cálculo: documento

4) Segurança: 10^{-6} ; 10^{-7}

5) TRABALHA-SE COM MODELOS:

Ciência para resolver problemas práticos

**Comportamento (funcionamento da
estrutura)**

Deformações (como?, medidas)

Não se medem esforços

Resultados aproximados

**6) A melhor maneira de estudar é por meio de
como se deforma**

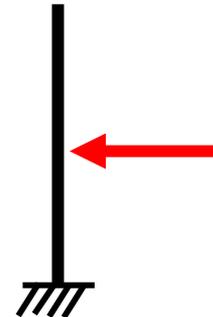
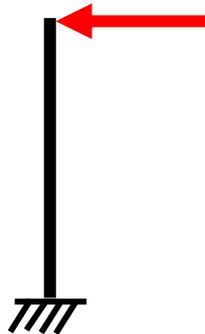
OBJETIVO: DESENVOLVER A INTUIÇÃO

COMO A ESTRUTURA VAI SE DEFORMAR? POR ONDE AS FORÇAS VÃO CAMINHAR?

- ✓ **A ESTRUTURA PERMITE QUE OS ESFORÇOS APLICADOS EM UM CERTO PONTO CAMINHEM E CHEGUEM A OUTRO PONTO.**
- ✓ **A CARGA (esforço aplicado) SEMPRE VAI PARA O APOIO.**
- ✓ **HÁ DEFORMAÇÃO POR ONDE HÁ O CAMINHAMENTO DOS ESFORÇOS.**
- ✓ **TUDO MATERIAL É DEFORMÁVEL DESDE QUE HAJA PASSAGEM DE ESFORÇOS.**

DEFORMADA: FORMA QUE A ESTRUTURA ADQUIRE, APÓS A APLICAÇÃO DOS ESFORÇOS EXTERNOS, APÓS A DEFORMAÇÃO

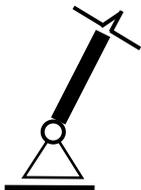
ESBOÇAR AS DEFORMADAS



engastamento



articulação fixa



articulação móvel



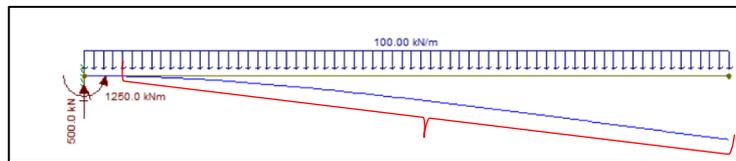
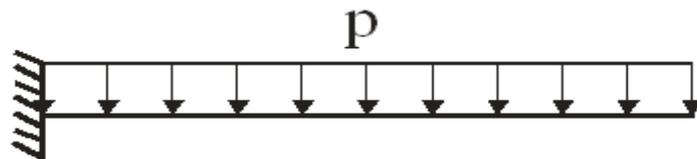
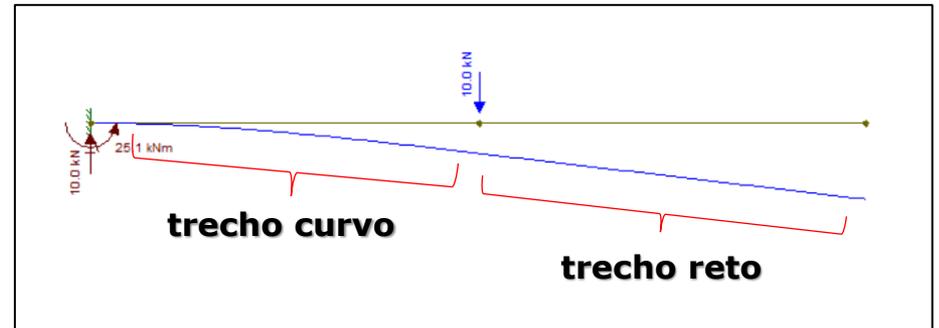
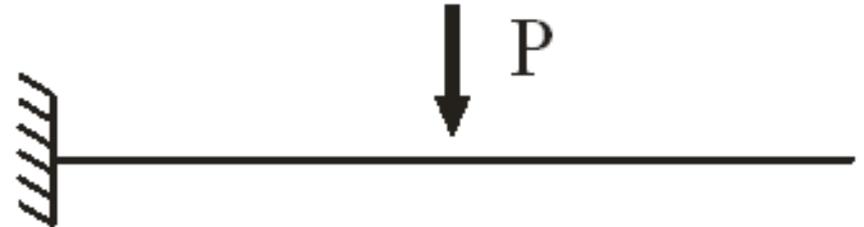
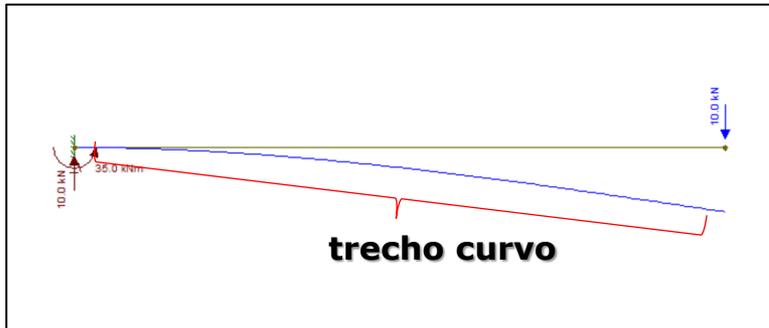
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
PEF – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica
Laboratório Didático de Resistência dos Materiais
Copyright© 2021. Todos os direitos reservados.

Patrocínio
amigos
da poli 

ESBOÇAR AS DEFORMADAS

VIGA EM BALANÇO

engastamento

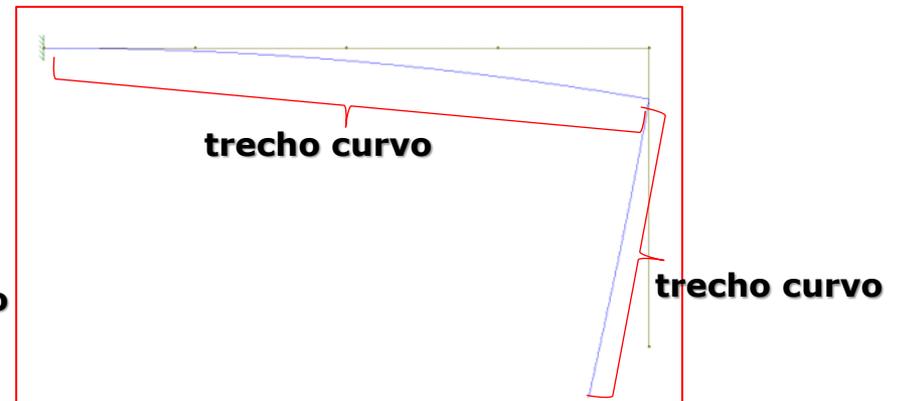
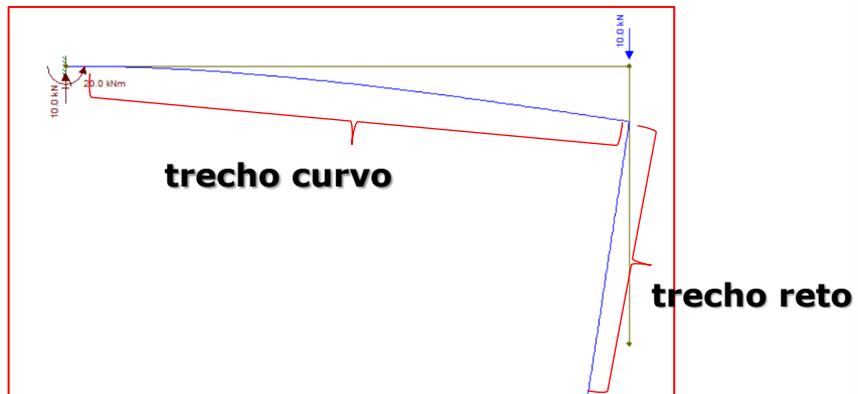


trecho curvo

ESBOÇAR AS DEFORMADAS

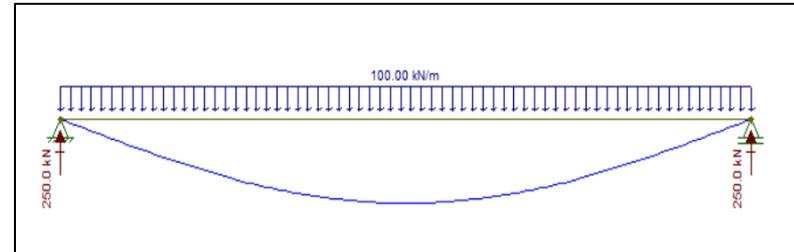
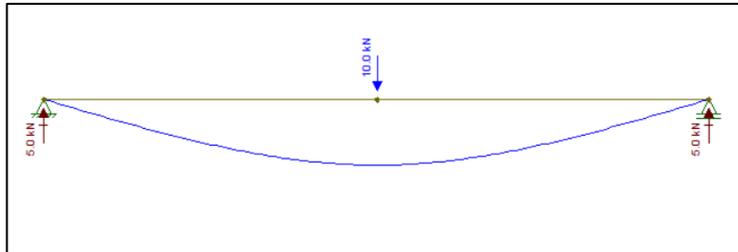
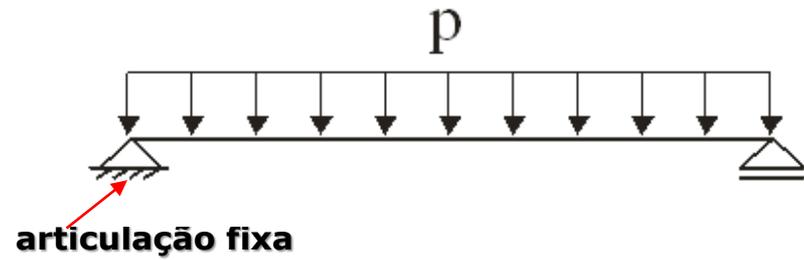
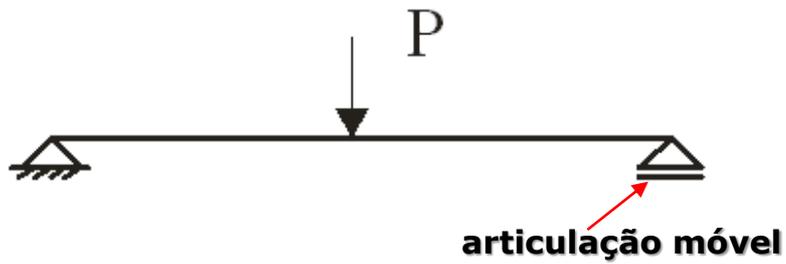
VIGA EM BALANÇO

engastamento



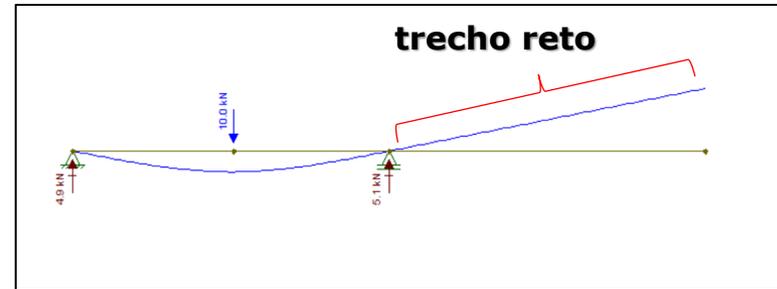
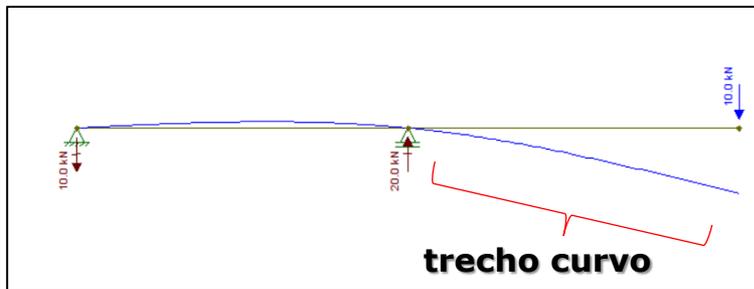
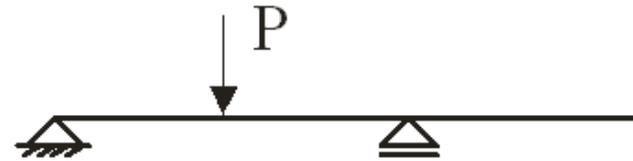
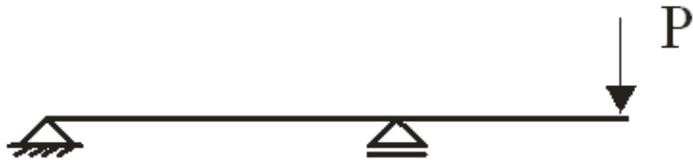
ESBOÇAR AS DEFORMADAS

VIGA SIMPLEMENTE APOIADA



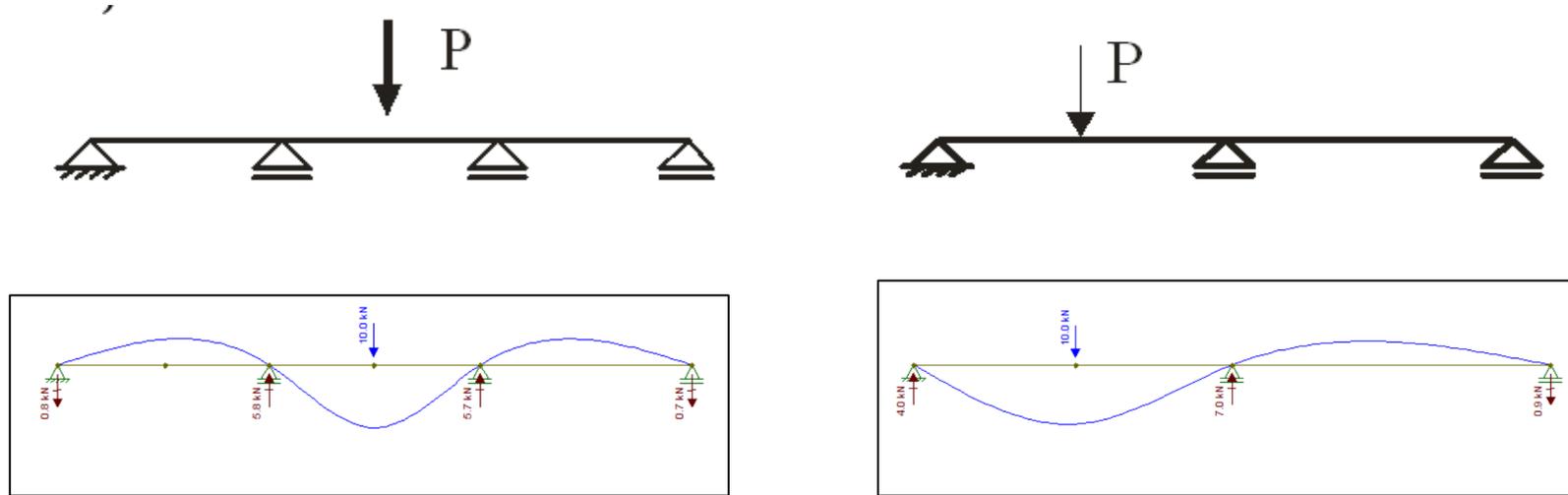
ESBOÇAR AS DEFORMADAS

VIGA SIMPLEMENTE APOIADA COM BALANÇO



ESBOÇAR AS DEFORMADAS

VIGAS HIPERESTÁTICAS COM UMA ARTICULAÇÃO FIXA E MAIS DE UMA ARTICULAÇÃO MÓVEL



VIGA HIPOSTÁTICA: PODE APRESENTAR MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO

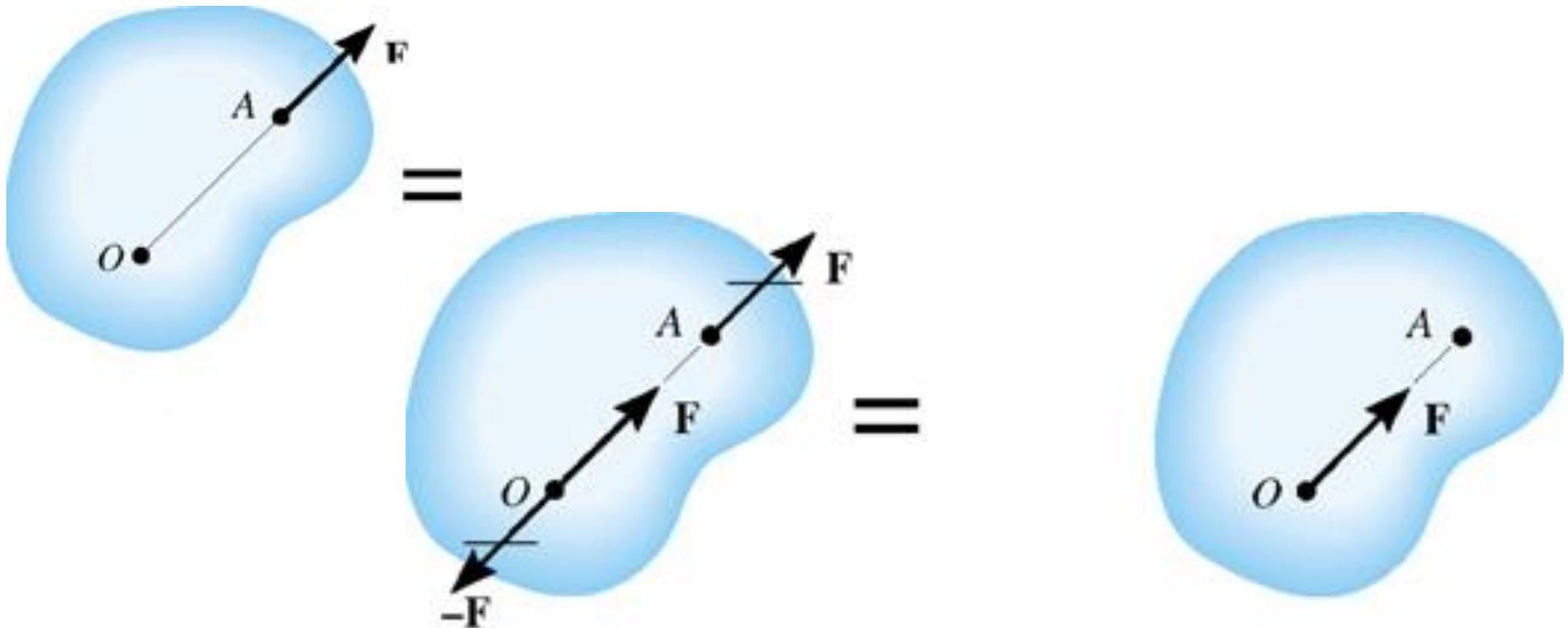
VIGA ISOSTÁTICA: NÃO APRESENTA MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO E SE SUPRIMIR ALGUM VÍNCULO PODE APRESENTAR MOVIMENTO

VIGA HIPERESTÁTICA: NÃO APRESENTA MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO E PODE SER SUPRIMIDO ALGUM VÍNCULO SEM APRESENTAR MOVIMENTO

ESTÁTICA

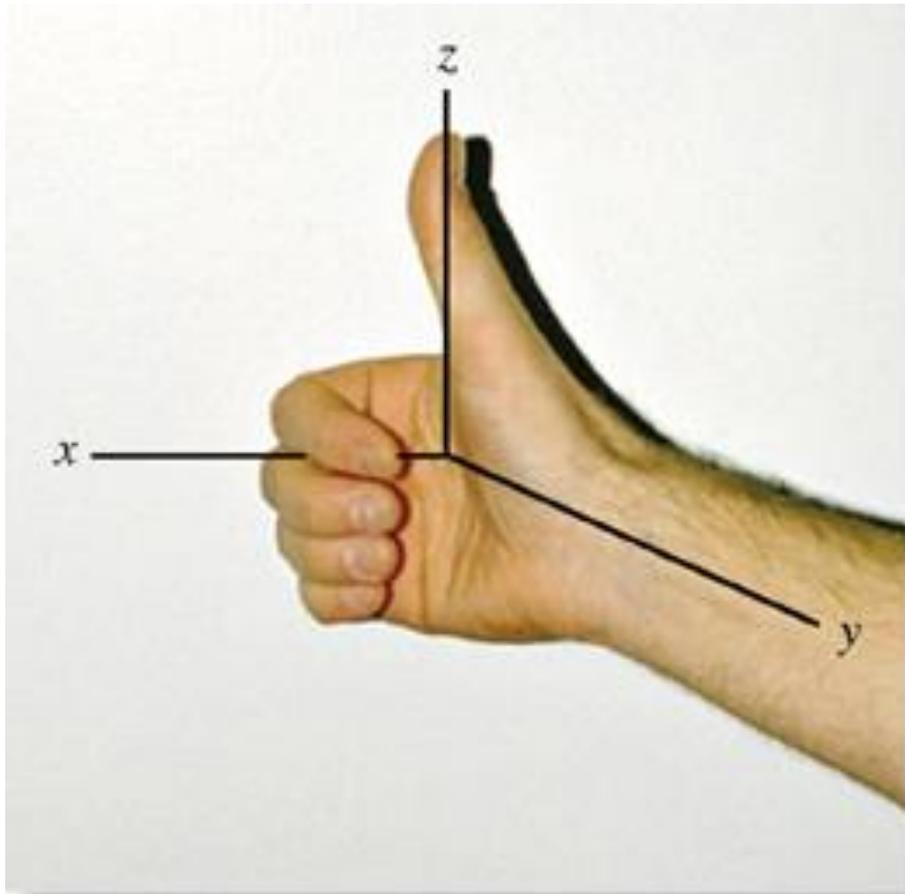
FORÇA

Linha de ação de uma força aplicada em um ponto P é a reta que passa por P e é paralela à força

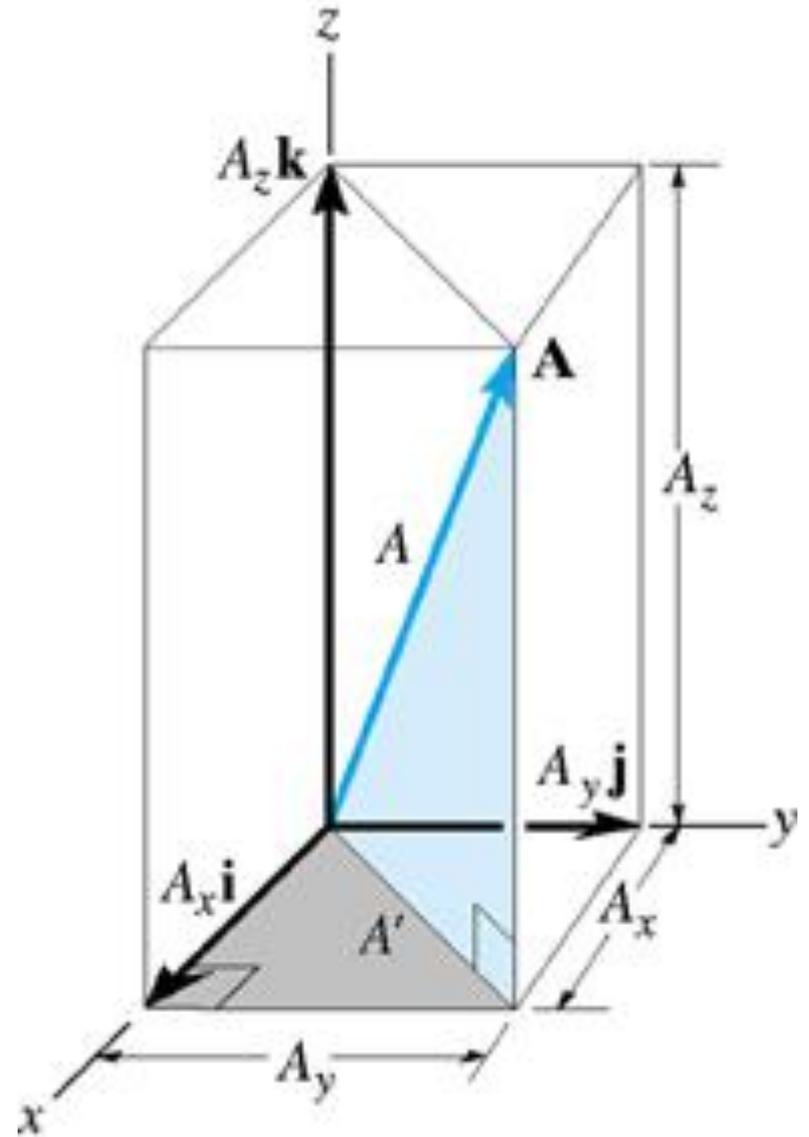


ESTÁTICA

FORÇA



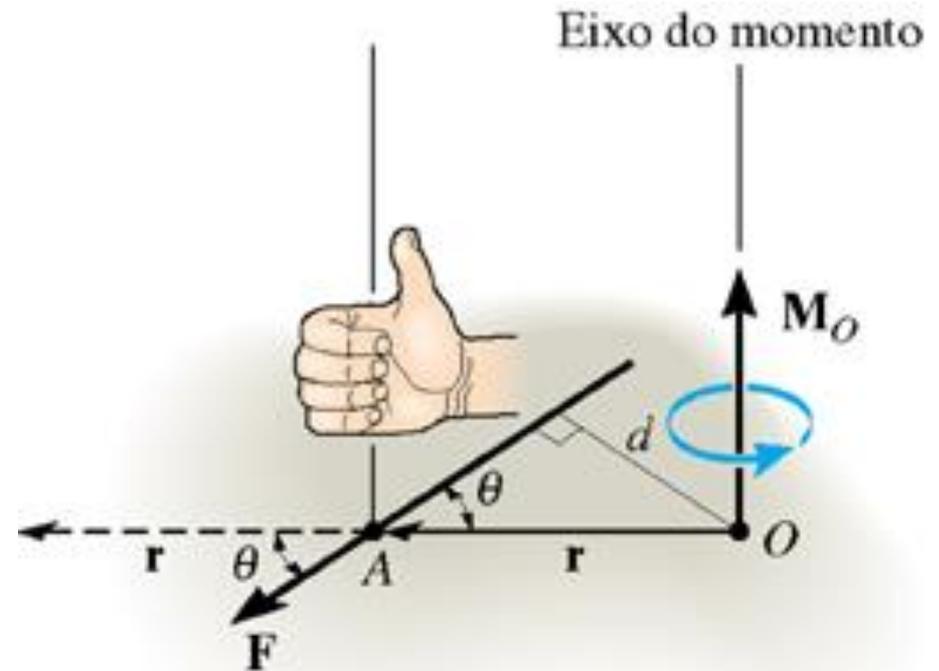
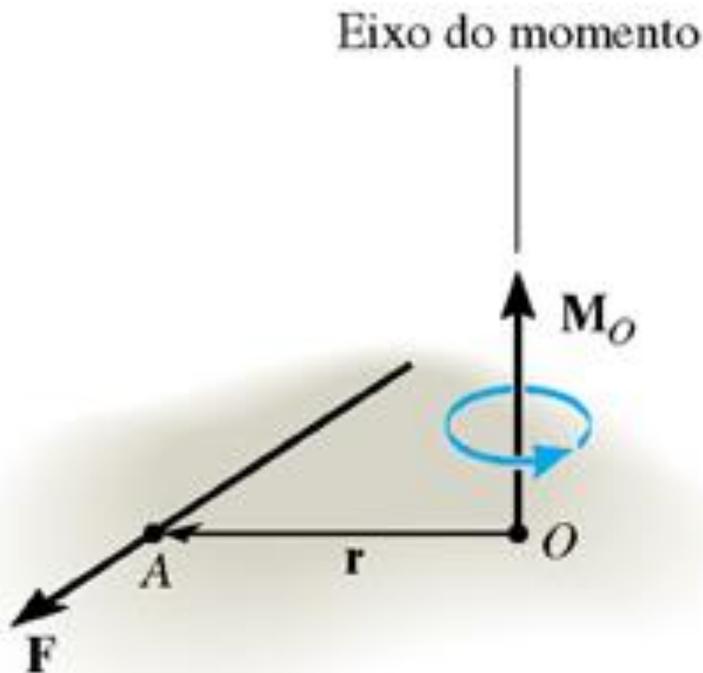
Sistema de coordenadas da mão direita



ESTÁTICA

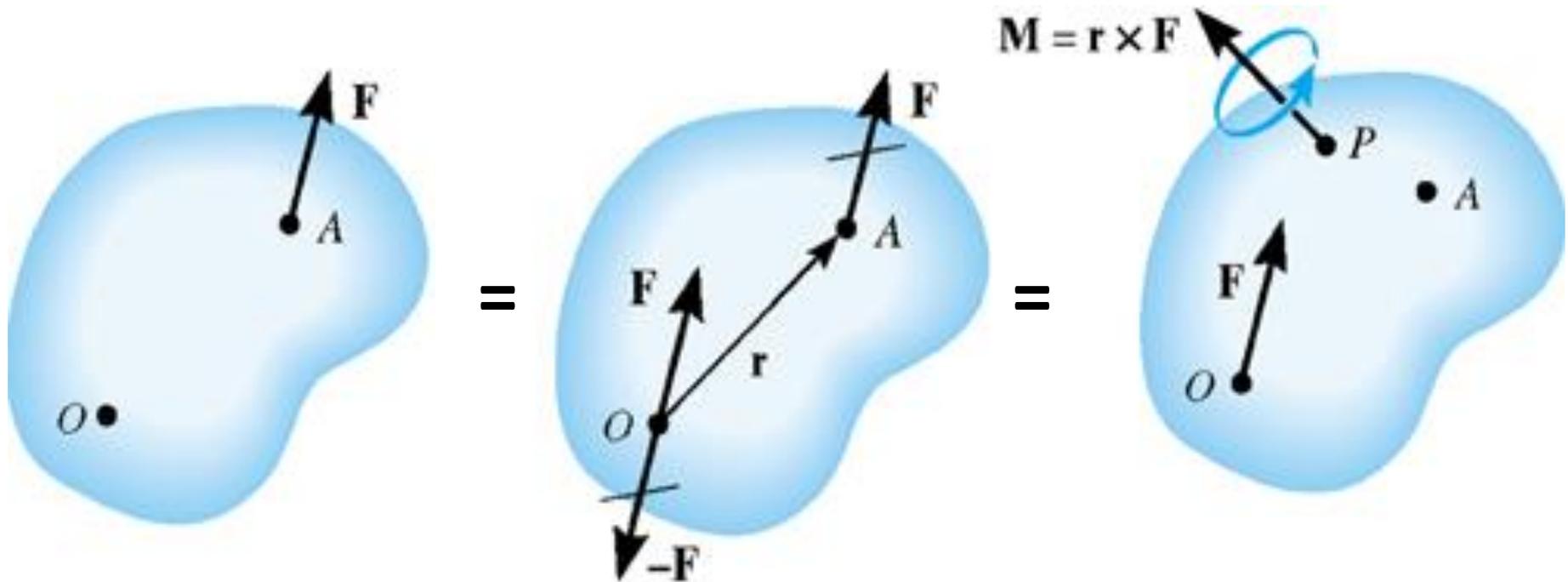
MOMENTO

Momento em relação a um ponto (polo) é um vetor

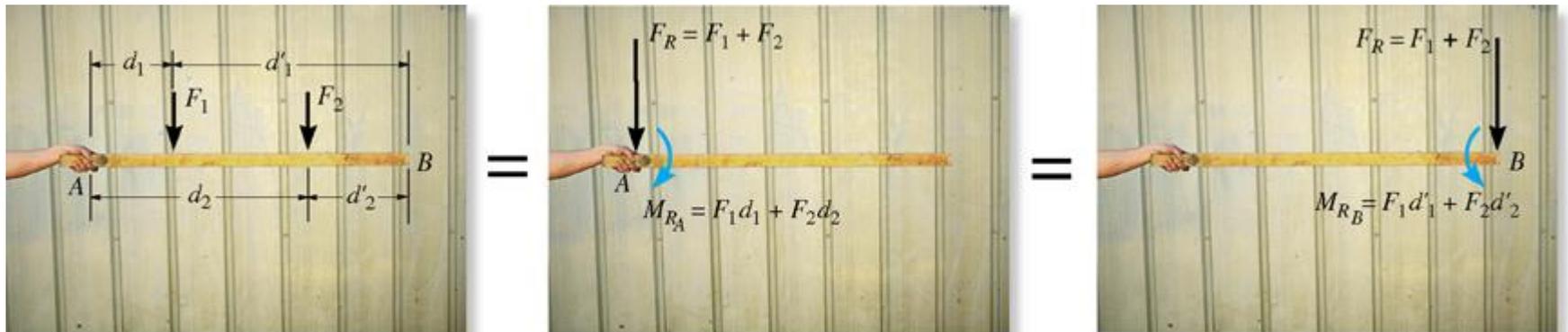
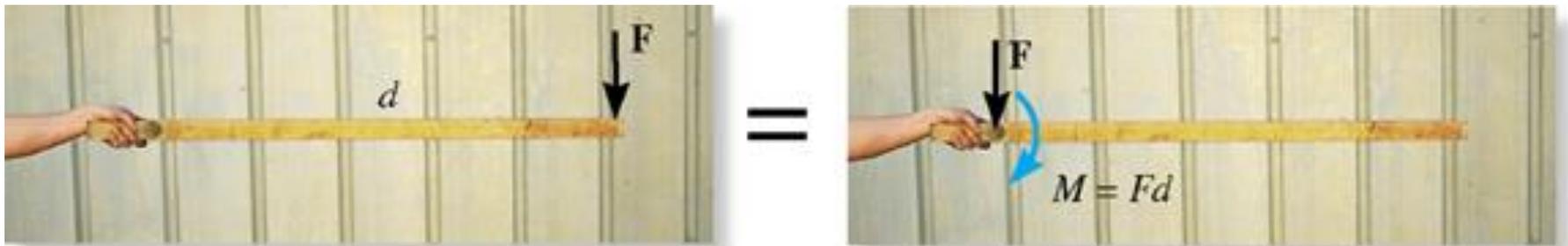
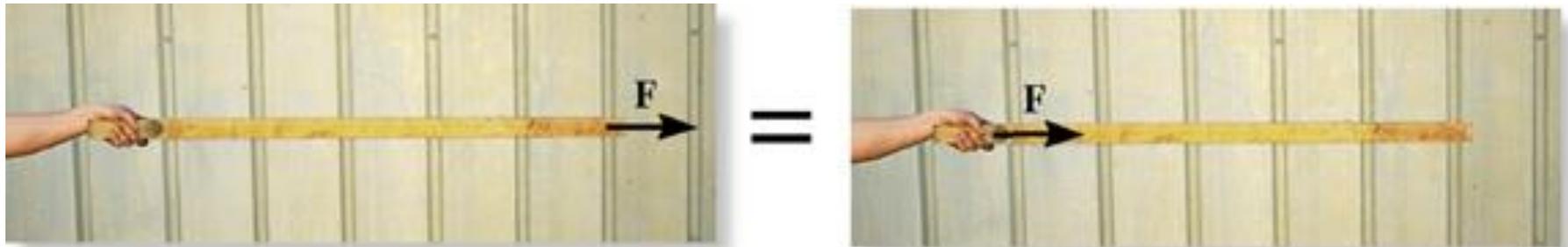


ESTÁTICA

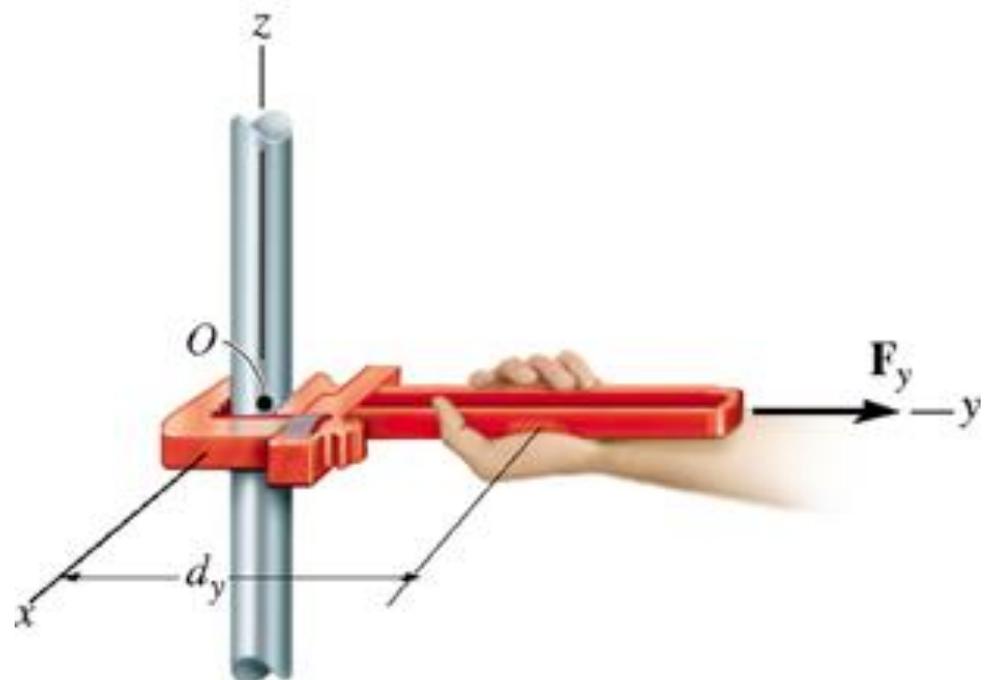
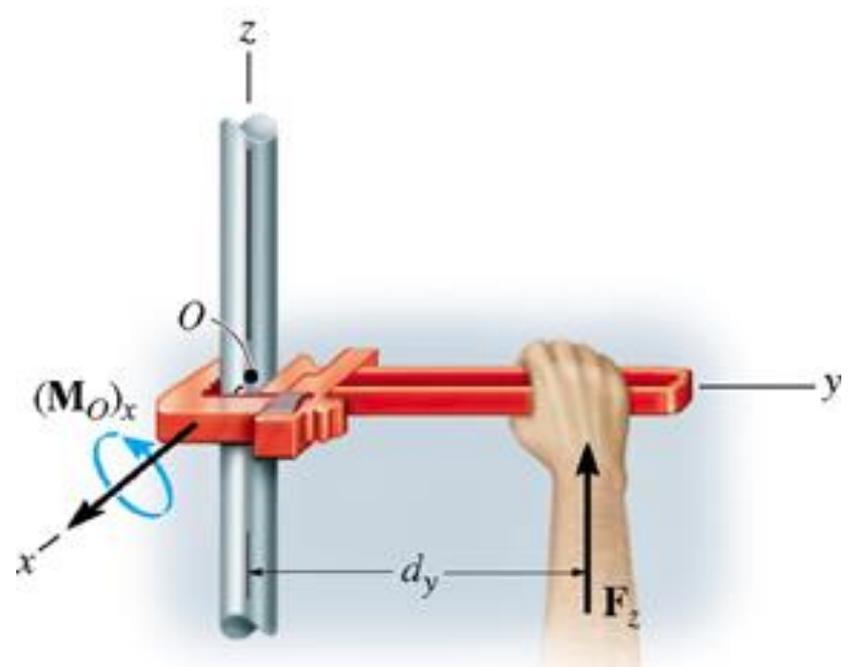
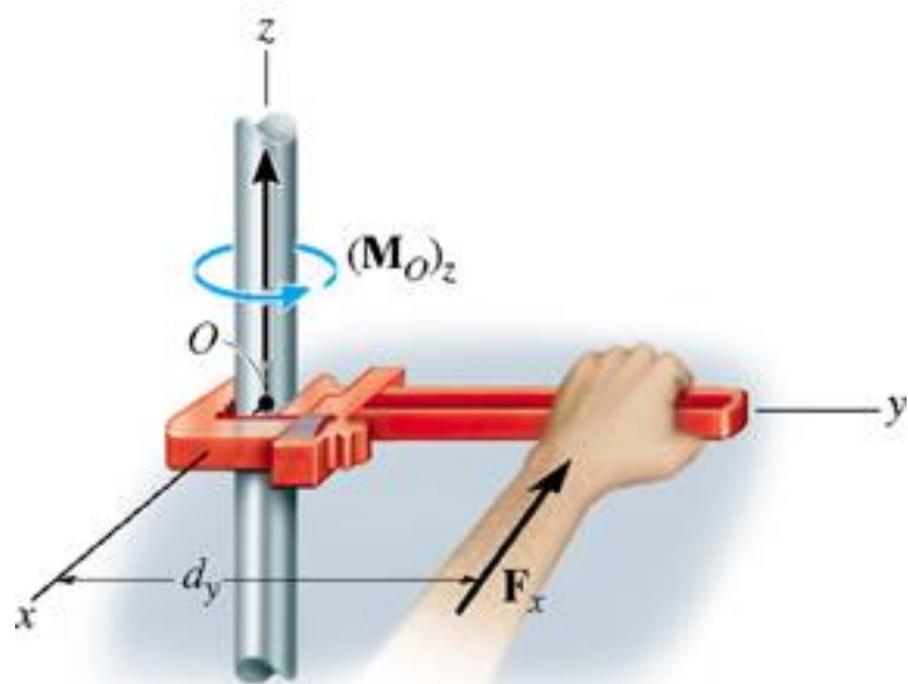
Reduzir um sistema de esforços em um ponto é aplicar nesse ponto a resultante do sistema e os momentos das forças do sistema em relação a esse ponto



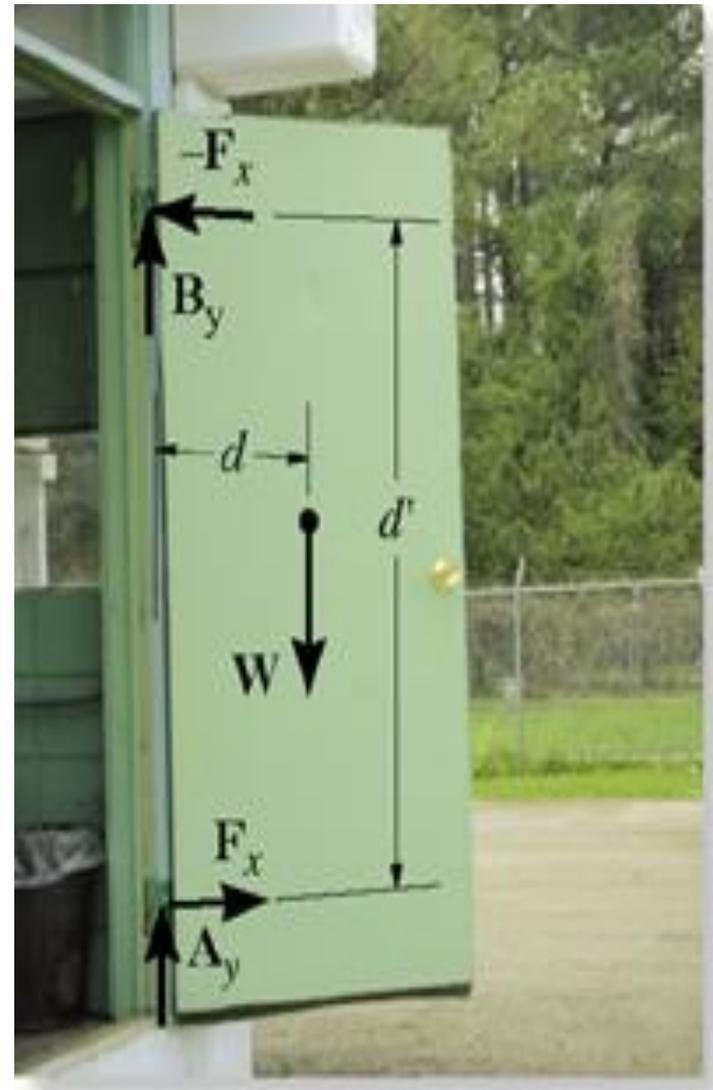
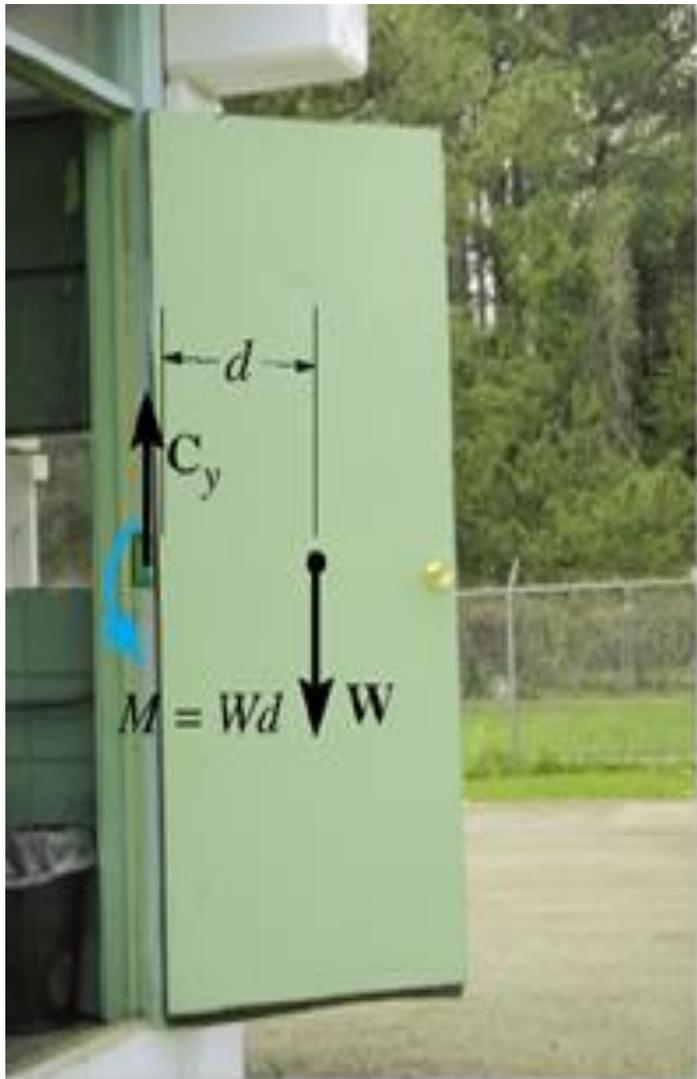
ESTÁTICA



ESTÁTICA

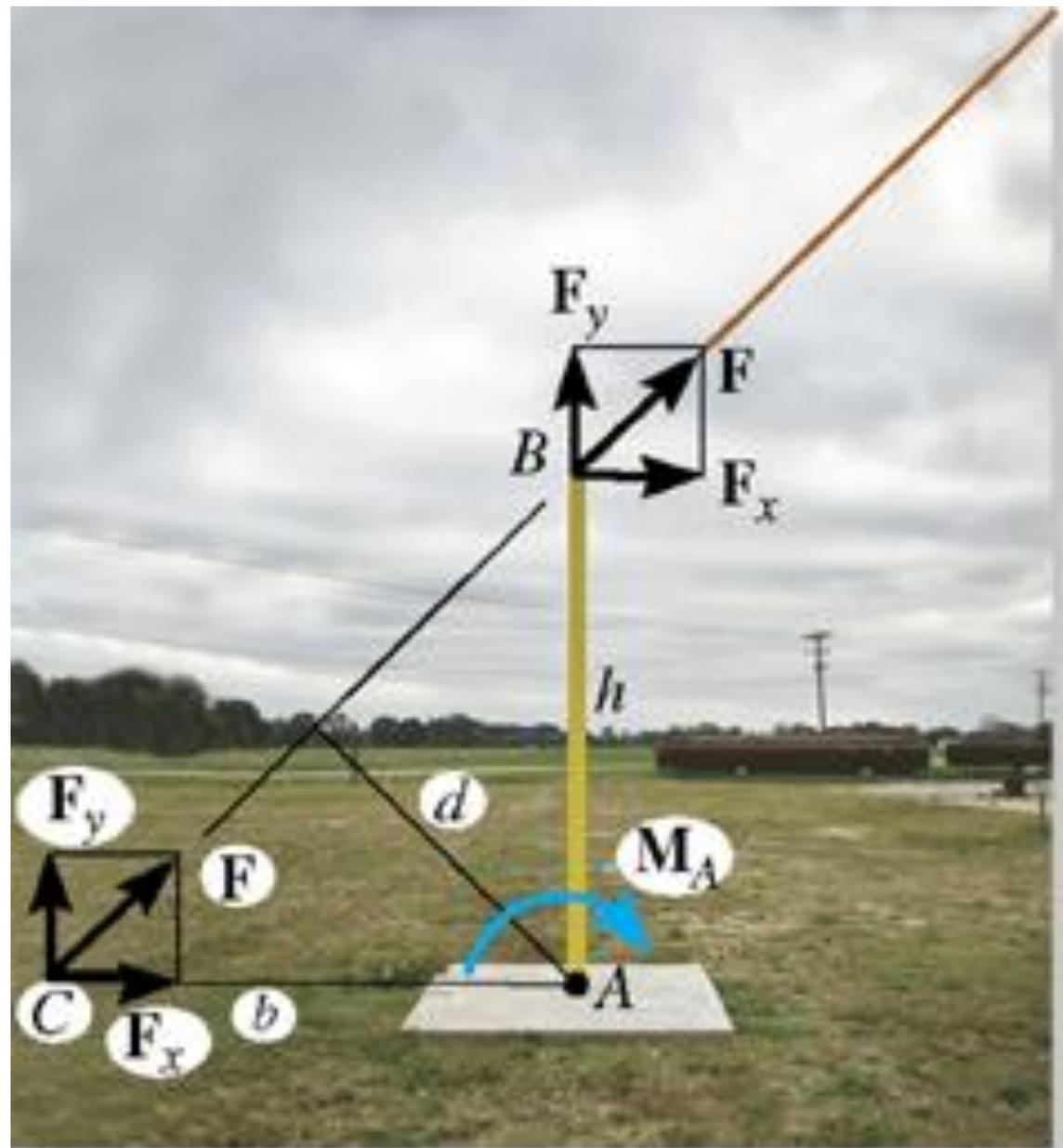


ESTÁTICA



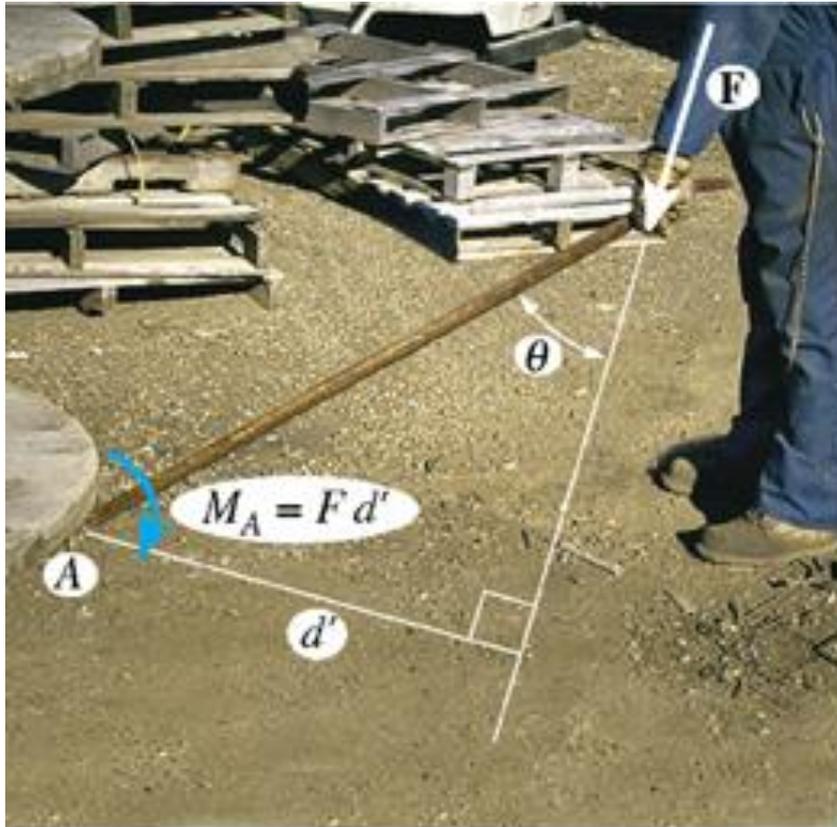
ESTÁTICA

QUAL É O VALOR DO MOMENTO NA BASE?

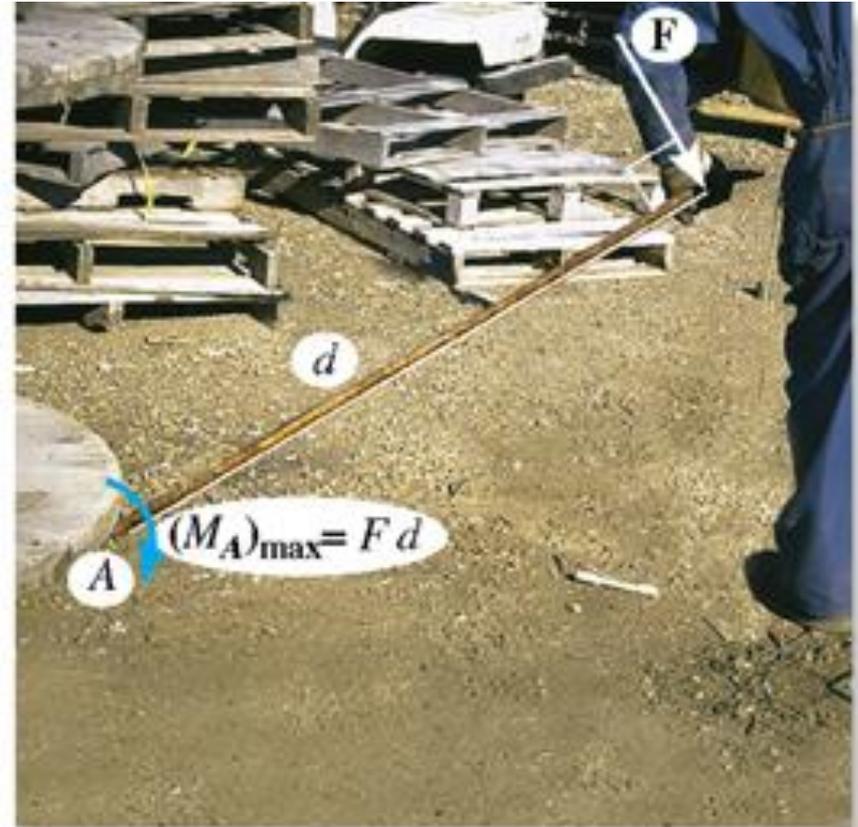


$$M_A = F \cdot d = F_x \cdot h = F_y \cdot b$$

ESTÁTICA



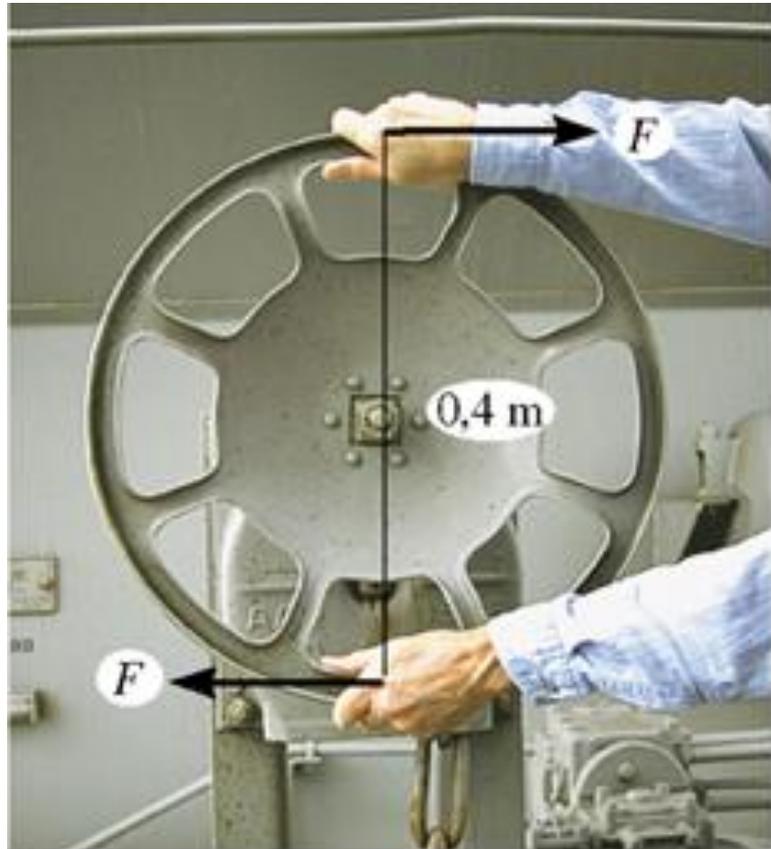
(A)



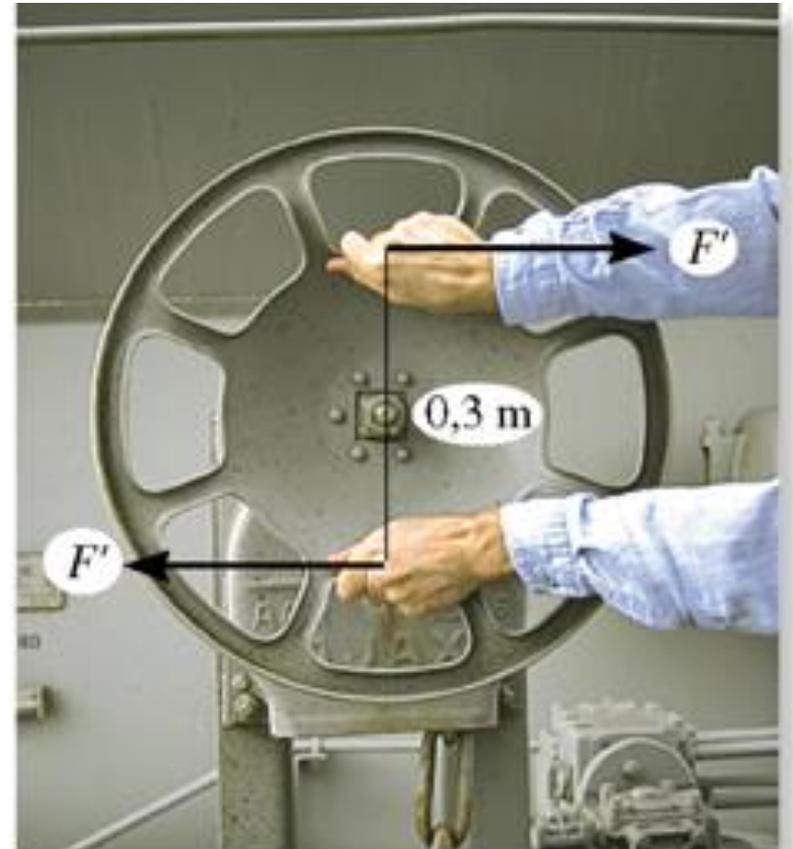
(B)

QUEM FAZ O MENOR ESFORÇO?

ESTÁTICA



(A)



(B)

QUEM FAZ O MENOR ESFORÇO?

ESTÁTICA

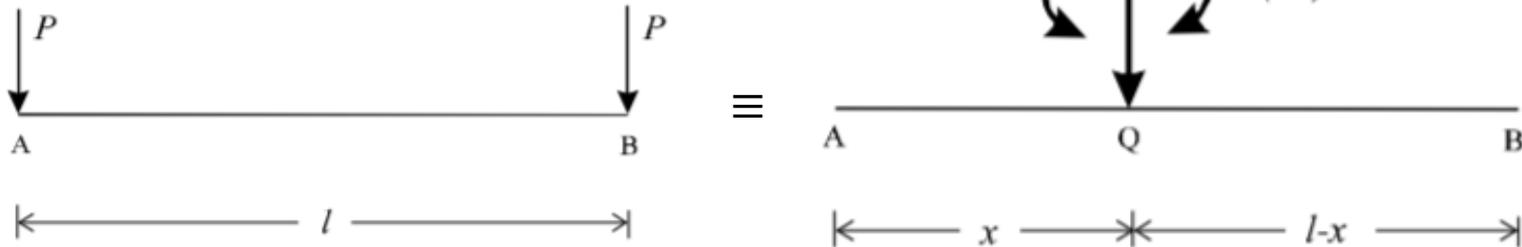
Dois sistemas de forças S e S' são mecanicamente equivalentes se suas reduções em um mesmo ponto A levarem aos mesmos esforços: $R = R'$ e $M_A = M'_A$

Dois sistemas de forças S e S' mecanicamente equivalentes produzirão os mesmos efeitos, o mesmo movimento

Exercício 1

Determinar para que ponto da barra a redução do sistema de forças aplicadas conduz exclusivamente à resultante R.

$$M_Q = P \cdot x - P \cdot (l - x);$$



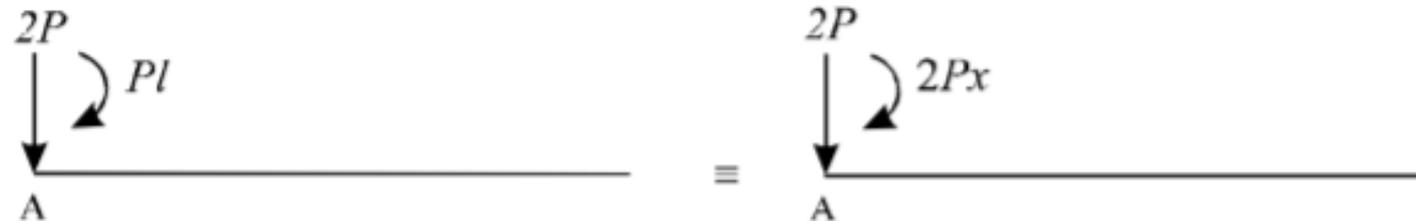
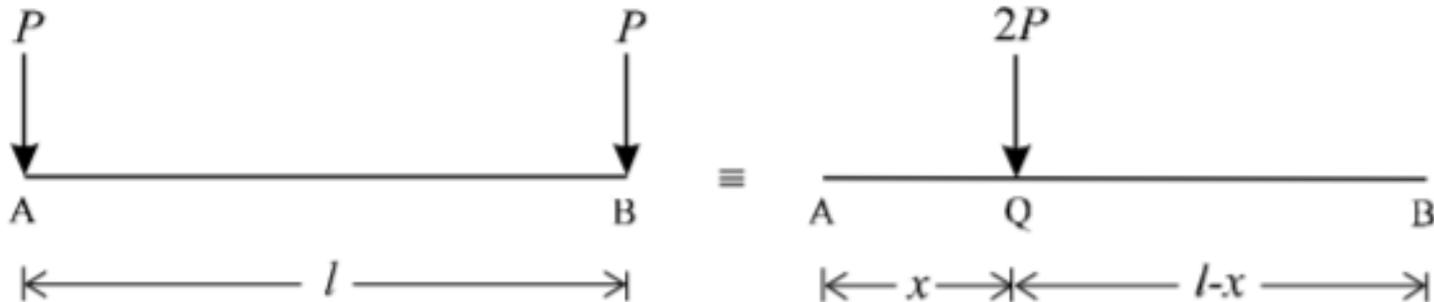
$$M_Q = P \cdot x - P \cdot (l - x) \equiv 0$$

$$2 P \cdot x - P \cdot l = 0$$

$$x = \frac{l}{2}$$

Exercício 2

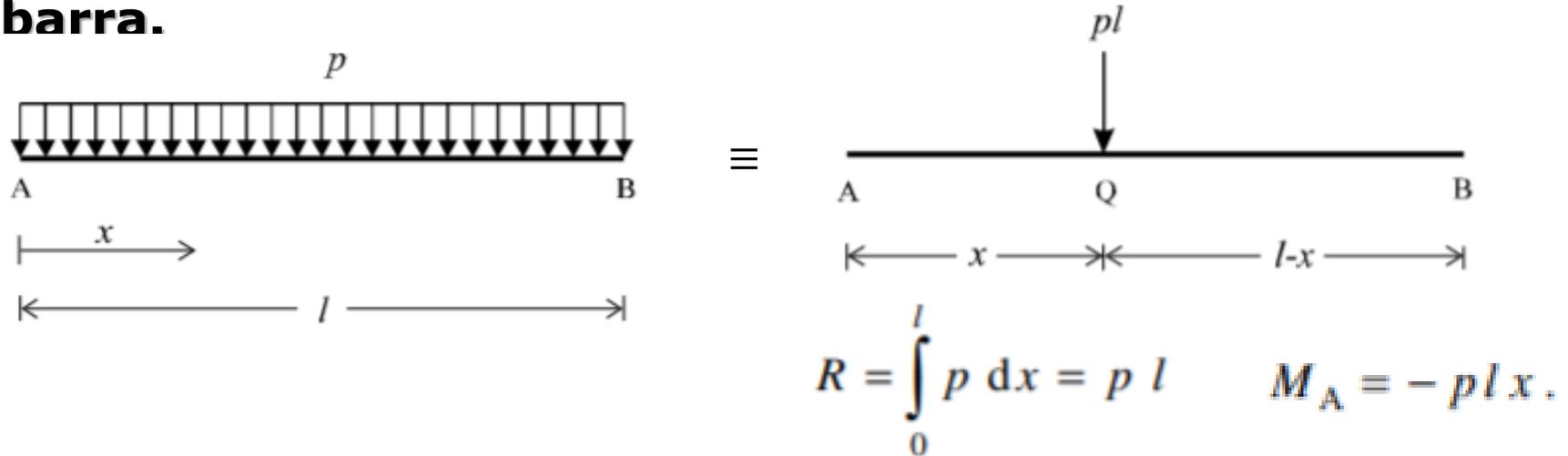
Determinar para que ponto da barra a redução do sistema de forças aplicadas conduz exclusivamente à resultante R.



$$M_A = -P \cdot l = -2 P \cdot x \quad \Rightarrow \quad x = \frac{l}{2} .$$

Exercício 3

Determinar o ponto de aplicação da força mecanicamente equivalente ao sistema que atua na barra.



O momento do carregamento distribuído em relação ao ponto A é

$$M_A = \int_0^l - p x \, dx = - \frac{p l^2}{2}$$

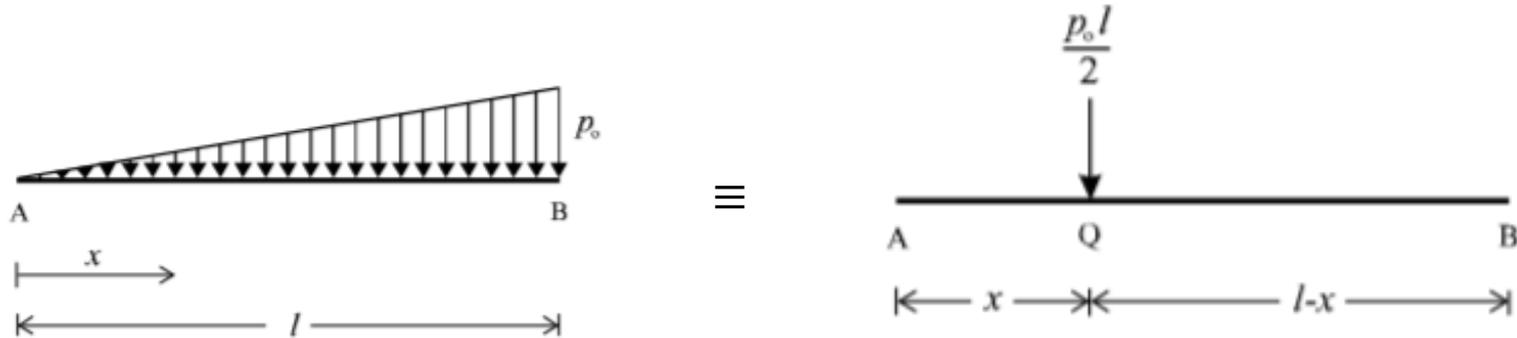
Estes dois momentos tornam-se iguais para

$$x = \frac{l}{2} ,$$



Exercício 4

Determinar uma força mecanicamente equivalente ao sistema que atua na barra.



O carregamento linearmente distribuído que atua nesta barra tem a expressão

$$p(x) = p_0 \frac{x}{l},$$

e sua resultante é

$$R = \int_0^l p(x) dx = \int_0^l p_0 \frac{x}{l} dx = \frac{p_0 l}{2},$$

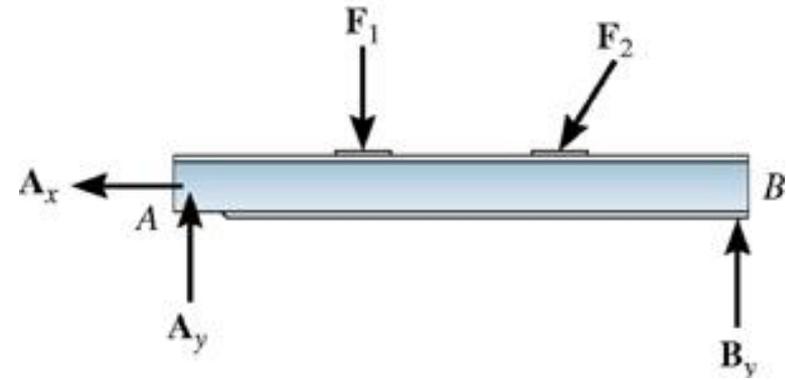
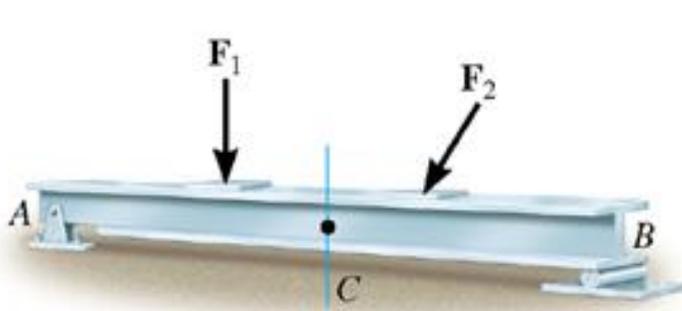


Os momentos destes dois sistemas em relação ao ponto A são respectivamente

$$M_A = \int_0^l -p(x)x dx = \int_0^l -\frac{p_0 x^2}{l} dx = -\frac{p_0 l^2}{3} = M_A = -\frac{p_0 l}{2} x \rightarrow x = \frac{2}{3} l,$$

EQUILÍBRIO:

UM SISTEMA DE PONTOS MATERIAIS ESTÁ EM EQUILÍBRIO SE ELE ESTIVER EM REPOUSO EM RELAÇÃO A UM REFERENCIAL, SE AS POSIÇÕES DE TODOS OS SEUS PONTOS NÃO VARIAREM COM O TEMPO.



EQUAÇÕES DE EQUILÍBRIO

Para um corpo em repouso em relação a um sistema inercial, as leis de Euler³ fornecem:

$$\sum_{i=1}^{n_F} \mathbf{F}_i = \mathbf{0}, \quad \sum_{j=1}^{n_M} M_{Oj} = 0, \quad (2.1)$$

correspondendo ao equilíbrio de n_F forças \mathbf{F}_i e n_M momentos M_j em relação a um polo arbitrário O. Reescrevendo a equação acima empregando as componentes de força e momento em relação a três eixos ortogonais x , y e z passando por O, obtemos

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0, & \sum M_{Ox} &= 0, \\ \sum F_y &= 0, & \sum M_{Oy} &= 0, \\ \sum F_z &= 0, & \sum M_{Oz} &= 0, \end{aligned} \quad (2.2)$$

onde os índices foram omitidos. Para um sistema de forças coplanares em que as forças e momentos atuam no plano definido pelos eixos x e y , restam apenas três equações não-identicamente nulas:

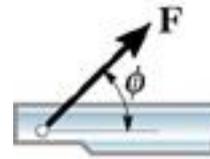
$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0, & \sum M_{Oz} &= 0. \\ \sum F_y &= 0, \end{aligned} \quad (2.3)$$

APOIOS NO PLANO

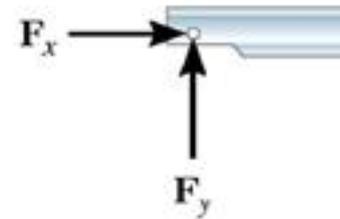
ARTICULAÇÃO MÓVEL:



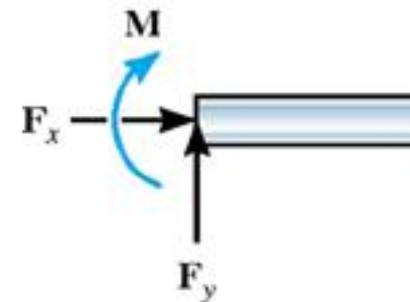
ARTICULAÇÃO FIXA:



ou

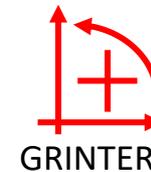
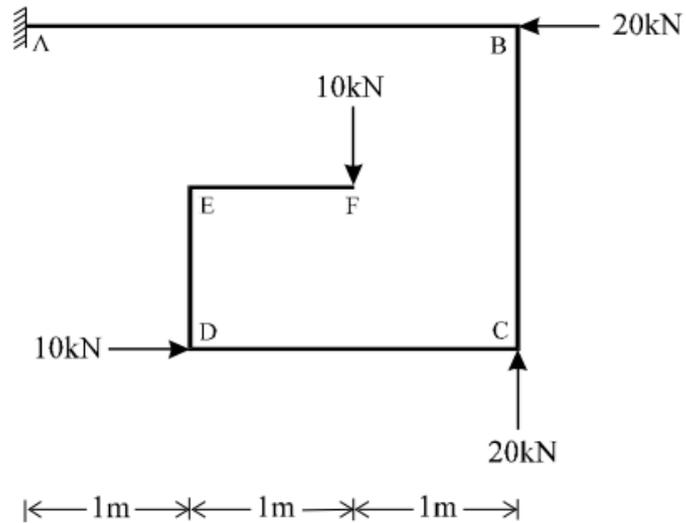


ENGASTAMENTO:



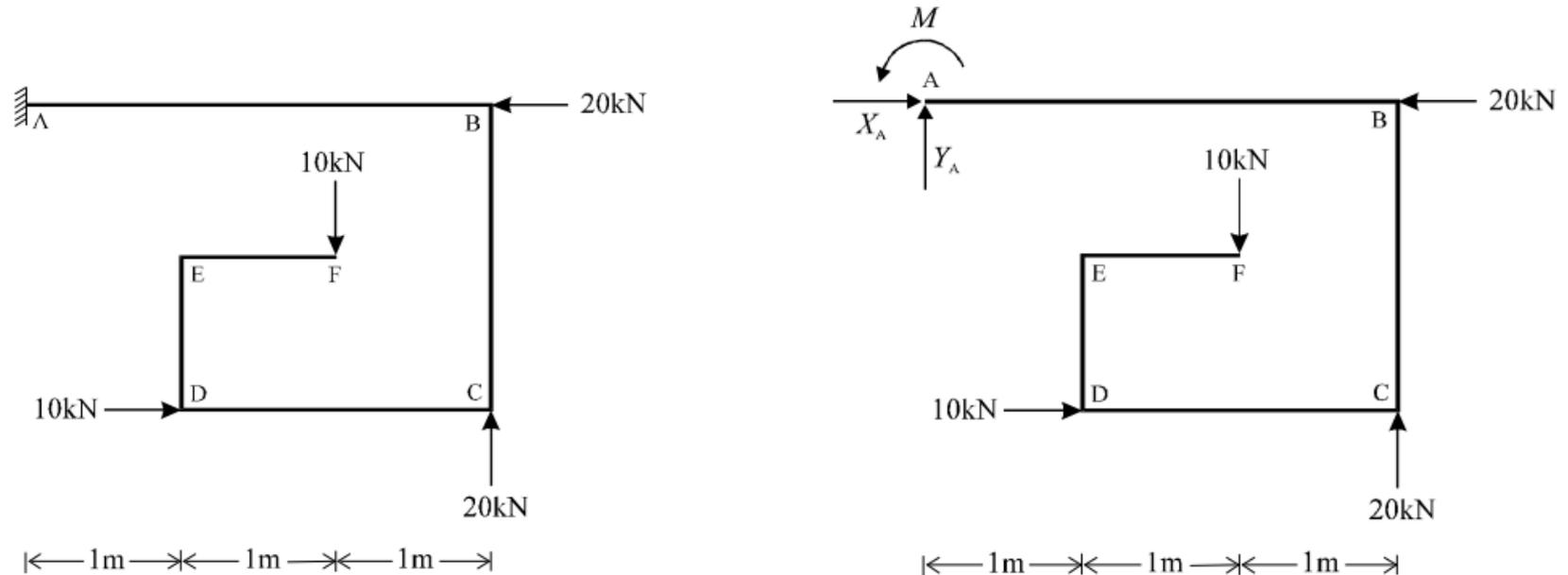
Exercício 5

Determinar as reações de apoio da viga poligonal.



Exercício 5

Determinar as reações de apoio da viga poligonal.



$$\sum X = 0 \Rightarrow X_A - 20 + 10 = 0 \Rightarrow X_A = 10 \text{ kN}$$

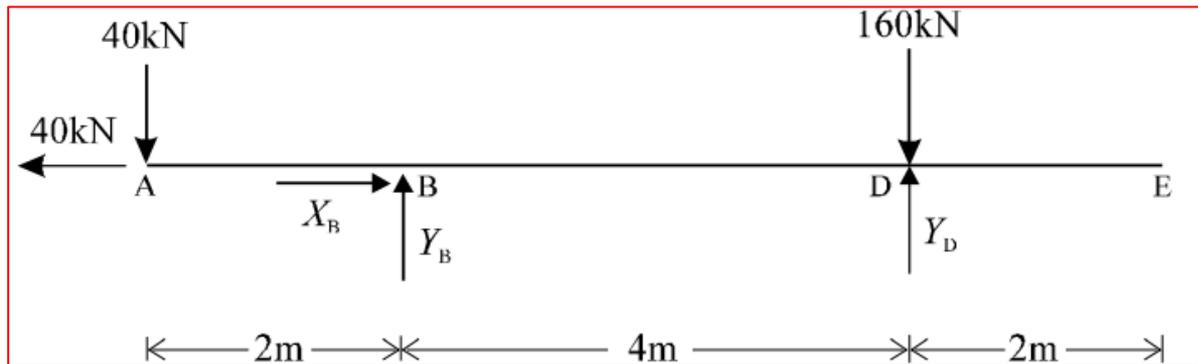
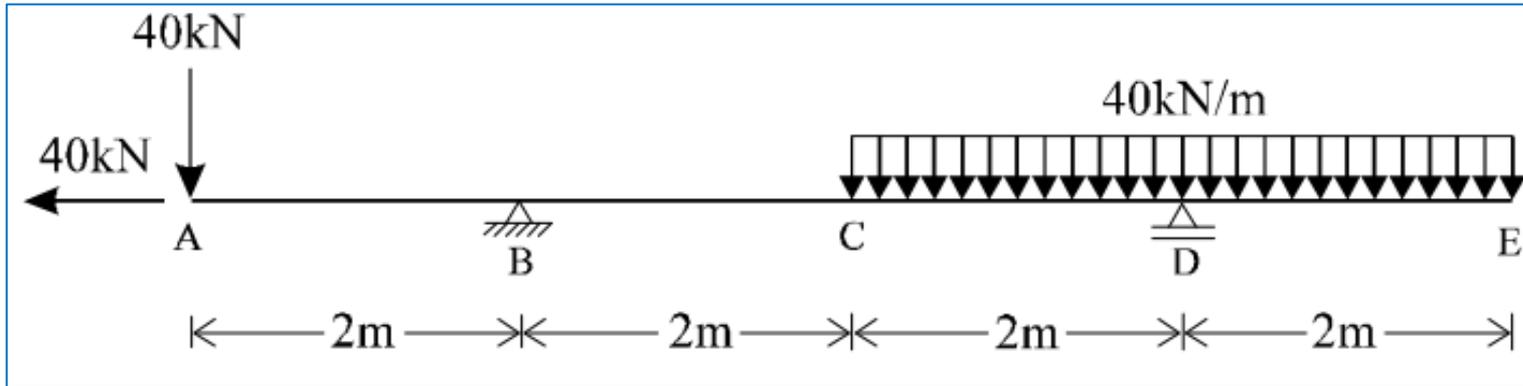
$$\sum Y = 0 \Rightarrow Y_A + 20 - 10 = 0 \Rightarrow Y_A = -10 \text{ kN}$$



$$\sum M_A = 0 \Rightarrow M + 20 * 3 + 10 * 2 - 10 * 2 = 0 \Rightarrow M = -60 \text{ kNm}$$

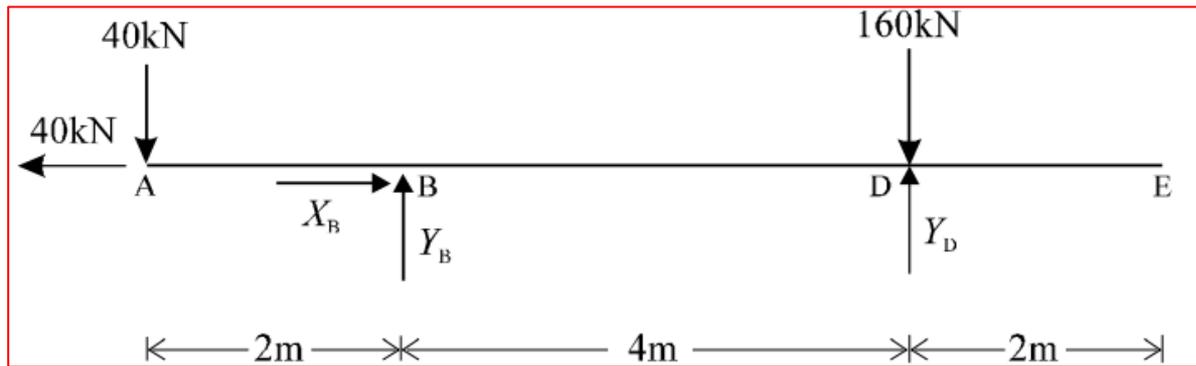
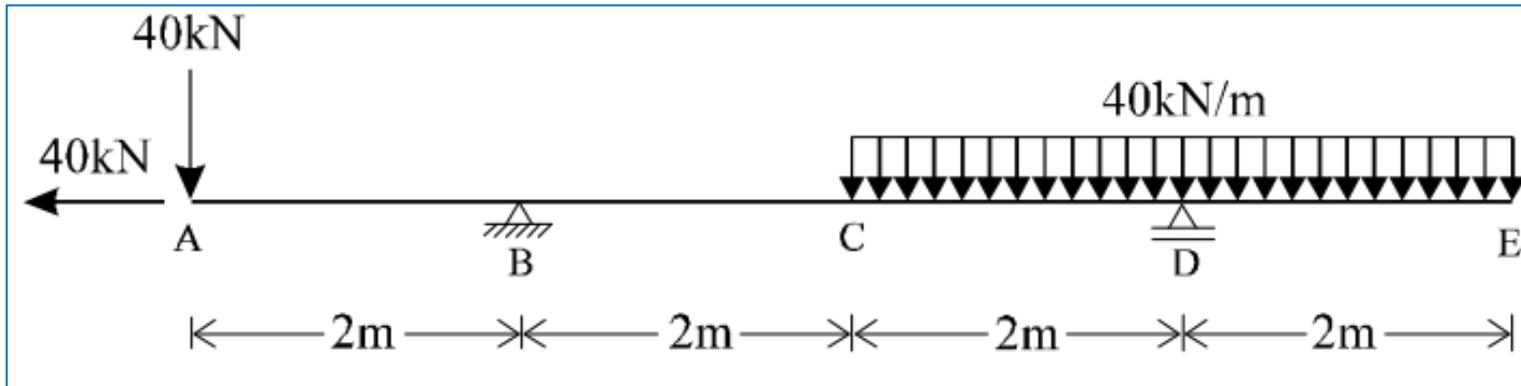
Exercício 6

Determinar as reações de apoio da viga simplesmente apoiada com dois balanços.



Exercício 6

Determinar as reações de apoio da viga simplesmente apoiada com dois balanços.



$$\sum X = 0 \Rightarrow -40 + X_B = 0 \Rightarrow X_B = 40 \text{ kN}$$

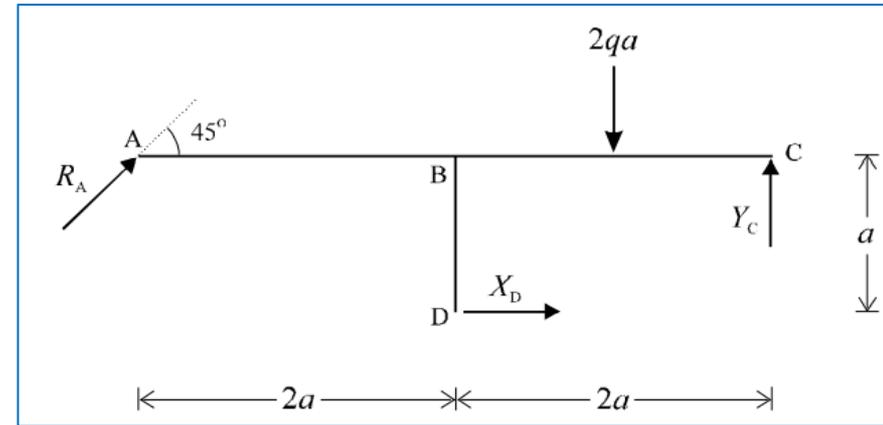
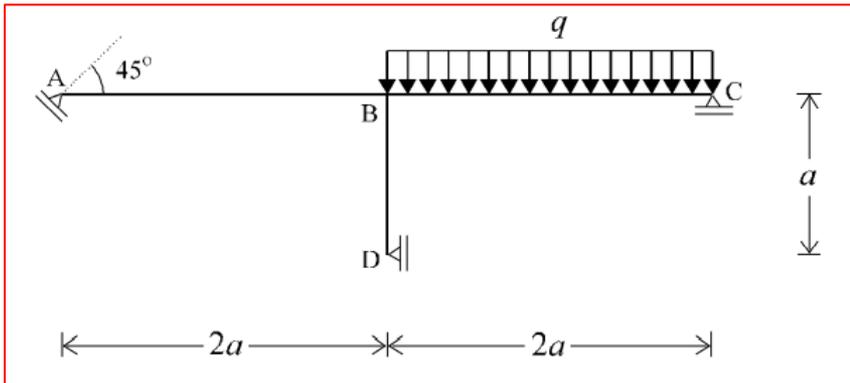
$$\sum M_B = 0 \Rightarrow 40 * 2 - 160 * 4 + Y_D * 4 = 0 \Rightarrow Y_D = 140 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0 \Rightarrow -40 + Y_B - 160 + Y_D = 0 \Rightarrow Y_B = 60 \text{ kN}$$



Exercício 7

Determinar as reações de apoio da estrutura.

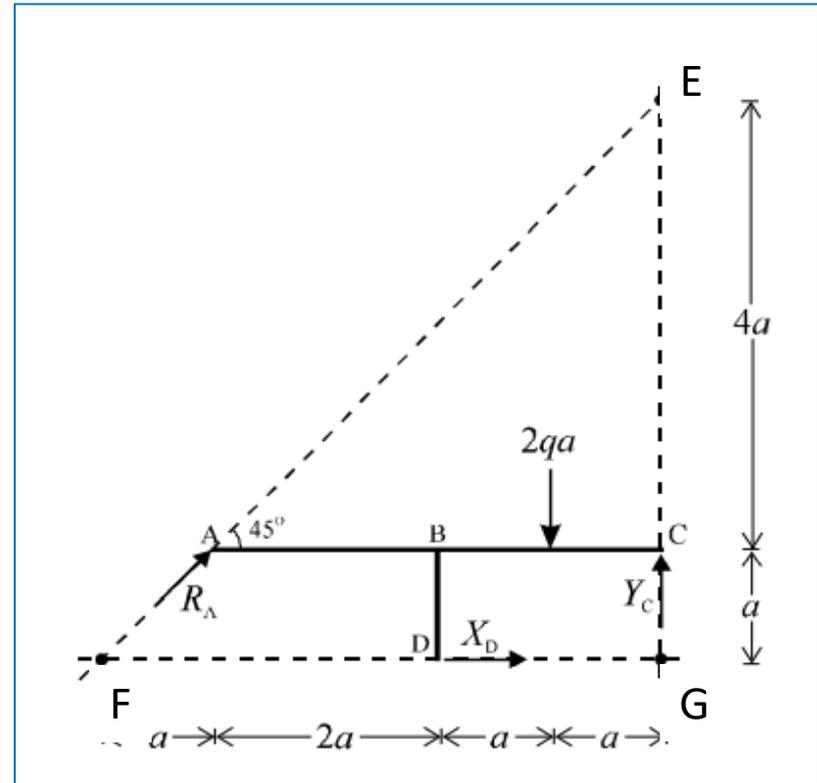
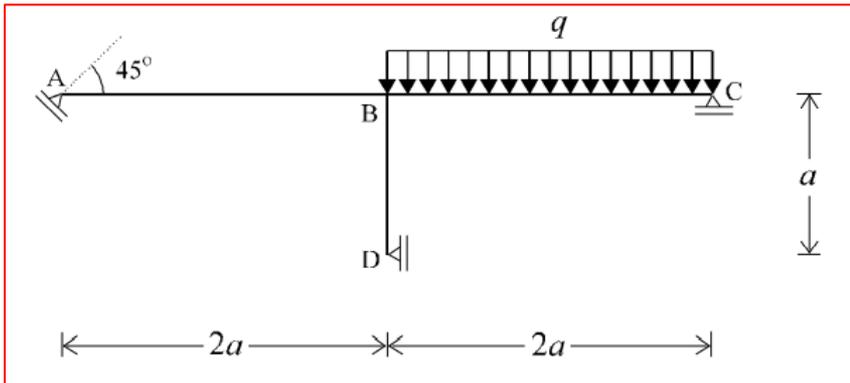


$$\begin{cases} \sum X = 0 \Rightarrow R_A * \frac{\sqrt{2}}{2} + X_D = 0 \\ \sum Y = 0 \Rightarrow R_A * \frac{\sqrt{2}}{2} - 2qa + Y_C = 0 \\ \sum M_A = 0 \Rightarrow X_D * a - 2qa * 3a + Y_C * 4a = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_A = \frac{2\sqrt{2}}{5} qa \\ Y_C = \frac{8}{5} qa \\ X_D = -\frac{2}{5} qa \end{cases}$$



Exercício 8

Determinar as reações de apoio da estrutura.



$$\left\{ \begin{array}{l} \sum M_E = 0 \Rightarrow X_D * 5a + 2qa * a = 0 \\ \sum M_F = 0 \Rightarrow Y_C * 5a - 2qa * 4a = 0 \\ \sum M_G = 0 \Rightarrow -R_A * \frac{\sqrt{2}}{2} 5a + 2qa * a = 0 \end{array} \right.$$



$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} R_A = \frac{2\sqrt{2}}{5} qa \\ Y_C = \frac{8}{5} qa \\ X_D = -\frac{2}{5} qa \end{array} \right.$$

GLOSSÁRIO (provisório)

APOIO: sistema imposto pelo meio exterior restringindo a liberdade de deslocamento de uma estrutura. Apoios são dispositivos que ligam a estrutura a outros sistemas e impedem determinados movimentos do ponto vinculado.

ARTICULAÇÃO FIXA (no plano): apoio que impede a translação horizontal e vertical (ao plano de apoio) e permite a rotação em torno do ponto vinculado.

ARTICULAÇÃO MÓVEL (no plano): apoio que impede a translação vertical (ao plano de apoio) e permite translação horizontal e a rotação em torno do ponto vinculado.

ARTICULAÇÃO ou RÓTULA: sistema que permite o deslocamento angular, sem esforços.

ARTICULAÇÃO SIMPLES (no plano): articulação que permite a rotação em torno do ponto vinculado.

BARRA: corpo gerado por uma figura plana cujo centro de gravidade se desloca sobre uma linha, perpendicular a essa figura, chamada eixo.

DEFORMAÇÃO: transformação em que ocorrem variações das distâncias entre os pontos de um corpo. Aparece quando as estruturas são submetidas a esforços. As estruturas só se deformam onde há o caminhamento dos esforços. Todo material é deformável, mas deforma desde que haja passagem de esforços.

DEFORMADA: forma que a estrutura adquire após a aplicação dos esforços externos. É a forma assumida por uma linha ou superfície de um corpo após a deformação. Geralmente é a deformação da linha elástica. É a configuração da curvatura do eixo ocasionada pelo momento fletor.

DESLOCAMENTO: transformação em que ocorrem mudanças de posição de um conjunto de pontos relativamente a um sistema de referência fixo no espaço.

ENGASTAMENTO (no plano): apoio que impede a translação horizontal e vertical (ao plano de apoio) e a rotação em torno do ponto vinculado. A seção transversal permanece perpendicular ao eixo.

ESFORÇOS: são forças (concentradas, distribuídas), momentos e tensões. Caminham para os apoios.

ESFORÇOS EXTERNOS: atuam nas estruturas e fazem surgir esforços internos que podem deformar estas estruturas levando ao rompimento em alguns casos. As reações de apoio são chamadas de esforços reativos.

ESFORÇOS INTERNOS: são as tensões e suas resultantes.

ESFORÇOS SOLICITANTES: são esforços internos, resultantes ou momentos de tensões na seção transversal de uma barra. São as forças normais, as forças cortantes, os momentos fletores e os momentos de torção.

ESTRUTURA: conjunto das partes resistentes de alguma coisa construída pela natureza ou pelo homem. A estrutura transfere esforços permitindo que os esforços aplicados a um certo ponto caminhem e cheguem a um outro ponto.

FLECHA: deslocamento transversal máximo de uma barra reta ou placa. Refere-se à deformada.

FORÇA NORMAL: resultante das tensões normais na seção transversal de uma barra. Convenciona-se a força normal de tração (que tende a afastar a seção transversal do restante da barra) como sendo positiva e a força normal de compressão (que tende a aproximar a seção transversal do restante da barra) como sendo negativa. Para o traçado dos diagramas pode ser desenhado de qualquer lado, mas com sinal.

FORÇA CORTANTE: resultante das tensões tangenciais na seção transversal de uma barra. Convenciona-se a força cortante que tende a girar a seção transversal no sentido horário como sendo positiva e a força cortante que tende a girar a seção transversal no sentido anti-horário como sendo negativa. Para o traçado dos diagramas pode ser desenhado de qualquer lado, mas com sinal.

LINHA ELÁSTICA: deformada de uma barra de material elástico.

MECÂNICA DAS ESTRUTURAS: constituída por Resistência dos Materiais, Estática das Construções, Teoria da Elasticidade e Teoria da Plasticidade. Estudam-se os esforços e as deformações dos corpos elásticos e plásticos, sendo que as duas primeiras se distinguem das duas últimas por introduzirem um maior número de hipóteses simplificadoras para a obtenção das soluções dos seus problemas. Na Resistência dos Materiais estudam-se sistemas constituídos de peças lineares.

MODELO: é uma simplificação da situação real para que se possa estudar os fenômenos que ocorrem na estrutura. O ideal é que o modelo seja simples e dê o comportamento da estrutura com uma precisão bastante boa. Formulam-se hipóteses simplificadoras.

MOMENTO FLETOR ou DE FLEXÃO: ocasiona uma curvatura da linha elástica, eventualmente comprimindo e/ou tracionando partes da seção transversal. É o momento das tensões normais da seção transversal em relação ao seu centro de gravidade. Convenciona-se o momento fletor que provoca tração na fibra inferior como sendo o positivo. Para o traçado dos diagramas não se coloca sinal e desenha-se sempre sobre o lado tracionado da barra.

MOMENTO DE TORÇÃO (ou TORÇOR): É o momento das tensões tangenciais na seção transversal em relação ao seu centro de gravidade. Convenciona-se o momento de torção que provoca rotação da seção transversal no sentido horário como sendo o positivo e no sentido anti-horário como o negativo. Para o traçado dos diagramas pode ser desenhado de qualquer lado, mas com sinal.

PÓRTICO: estrutura constituída por mais de uma barra, organizados em planos que contém também as solicitações (esforços externos, variações de temperatura, recalques de apoio).

PROJETO: tem duas fases, uma de concepção e outra, de cálculos. Deve-se ouvir a intuição e tentar responder às perguntas "Como a estrutura vai se comportar? Como as forças vão caminhar?"

REAÇÕES DE APOIO: sistema de esforços de reação do meio exterior à ação transmitida por um corpo num apoio. Um deslocamento linear é impedido por uma força e um deslocamento angular é impedido por um momento.

SEÇÃO TRANSVERSAL: seção da barra obtida pela interseção por um plano normal ao eixo.

TENSÃO: quociente da força atuante numa superfície pela sua área.

TRELIÇA: estrutura constituída por uma ou mais barras retas ligadas por articulações.

VIGA: estrutura constituída por uma ou mais barras dispostas horizontalmente com um ou mais apoios.

VIGA ENGASTADA: tem uma extremidade engastada e a outra livre.

VIGA SIMPLEMENTE APOIADA COM UM BALANÇO: tem articulação fixa numa extremidade e uma articulação móvel no meio da viga e a outra extremidade livre.

VIGA SIMPLEMENTE APOIADA: tem articulação fixa numa extremidade e articulação móvel na outra.