



**PEF3200 INTRODUÇÃO À MECÂNICA DAS  
ESTRUTURAS**

**Escola Politécnica 22/03/2023**

**Oswaldo Nakao**

PEF3200  
Aula 1  
22 mar  
PROF. NAKAO

- ❖ **Apresentação da disciplina**
- ❖ **Estudo qualitativo de estruturas pelas suas deformadas**
- ❖ **O conceito de estrutura. Ações.**

# AULA 1

22 mar

- ❖ **Apresentação da disciplina**
- ❖ Estudo qualitativo de estruturas pelas suas deformadas
- ❖ O conceito de estrutura. Ações.

# **PEF3200 INTRODUÇÃO À MECÂNICA DAS ESTRUTURAS**

## **Objetivos para os alunos :**

- ❖ Saber criar modelos matemáticos para as estruturas reais**
- ❖ Desenvolver o hábito de observar e enxergar as estruturas dos objetos que nos cercam**
- ❖ Compreender como as cargas caminham pelas estruturas e a importância que possuem as deformadas para se chegar a esta distribuição de esforços**

# **Objetivos para os alunos :**

- ❖ Mostrar a importância e a beleza da engenharia de estruturas**
- ❖ Aproximar a arquitetura e as artes plásticas dos alunos**
- ❖ Auxiliar os alunos a aprender a aprender**
- ❖ Motivar os alunos a estudarem a engenharia de estruturas**

# **Atividades:**

- ❖ **Aulas expositivas**
  - Utilização de modelos didáticos**
  - Apresentação de animações**
- ❖ **Projeto**

# Material de apoio:

- Apostila, escrita em forma de livro

- Site na internet:

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=108657>

- Objetivos, programa, cronograma de atividades, critério de avaliação, bibliografia

- Divisão de turmas, professores, aluno-monitor

## PEF3200 - Introdução à Mecânica das Estruturas (2023)

[🏠 Início](#) / [/ Meus Ambientes](#) / [/ 2023](#) / [/ EP](#) / [/ PEF](#) / [/ PEF3200-2023](#)

### Geral

Tire suas dúvidas.

Sugestões e reclamações



Avisos

### Programa da disciplina e cronograma completo

[Programação PEF3200-2023](#)

### Projeto

O projeto deve ser definido ao longo do semestre e será realizado em grupo. Possivelmente deve envolver o uso dos materiais didáticos do KitMola.

### Material das aulas de cada turma

### Material Didático

[Exercícios](#)

[Apostila de Teoria - Capítulos 1 a 4](#)

[Apostila de Teoria - Capítulo 5](#)

[Apostila de Teoria - Capítulos 6 a 11](#)

[Exercício de Deformadas - 1a. aula](#)

# PEF 3200 – Introdução à Mecânica das Estruturas

Primeiro semestre de 2023

Dia e Horário das aulas: Quarta-feira - 8h20 às 11h00

## 1 Professor Responsável

- Prof. Valério S. Almeida (valerio.almeida@usp.br)

## 2 Monitoria

11884592-Luisa Oliveira Machado Bueno (luisabueno@usp.br)

12553671-Vytor dos Reis Yamauti (vytor.reis@usp.br)

## 3 Divisão de Turmas

Turmas	Professores	Sala
Turma 1	Prof. Martin Paul Schwark	S-22
Turma 2	Prof. Osvaldo Shigueru Nakao	S-24
Turma 3	Prof. Valério Silva Almeida	S-26

## 4 Datas das Provas

- |                        |     |                           |
|------------------------|-----|---------------------------|
| • 1ª Prova             | P1  | 17 de maio, quarta-feira  |
| • 2ª Prova             | P2  | 05 de julho, quarta-feira |
| • Prova Substitutiva   | PS  | 12 de julho, quarta-feira |
| • Prova de Recuperação | REC | 19 de julho, quarta-feira |

Obs. 1: Todas as provas das 10h00 às 12h00.

Obs. 2: PS e a REC serão realizadas apenas nos dias e horários marcados.

Obs. 3: PS apenas pode ser realizada para quem perdeu uma das provas.

Obs. 4: Não perder datas das provas e nem revisões, sem reagendamento.

Obs. 5: A frequência às aulas é de importância fundamental no aprendizado.

## 5 Critério de aproveitamento

$$Nota\ Final = (4,5 P1 + 4,5 P2 + N_{projeto}) / 10 \geq 5,0$$

*P1 e P2: nota das duas provas;  $N_{projeto}$  é a nota do projeto a ser desenvolvido no semestre. Indicado seu conteúdo posteriormente.*

## 6 Bibliografia

- Lindenberg Neto, H: *Introdução à Mecânica das Estruturas: Capítulos 1 a 5*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.
- Lindenberg Neto, H: *Introdução à Mecânica das Estruturas: Capítulos 6 a 11*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
- Site da disciplina PEF-3200 no Stoa.
- Soriano, HL.: *Estática das Estruturas, 2ª ed.* Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2010.
- Campos do Amaral, O.: *Estruturas Isostáticas, 6a ed.* Belo Horizonte, Edições Engenharia e Arquitetura, 1992.
- Sússekind, JC: *Curso de Análise Estrutural. Vol. 1: Estruturas Isostáticas, 10a ed.* Porto Alegre, Ed. Globo, 1989.
- Gorfin, B. e Oliveira, MM.: *Estruturas Isostáticas, 3a ed.* RJ, Livros Técnicos e Científicos Ed., 1982.
- Site do programa Ftool: <http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>

## ❖ Na internet:

<https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=108657>

- **Exercícios propostos**
- **Provas da disciplina com respostas**
- **Animações didáticas para estudo à distância**
- **Textos sobre conceitos fundamentais da engenharia de estruturas**

**Projeto: tema a ser definido**

**Média final:**

$$A = \frac{4,5 * P1 + 4,5 * P2 + Projeto}{10}$$

# AULA 1

22 mar

- ❖ Apresentação da disciplina
- ❖ Estudo qualitativo de estruturas pelas suas deformadas
- ❖ **O conceito de estrutura. Ações.**

# O que é uma estrutura?

## Segundo o dicionário Aurélio:

“**Estrutura.** 1. Aquilo que é, ou foi construído; obra de construção. 2. Conjunto formado, natural ou artificialmente, pela reunião de partes ou elementos, em determinada ordem ou organização. *3. A parte, ou conjunto das partes mais resistentes de um corpo, etc., que determina sua disposição espacial, e lhes dá sustentação.* 4. A parte, ou o conjunto das partes de uma construção que se destinam a resistir a cargas; armação, esqueleto, arcabouço.”



**Museu do Amanhã, Rio de Janeiro, RJ**



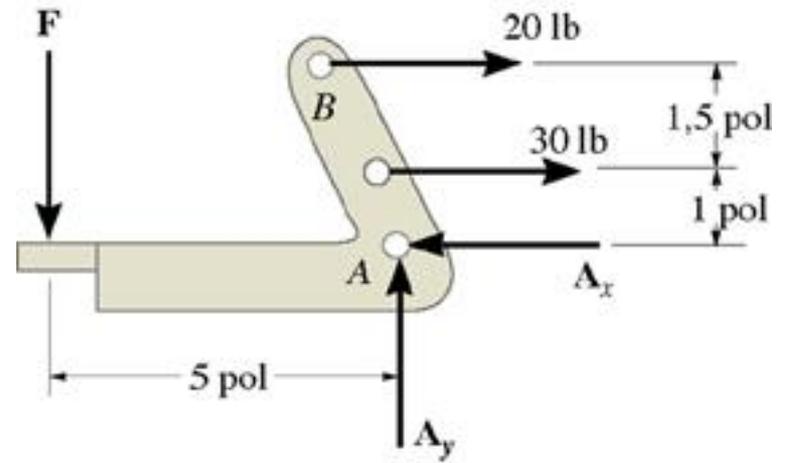
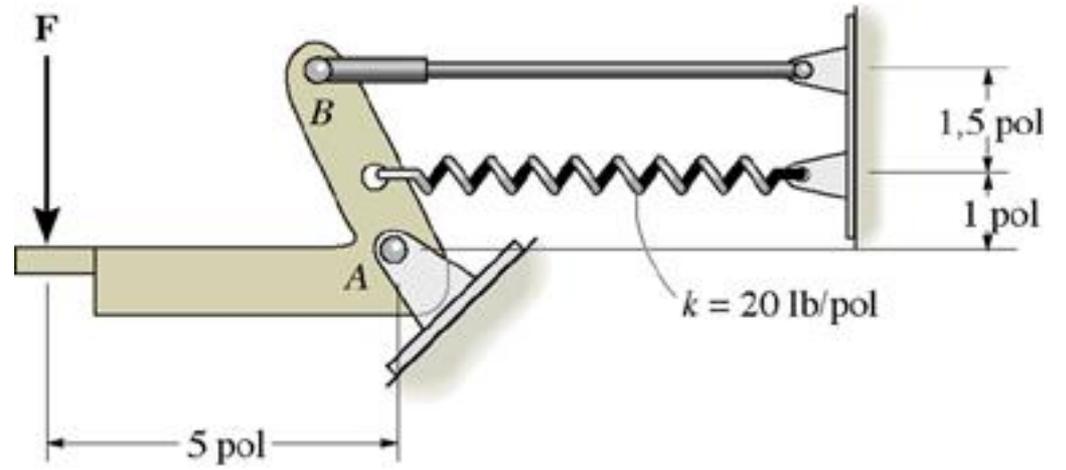
**Ponte JK, Brasília, DF**

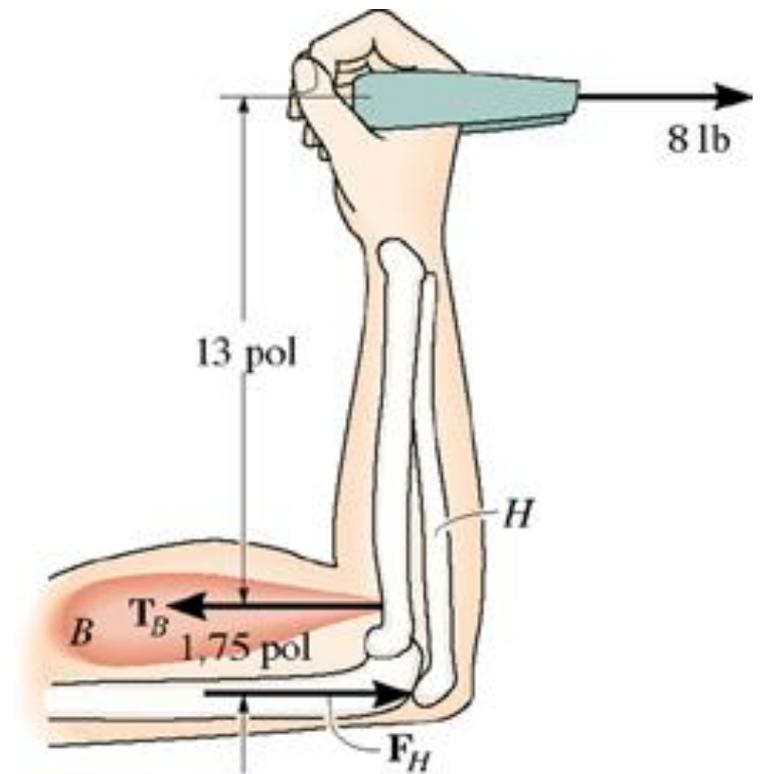
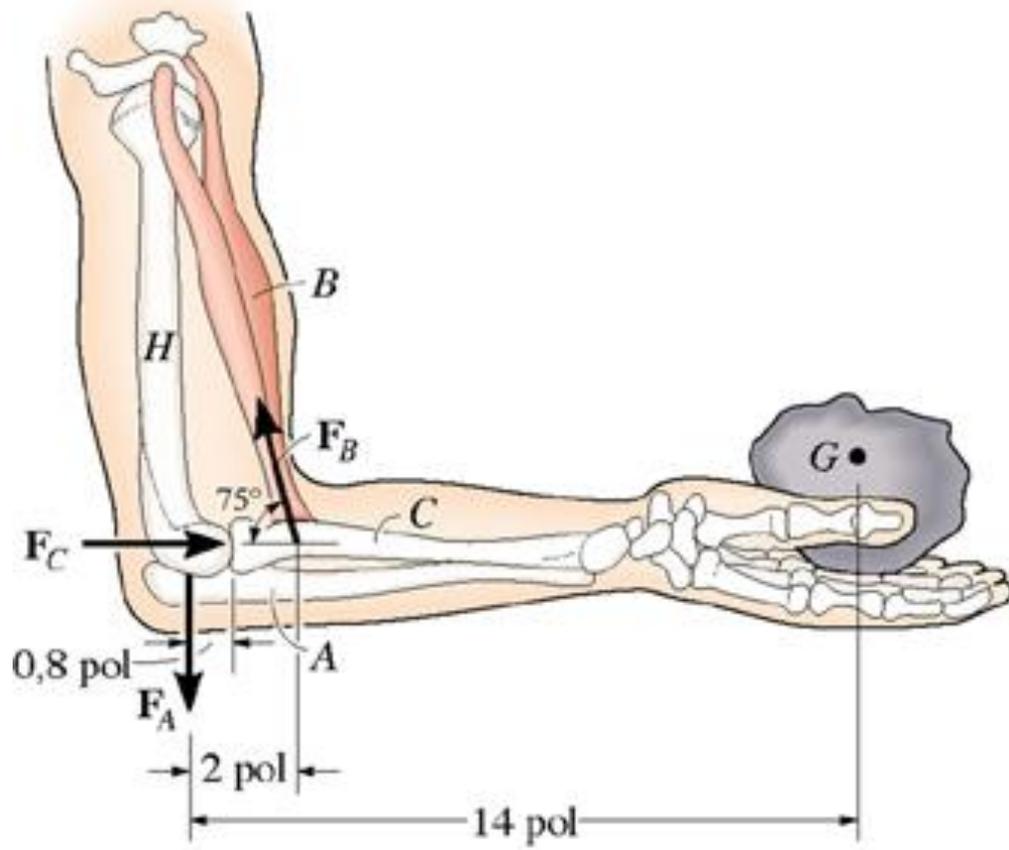


**ESTRUTURA REAL**



**MODELO FÍSICO**





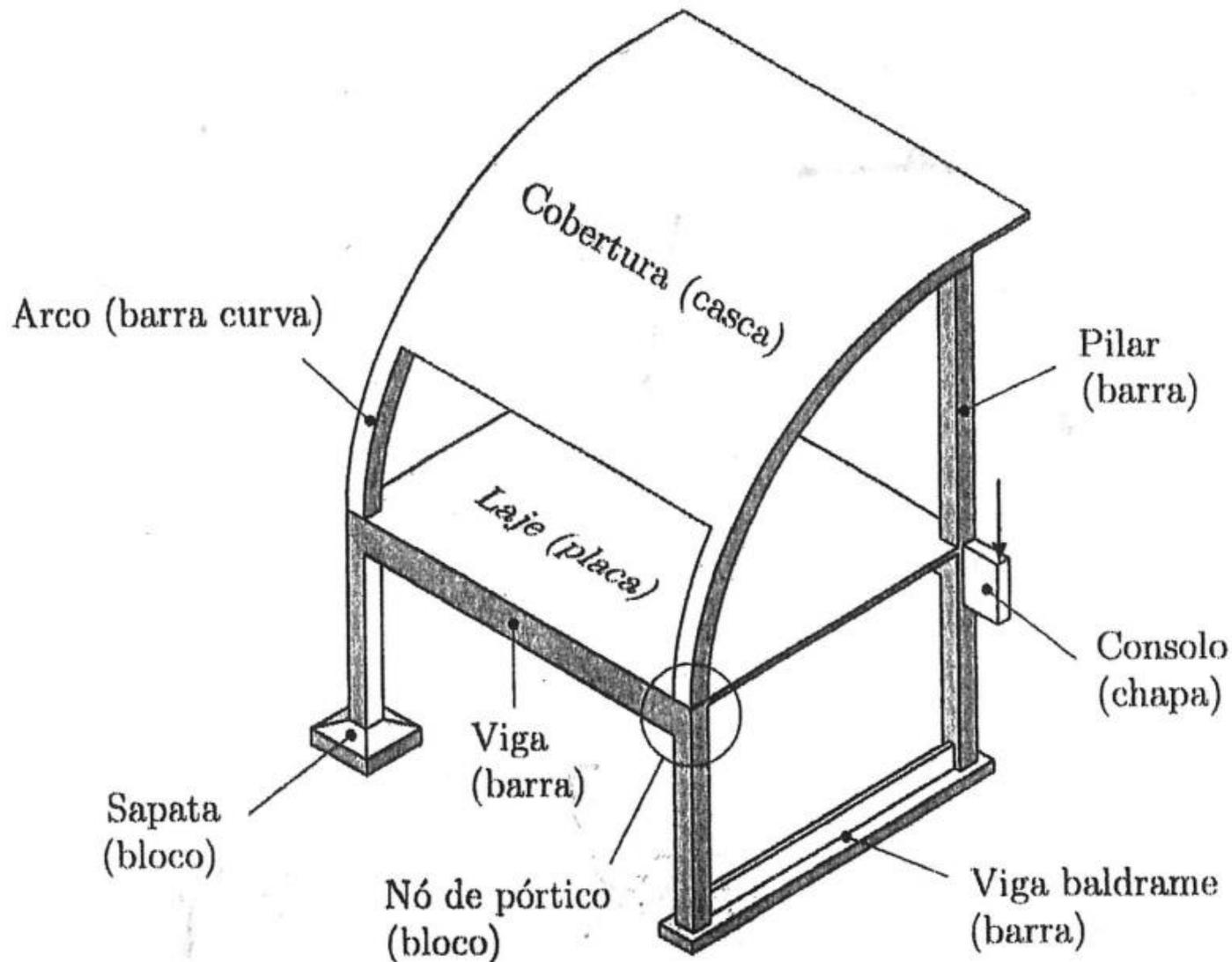


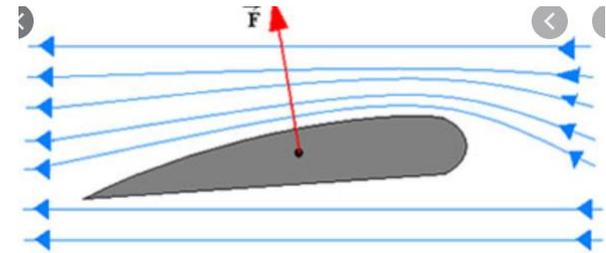
Fig. 1: Elementos estruturais de uma edificação.

# AÇÕES

❖ **TUDO QUE PRODUZ ESFORÇOS E DEFORMAÇÕES NAS ESTRUTURAS**

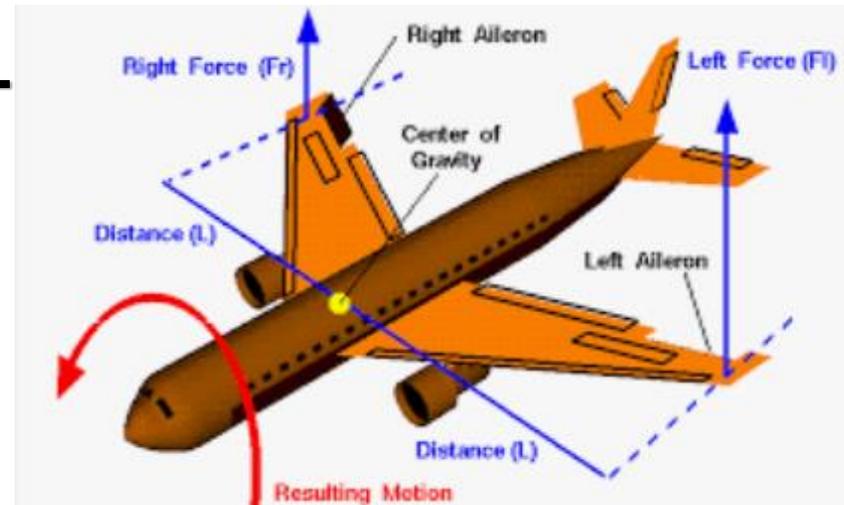
❖ **SÃO AÇÕES:**

- ✓ **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 -**
- ❖ **VARIAÇÕES DE TEMPERATURA**



# TIPOS DE FORÇAS (CARGAS)

- ❖ **FORÇAS DISTRIBUÍDAS DE SUPERFÍCIE:** pressão de um líquido, forças de atrito, e outras
- ❖ **FORÇAS DISTRIBUÍDAS DE VOLUME:** força de gravidade, força eletromagnética, e outras
- ❖ **FORÇA DISTRIBUÍDA POR COMPRIMENTO:**

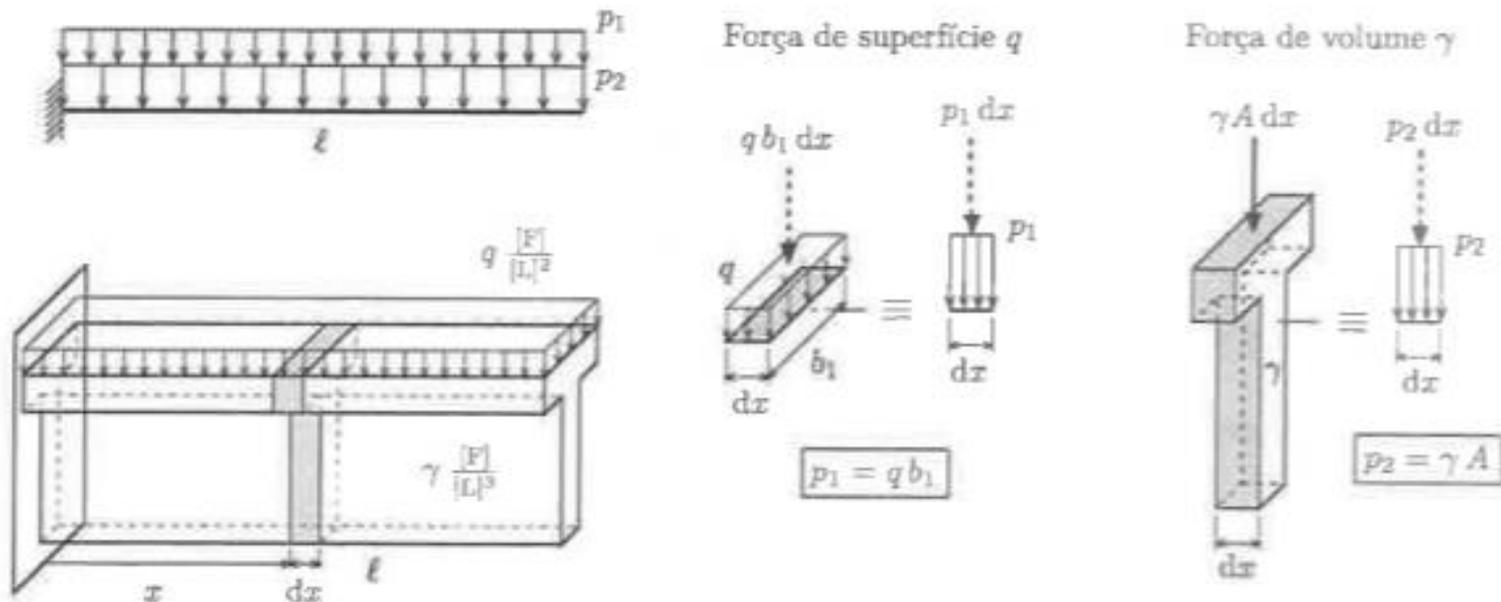
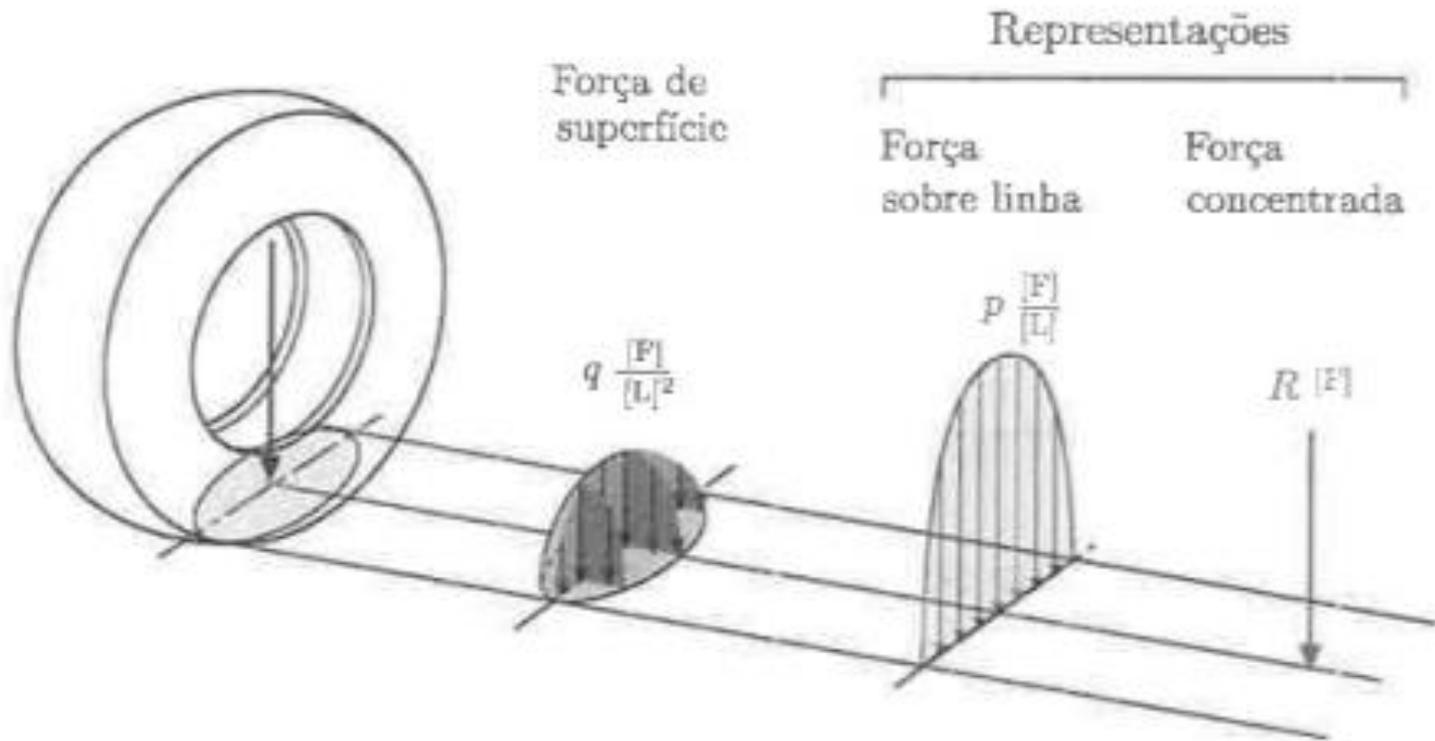


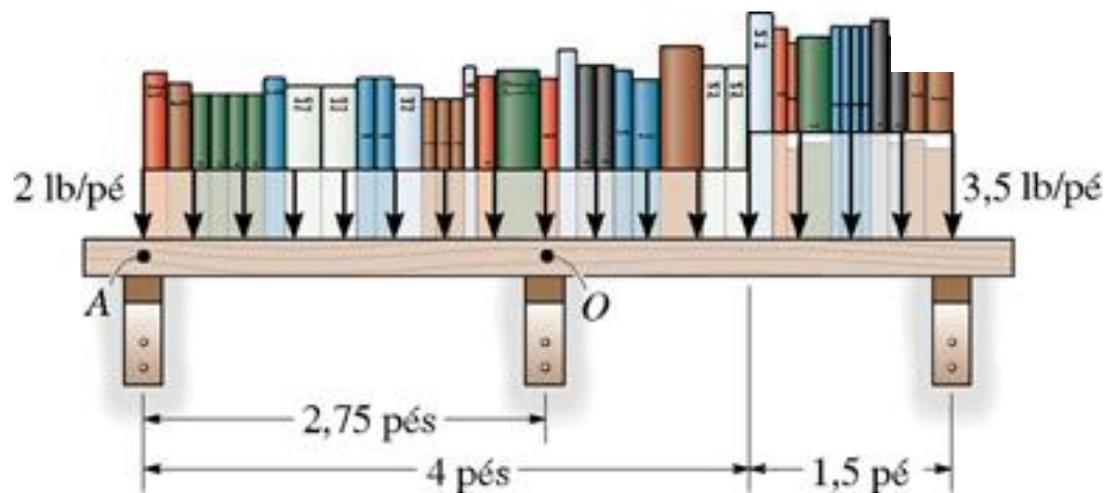
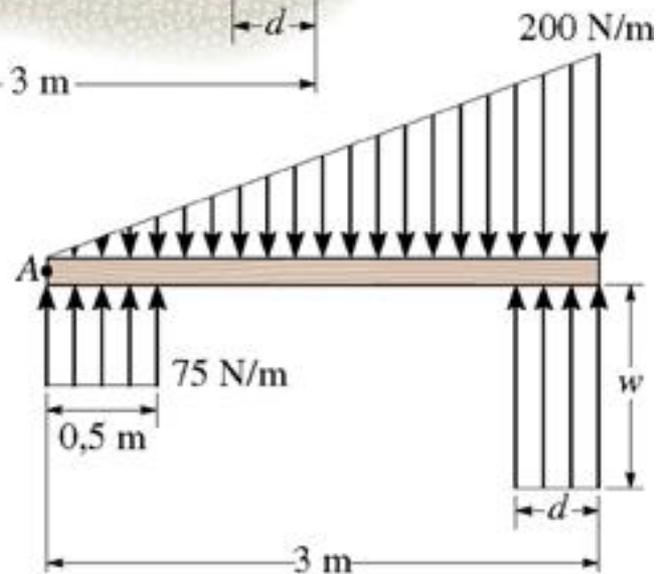
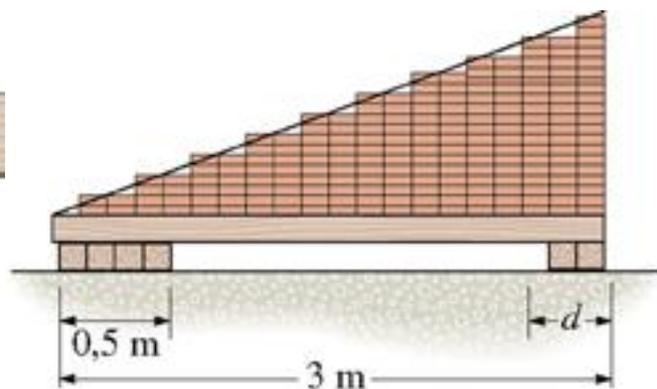
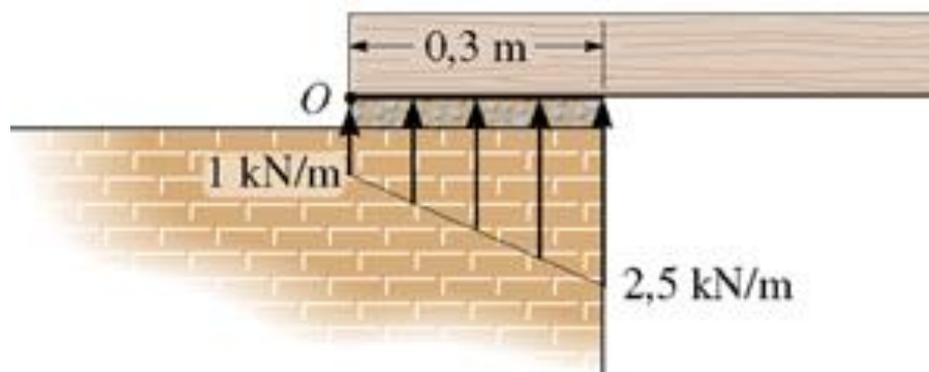
Fig. 8: Cálculo da força distribuída sobre linha. Viga submetida a forças distribuídas  $p_1$  e  $p_2$  mecanicamente equivalentes à força de superfície  $q$  e ao peso próprio da viga.

- ❖ **FORÇA CONCENTRADA:** resultante de forças distribuídas aplicada pontualmente.

# TIPOS DE FORÇAS

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





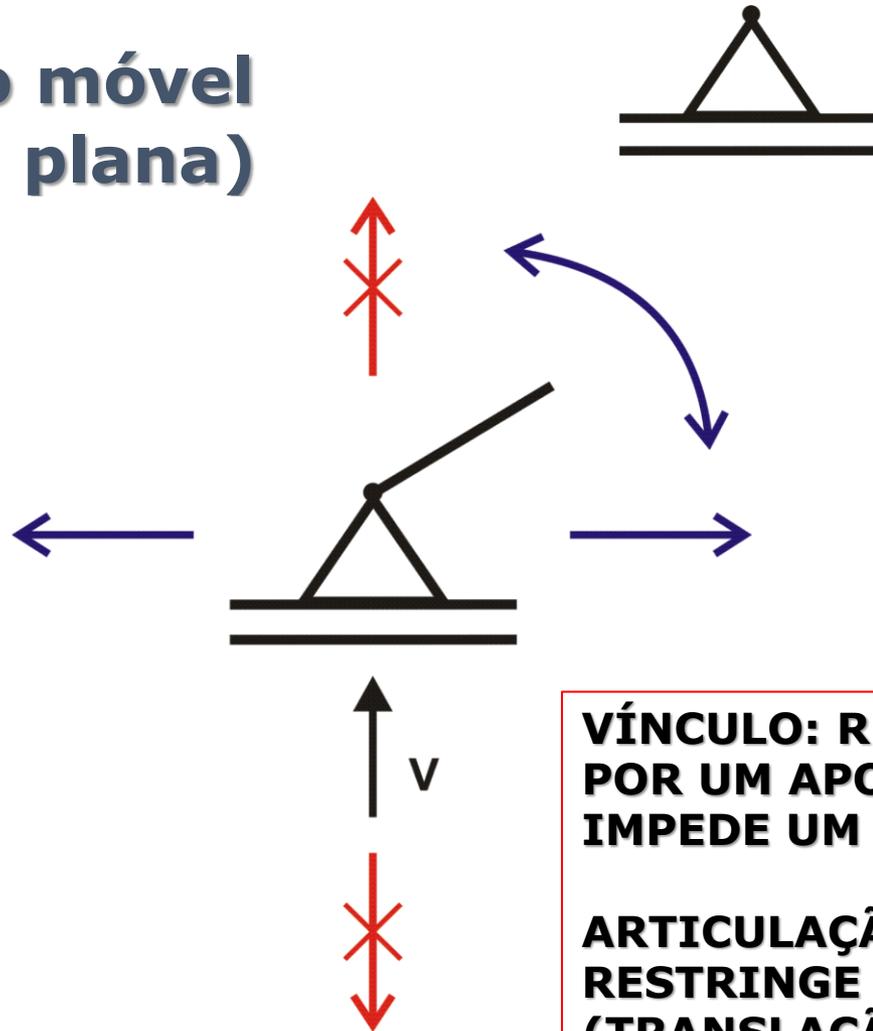
# **ESTÁTICA**

## **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.**



**Ponte D. Pedro II, sobre o rio Paraguaçu, ligando Cachoeira a São Félix, Bahia, Brasil, 1885**



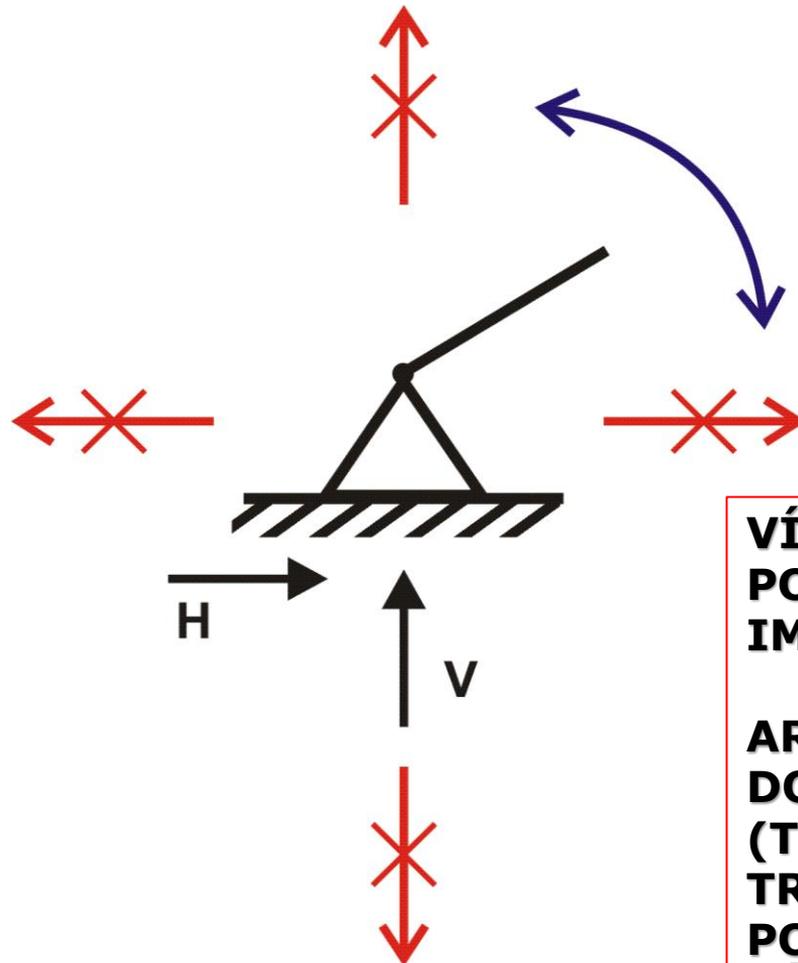
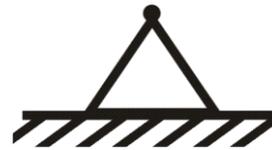




**Ponte ferroviária Zarate Brazo Largo I sobre o rio Paraná de las Palmas, Argentina, 1978**



- **Articulação fixa  
(estrutura plana)**



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

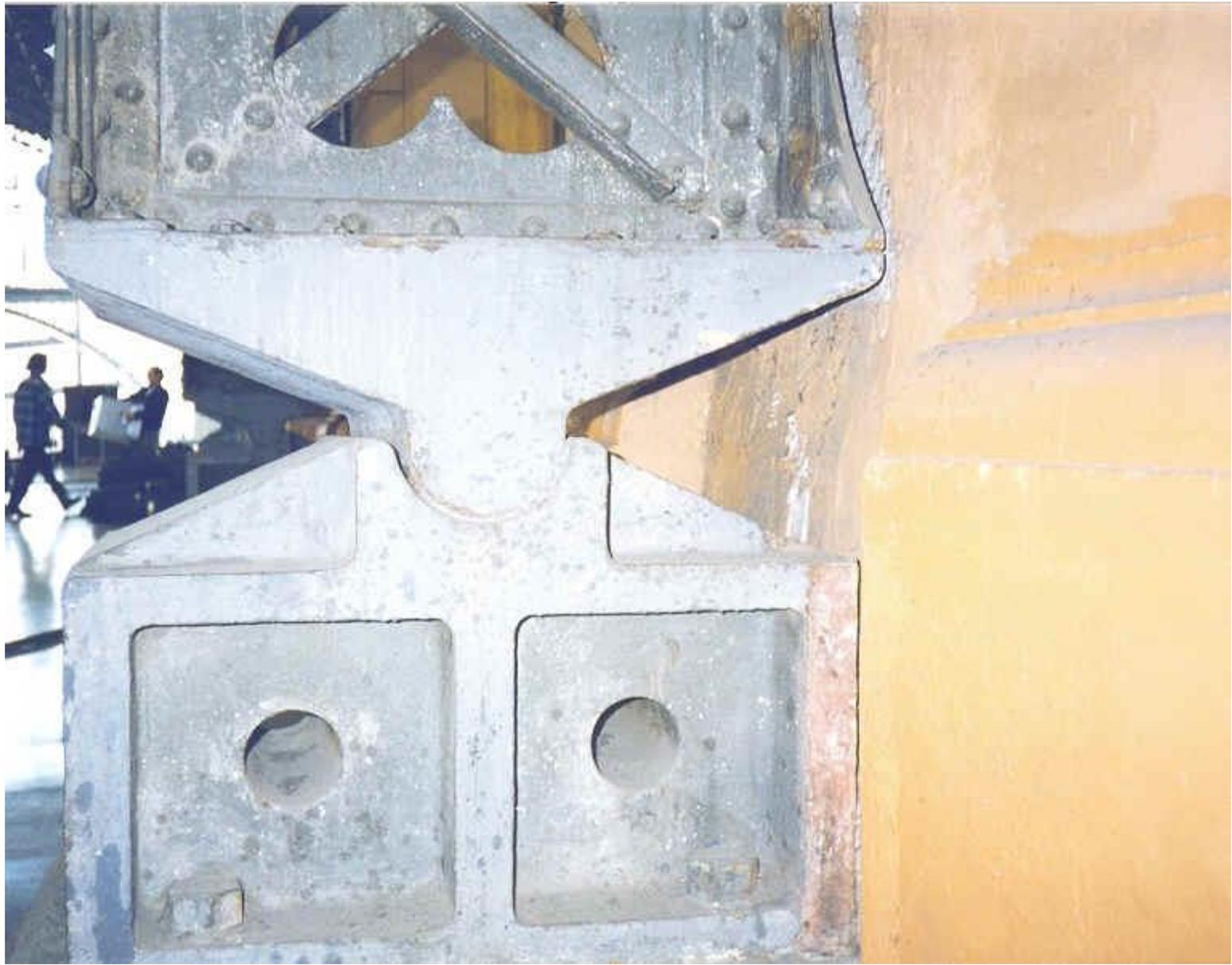
**ARTICULAÇÃO FIXA RESTRINGE DOIS MOVIMENTOS (TRANSLAÇÃO HORIZONTAL E TRANSLAÇÃO VERTICAL), PORTANTO INTRODUZ DOIS VÍNCULOS.**



**Ponte ferroviária Zarate Brazo Largo I sobre o rio Paraná de las Palmas, Argentina, 1978**

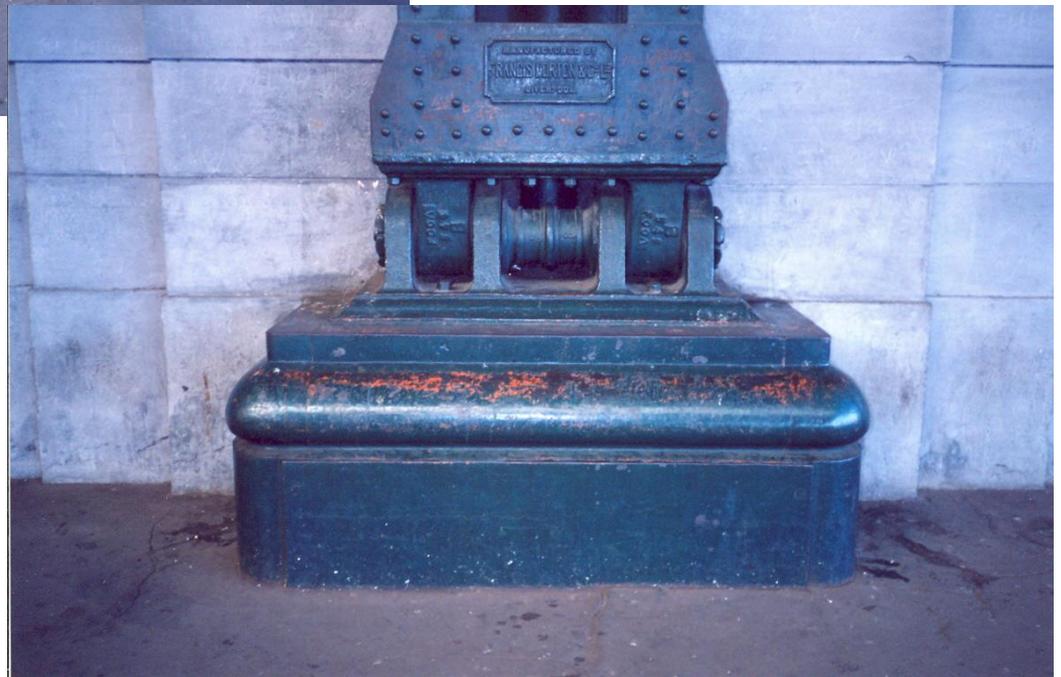


**Estação Mapocho, hoje um centro cultural, Santiago, Chile, 1912**





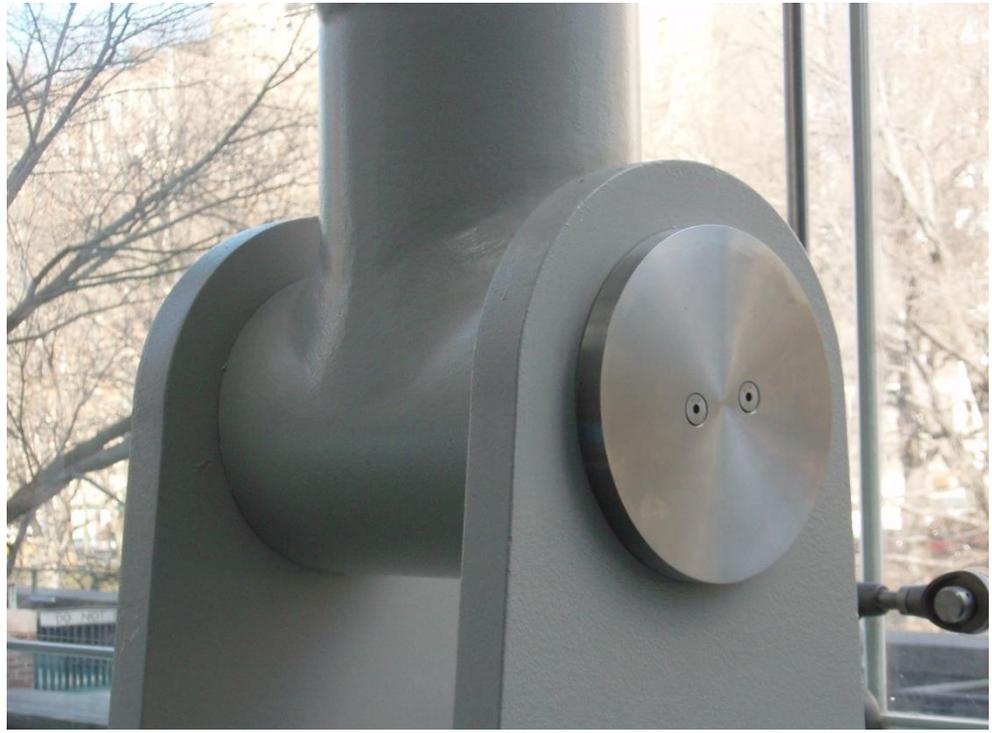
**Estação Retiro, Buenos Aires, Argentina, 1915**





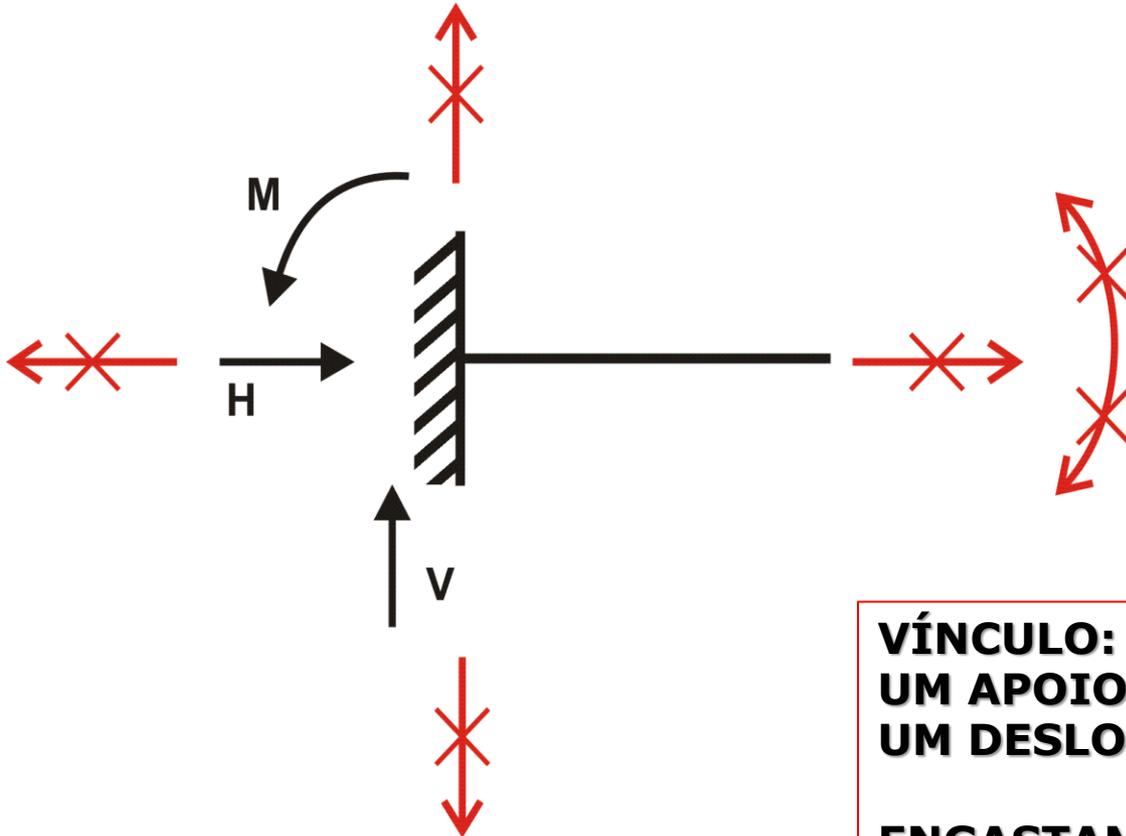
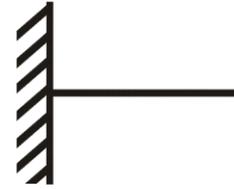
**Hayden Planetarium, Nova York, USA, 2000**







- 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.**





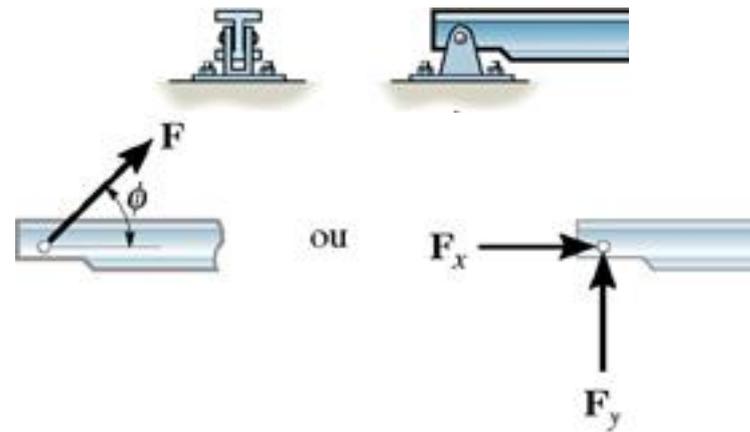
**CN Tower, Toronto, Canadá, 1976, 553 m de altura**

## APOIOS NO PLANO

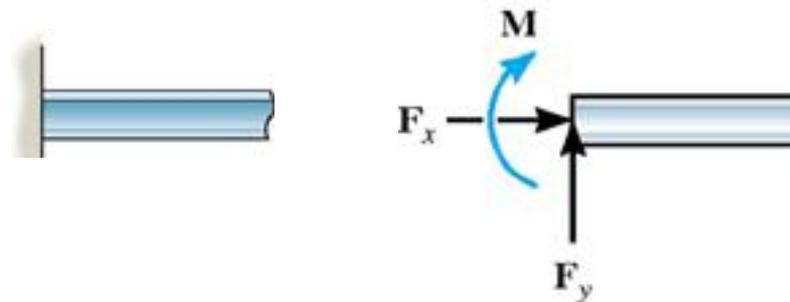
**ARTICULAÇÃO MÓVEL:**



**ARTICULAÇÃO FIXA:**



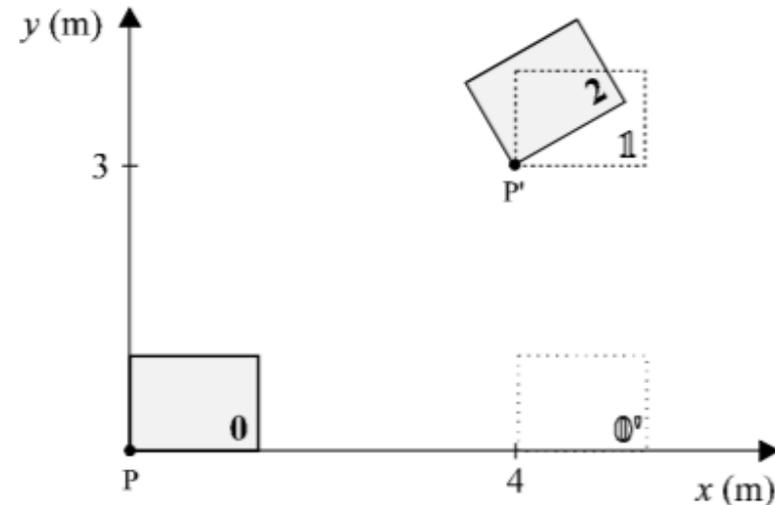
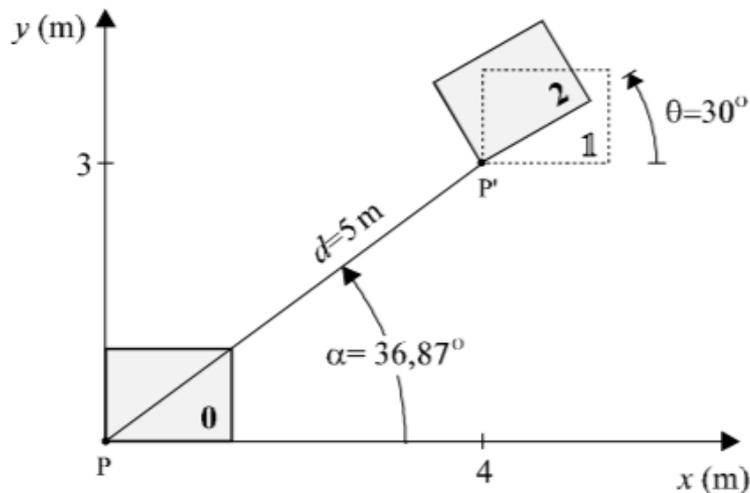
**ENGASTAMENTO:**





## 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

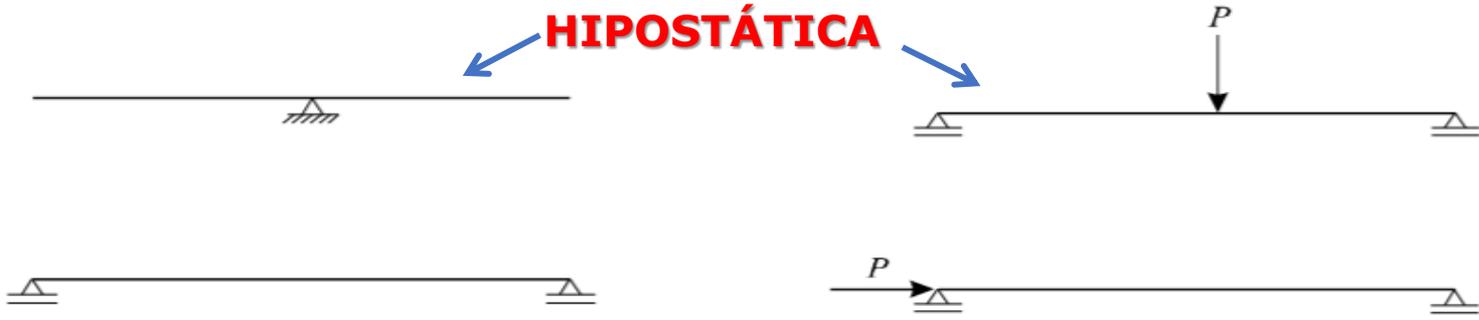
UM SISTEMA MATERIAL PLANO POSSUI TRÊS GRAUS DE LIBERDADE (TRÊS TIPOS INDEPENDENTES DE MOVIMENTO)

**ESTRUTURA HIPOSTÁTICA:** PODE APRESENTAR MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO

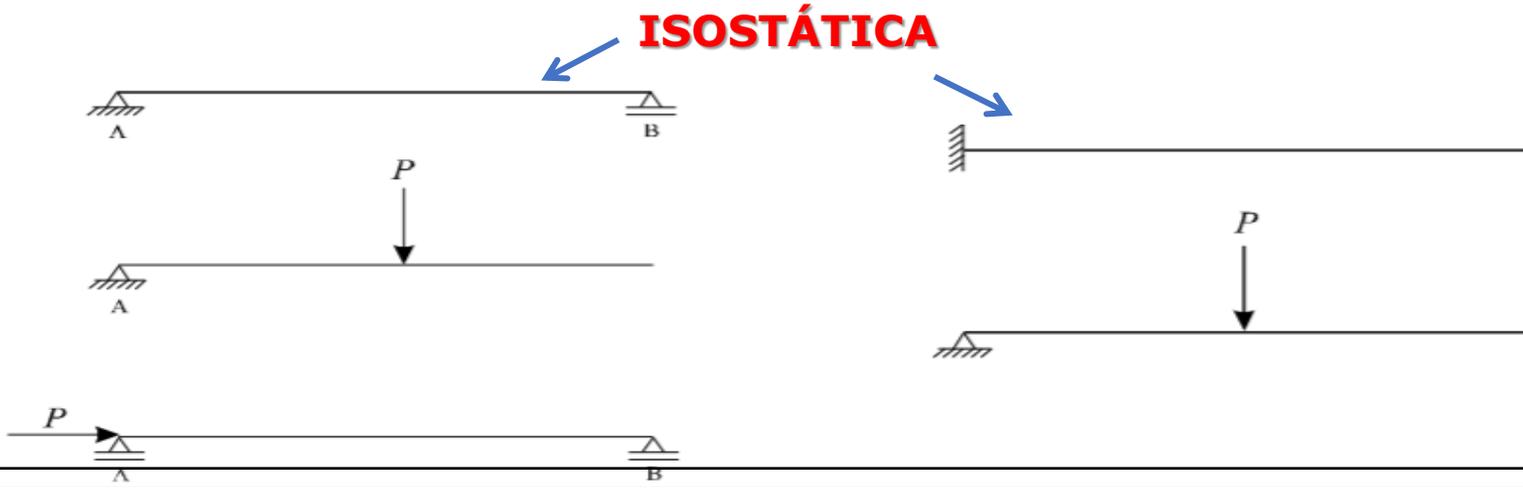
**ESTRUTURA ISOSTÁTICA:** NÃO APRESENTA MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO E SE SUPRIMIR ALGUM VÍNCULO PODE APRESENTAR MOVIMENTO

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

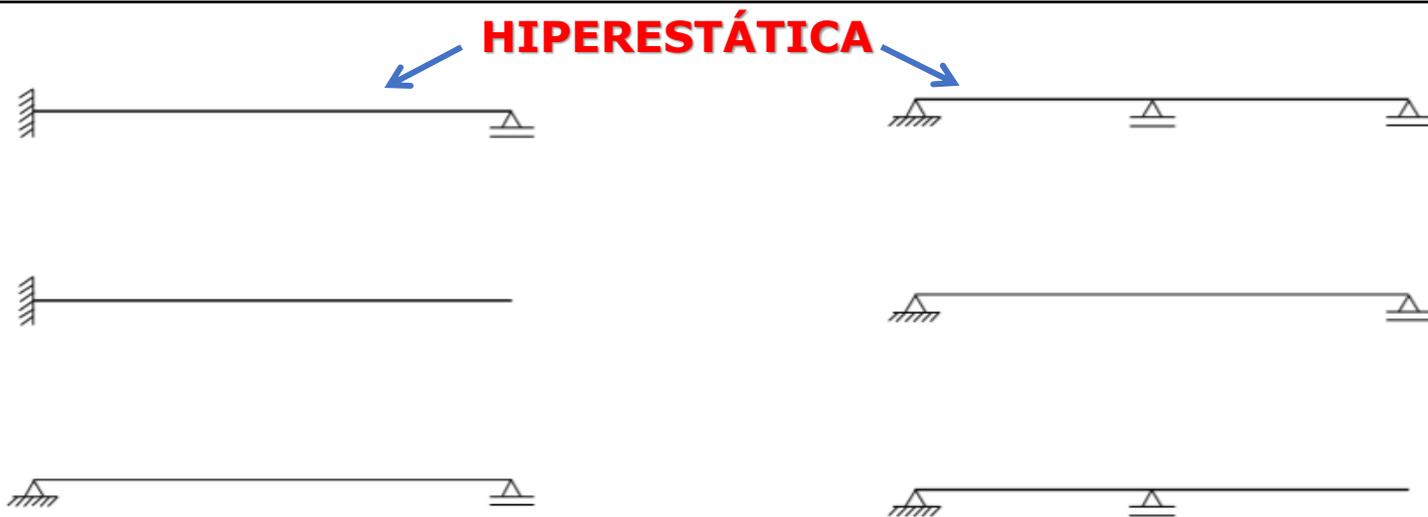
## HIPOSTÁTICA



## ISOSTÁTICA

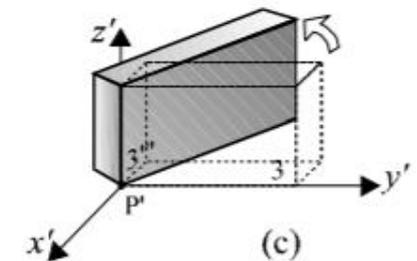
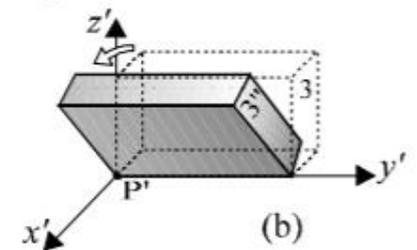
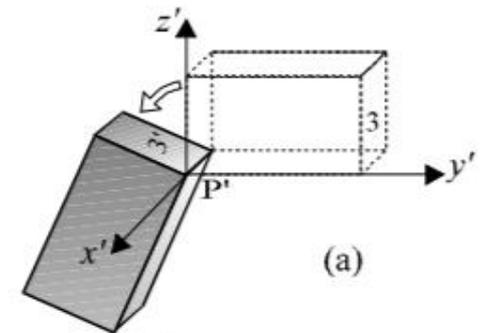
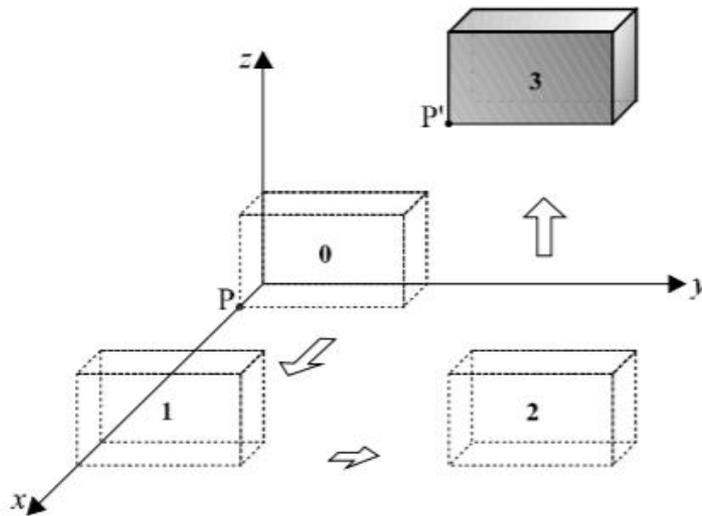
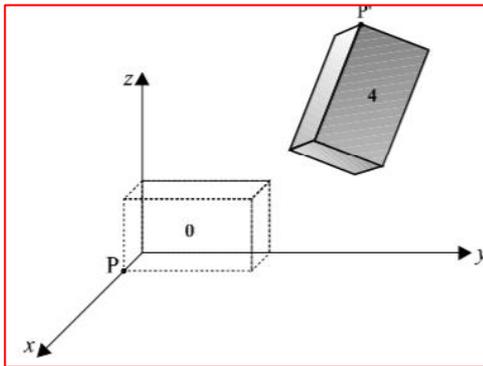


## HIPERESTÁTICA

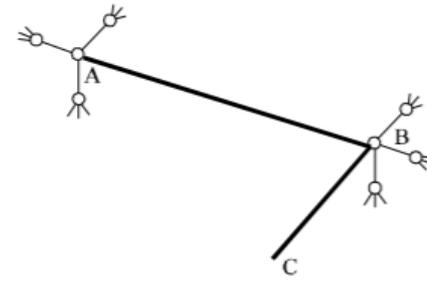
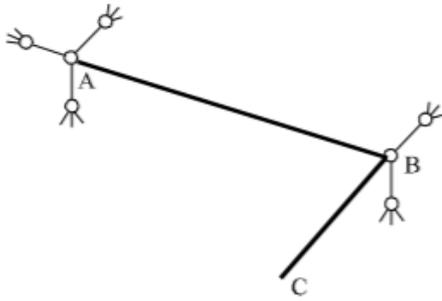


# MOVIMENTO DE UM SISTEMA MATERIAL ESPACIAL:

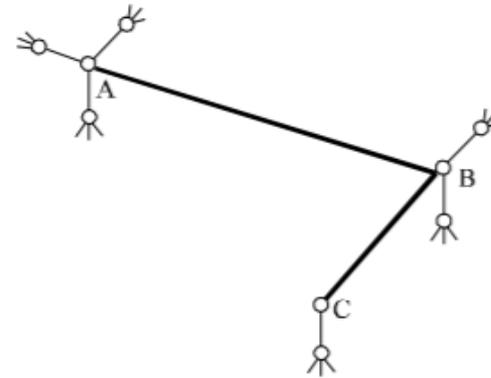
É SEMPRE UMA COMBINAÇÃO TRÊS TRANSLAÇÕES COM TRÊS ROTAÇÕES



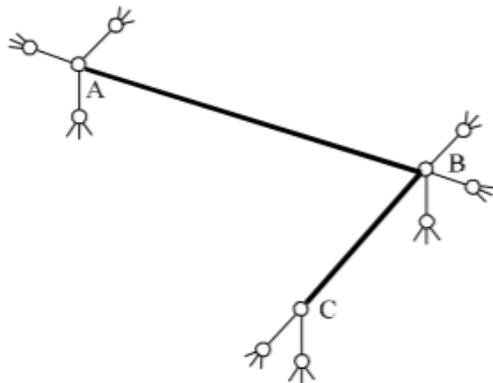
## HIPOSTÁTICA



## ISOSTÁTICA



## HIPERESTÁTICA



# AULA 1

22 mar

- ❖ Apresentação da disciplina
- ❖ **Estudo qualitativo de estruturas pelas suas deformadas**
- ❖ O conceito de estrutura. Ações.

## **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**

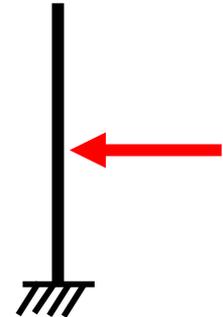
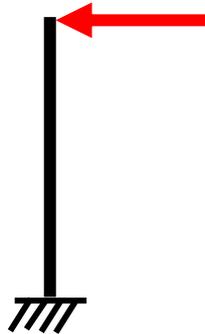
# **OBJETIVO: DESENVOLVER A INTUIÇÃO**

## **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**



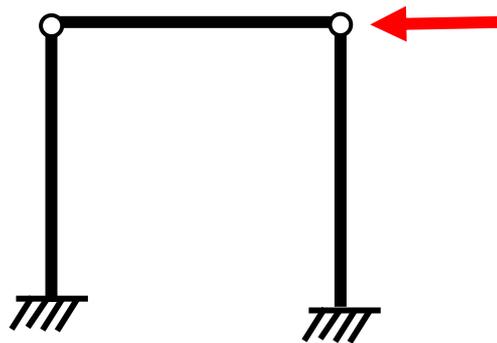
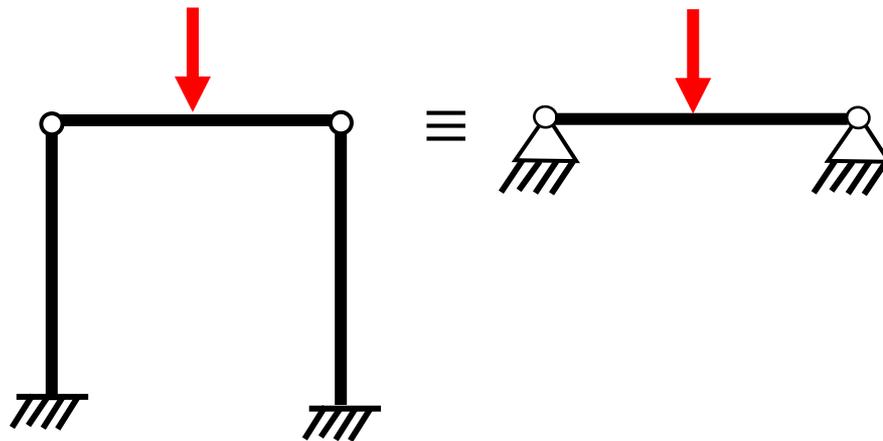
**articulação móvel**



**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

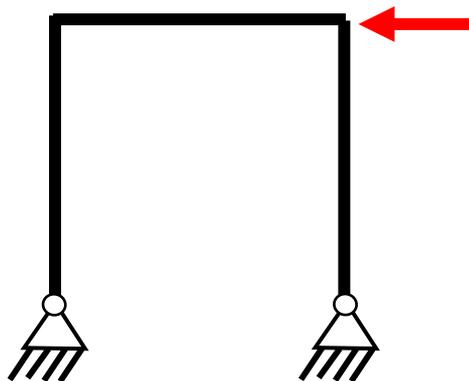
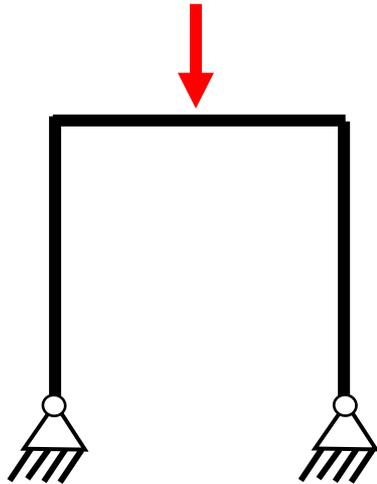


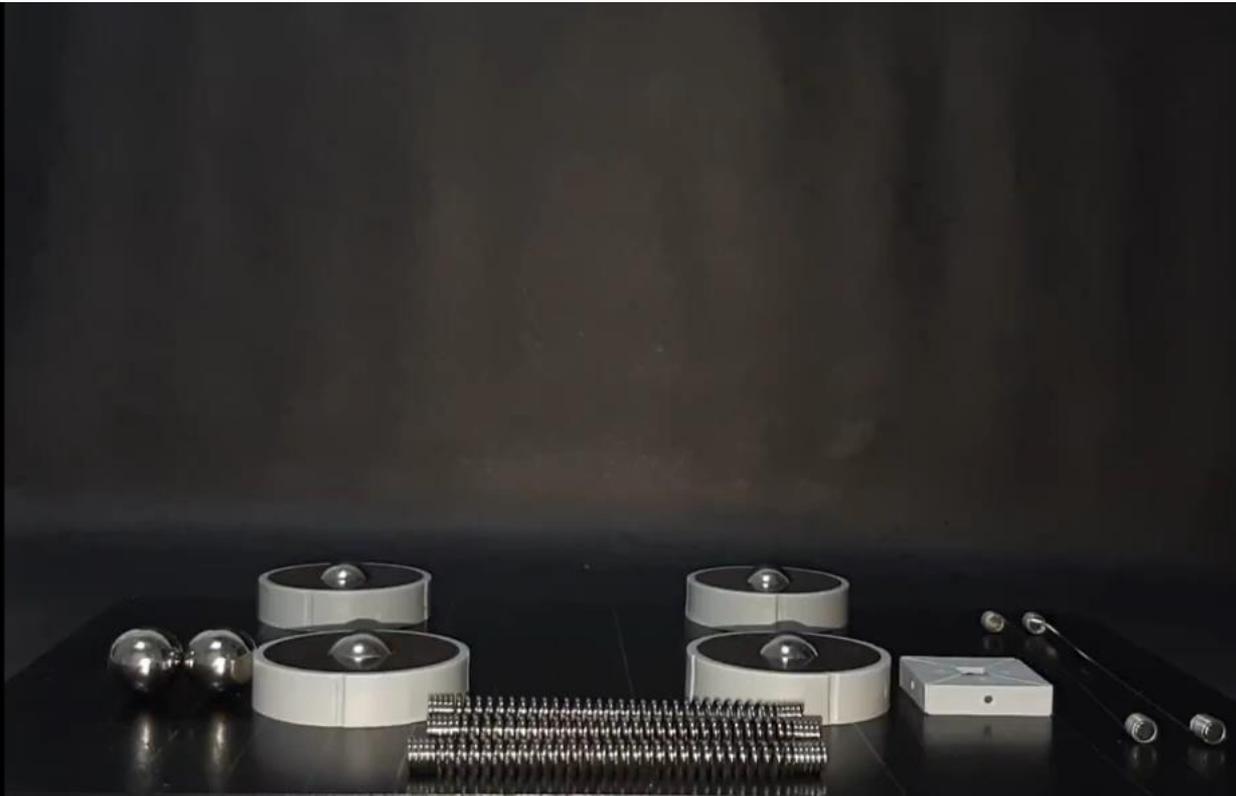


**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**  
PEF – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica  
Laboratório Didático de Resistência dos Materiais  
Copyright© 2021. Todos os direitos reservados.

**Patrocínio**  
amigos  
da poli 

# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

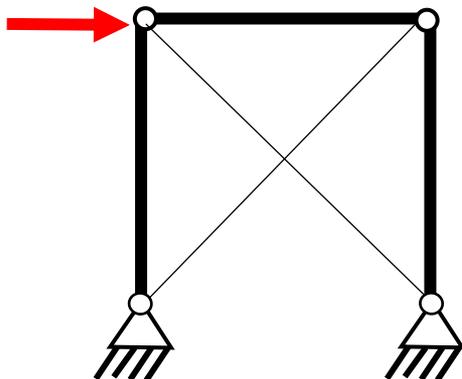
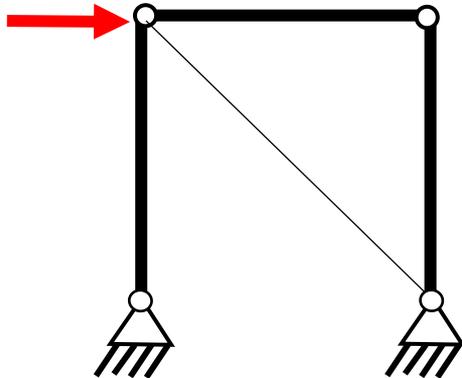
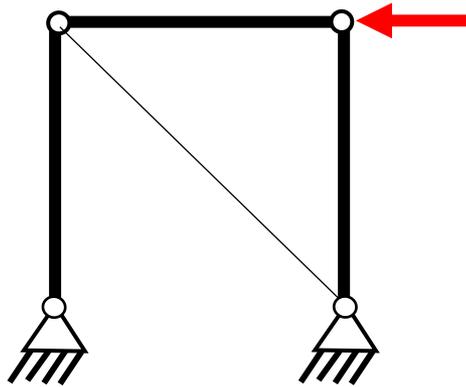




**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**  
PEF – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica  
Laboratório Didático de Resistência dos Materiais  
Copyright© 2021. Todos os direitos reservados.

**Patrocínio**  
amigos  
da poli

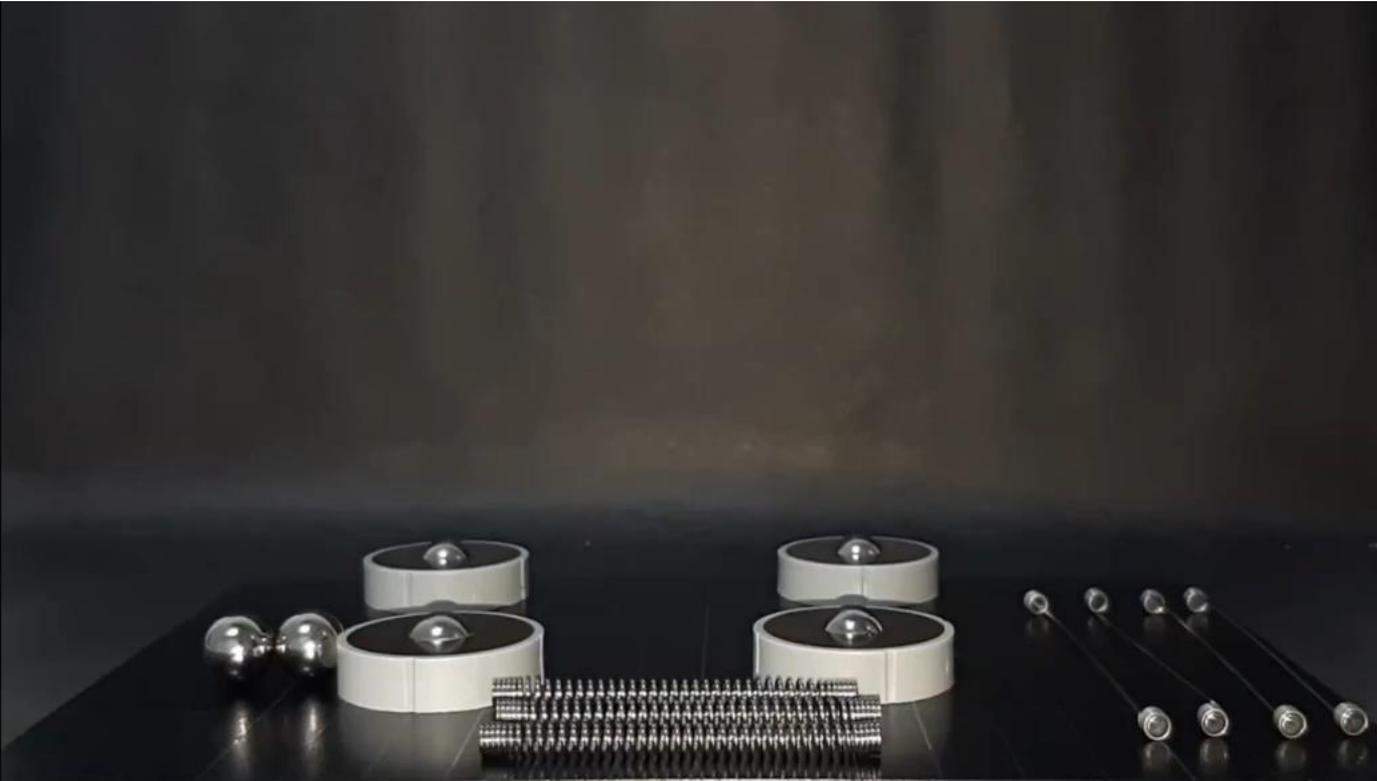
## ESBOÇAR AS DEFORMADAS



### **Contraventamento é:**

Sistema de ligação entre os elementos principais de uma estrutura com a finalidade de aumentar a rigidez da construção. É, em engenharia civil, um sistema de proteção de edificações contra a ação do vento.

<http://www.colegiodearquitetos.com.br/dicionario/2009/02/o-que-e-contraventamento/>



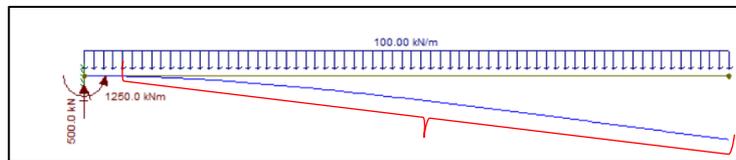
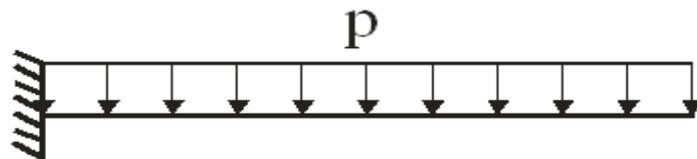
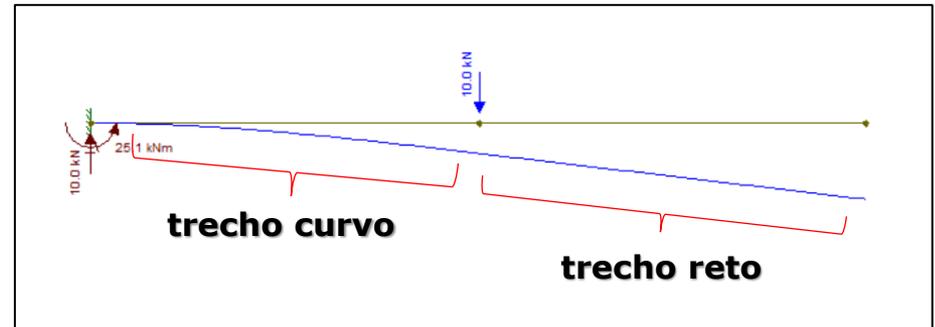
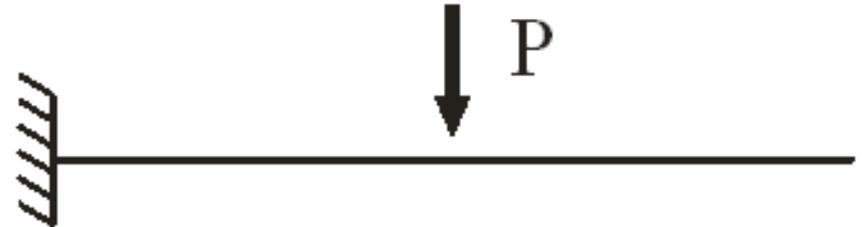
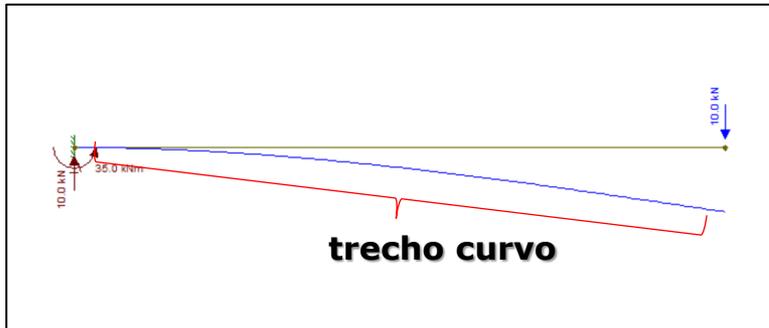
**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**  
PEF – Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica  
Laboratório Didático de Resistência dos Materiais  
Copyright© 2021. Todos os direitos reservados.

**Patrocínio**  
amigos  
da poli 

# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

## VIGA EM BALANÇO

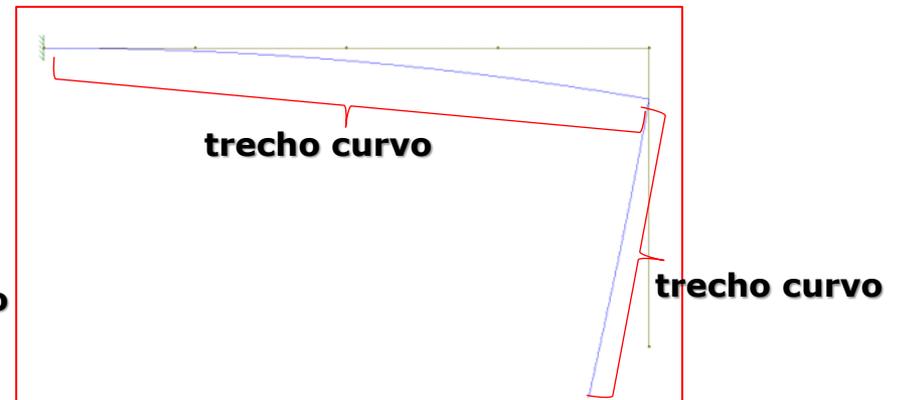
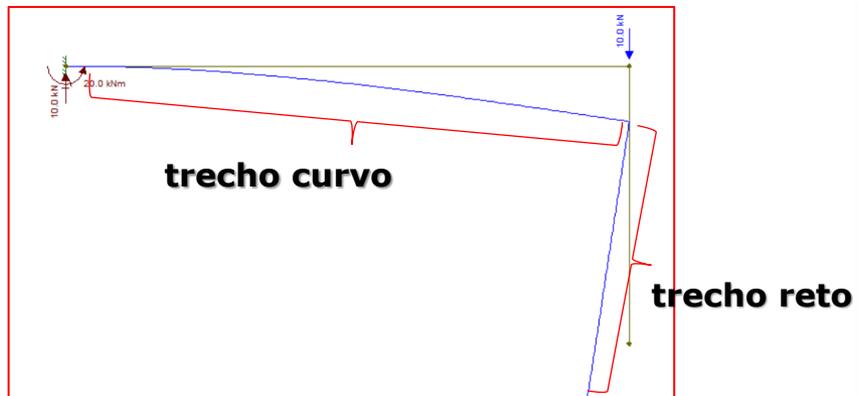
engastamento



# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

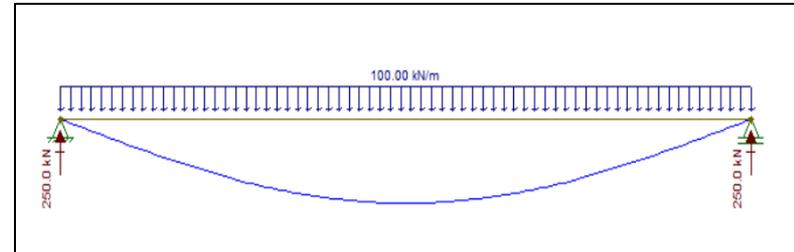
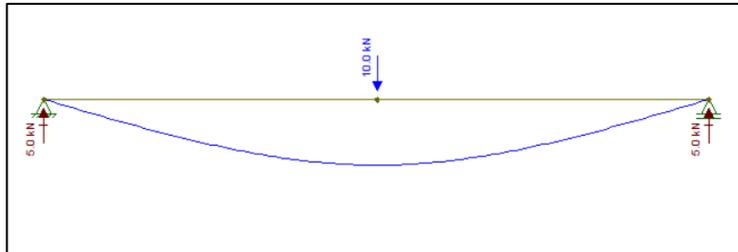
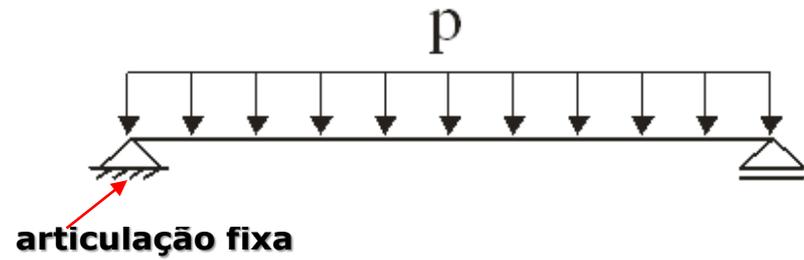
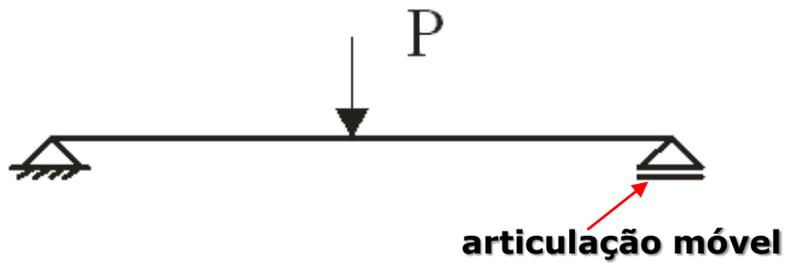
## VIGA EM BALANÇO

engastamento



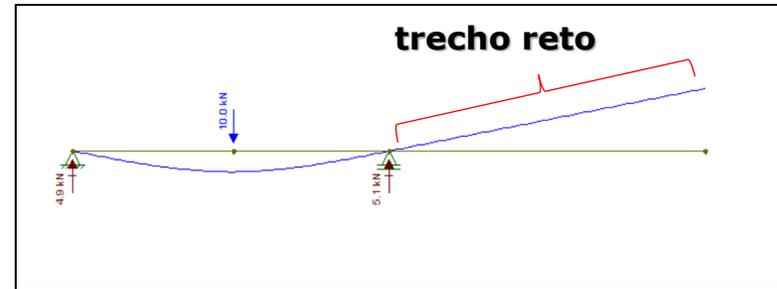
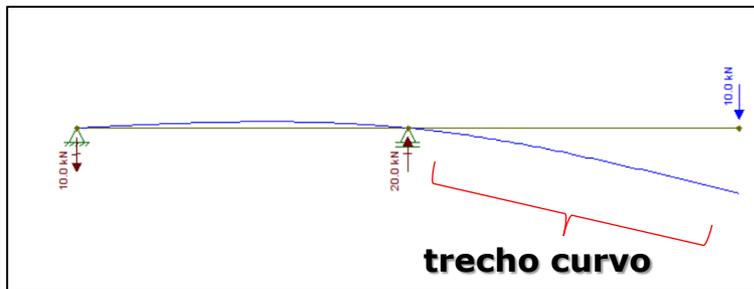
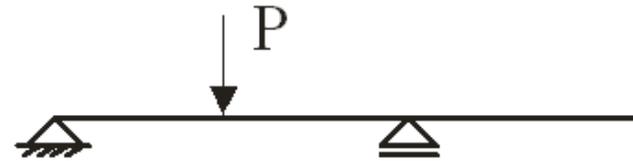
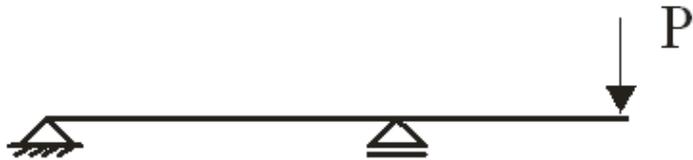
# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

## VIGA SIMPLEMENTE APOIADA



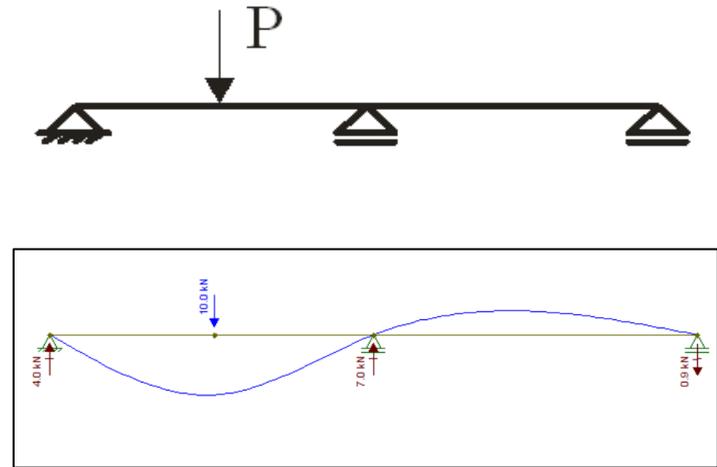
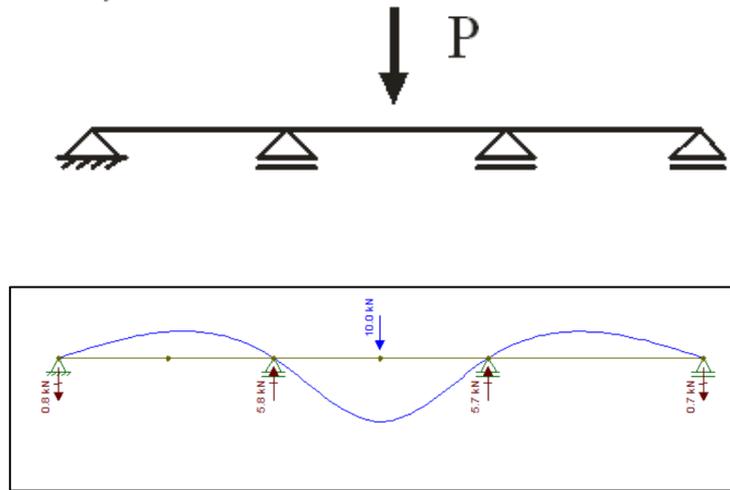
# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

## VIGA SIMPLEMENTE APOIADA COM BALANÇO



# ESBOÇAR AS DEFORMADAS

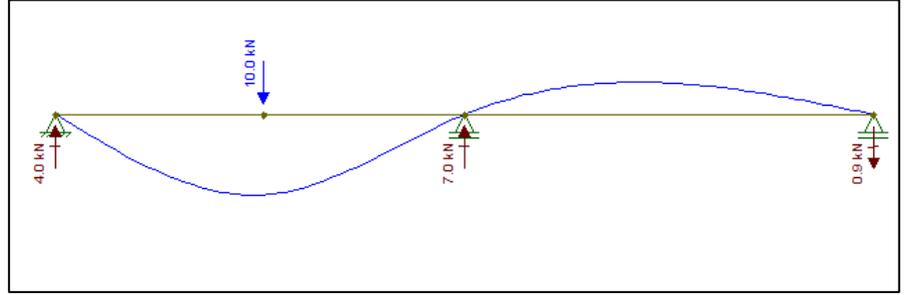
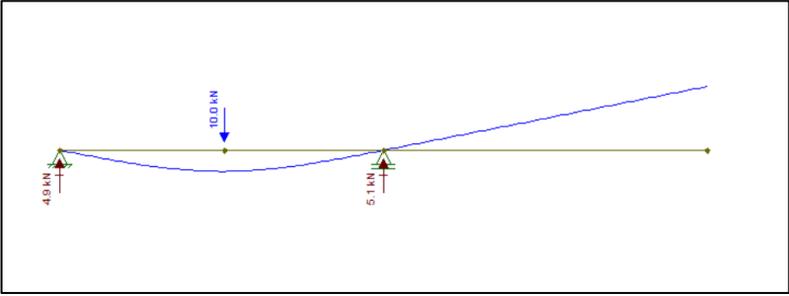
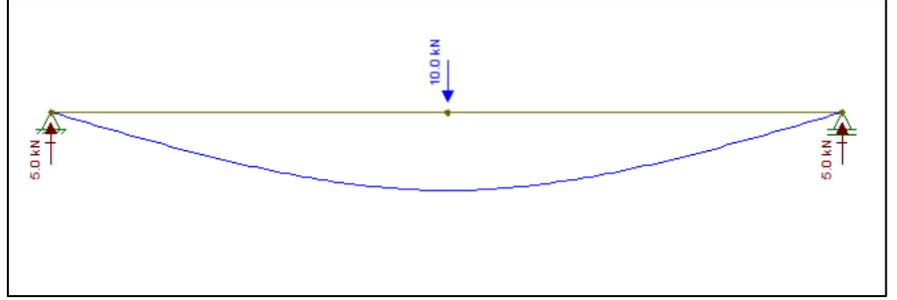
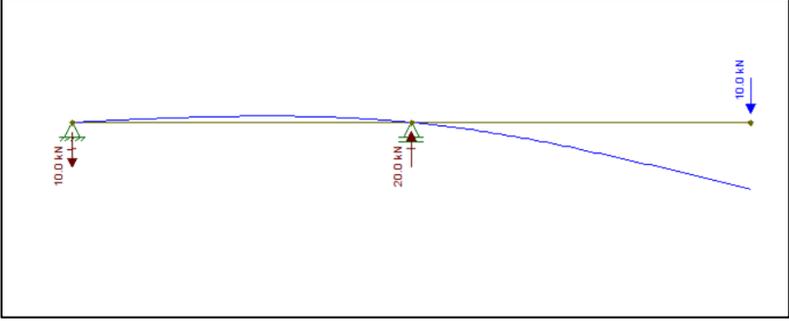
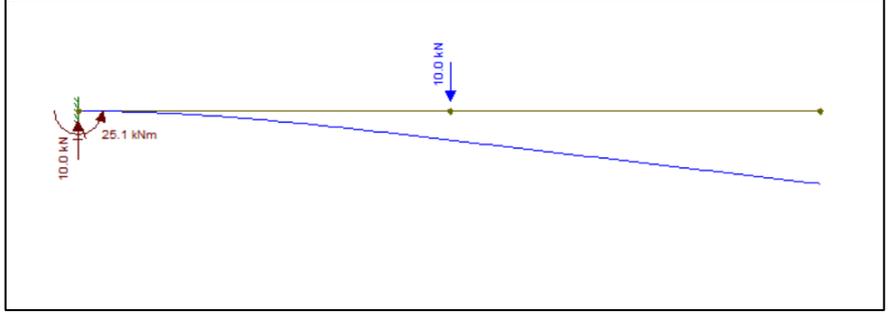
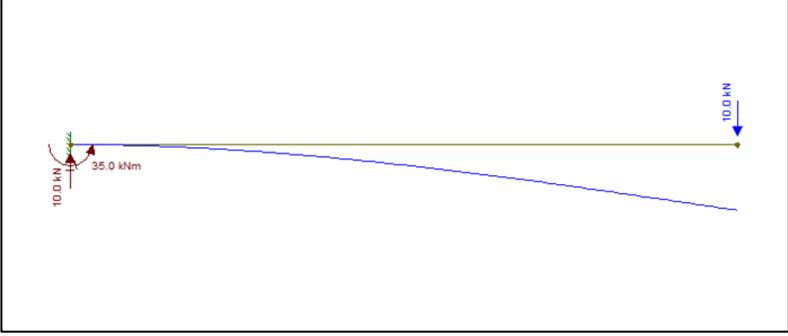
## VIGAS HIPERESTÁTICAS COM UMA ARTICULAÇÃO FIXA E MAIS DE UMA ARTICULAÇÃO MÓVEL

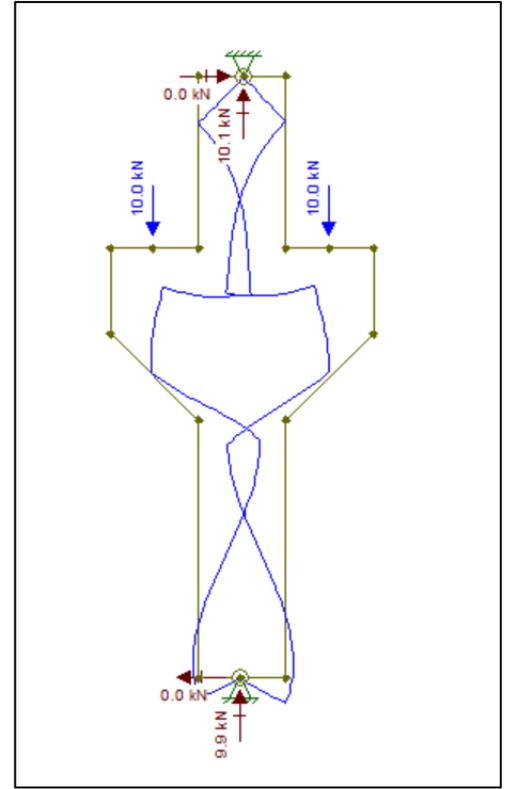
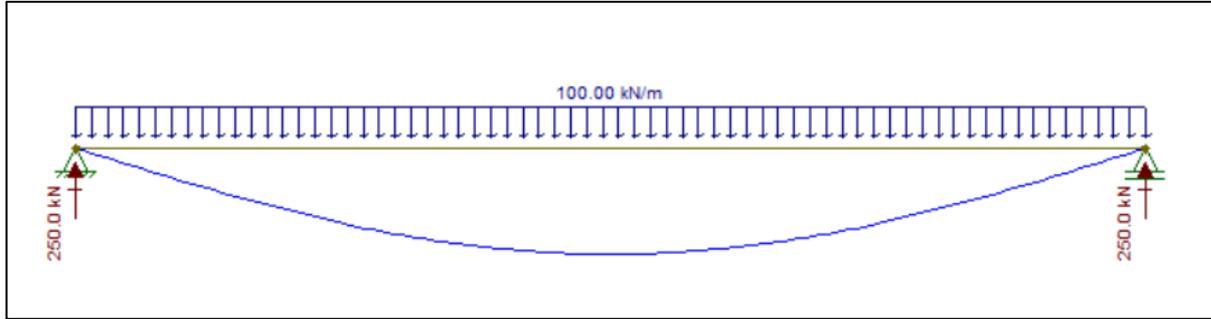
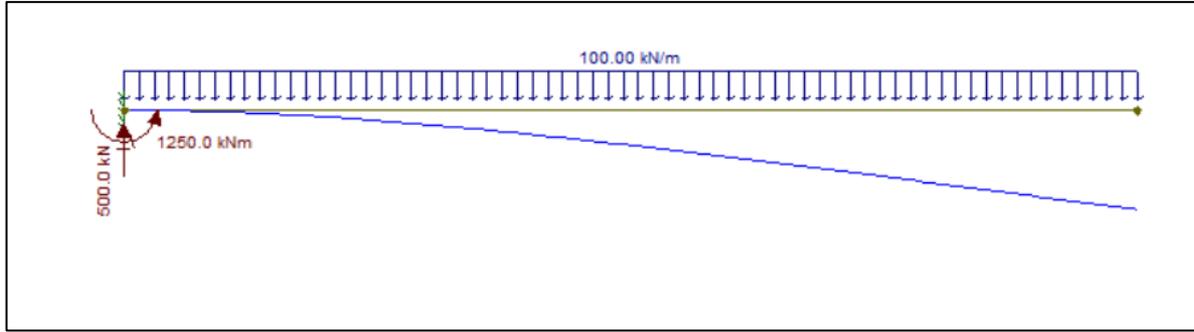


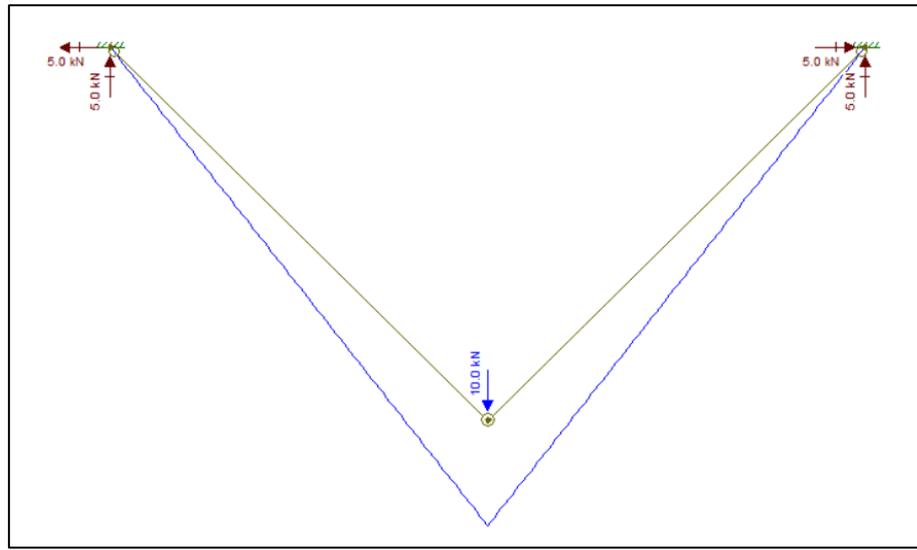
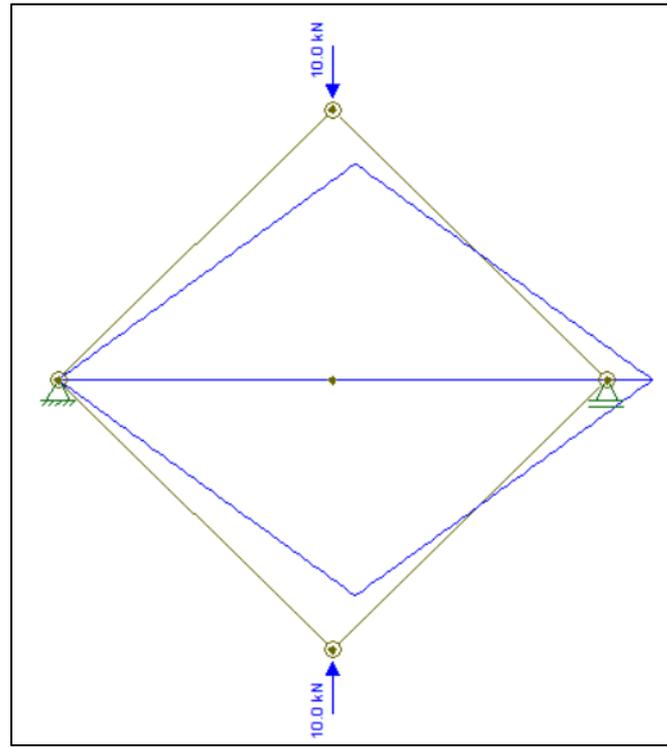
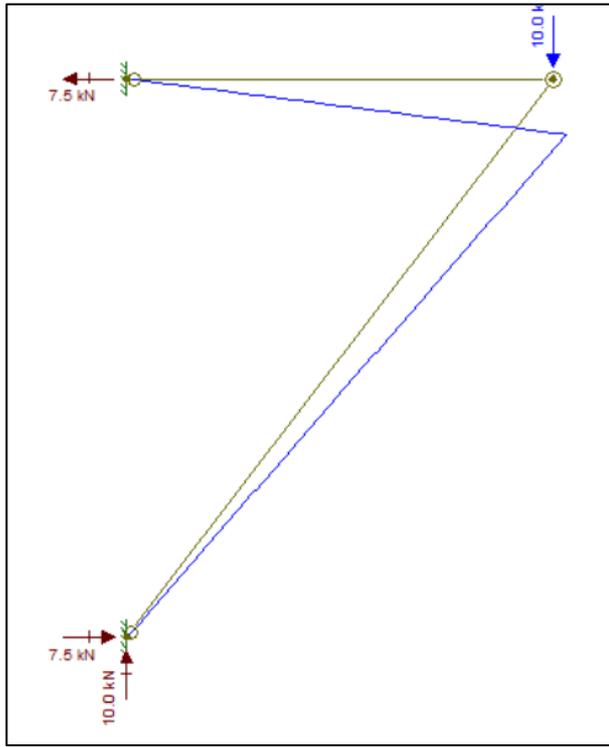
**VIGA HIPOSTÁTICA:** PODE APRESENTAR MOVIMENTO DE CORPO RÍGIDO

**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







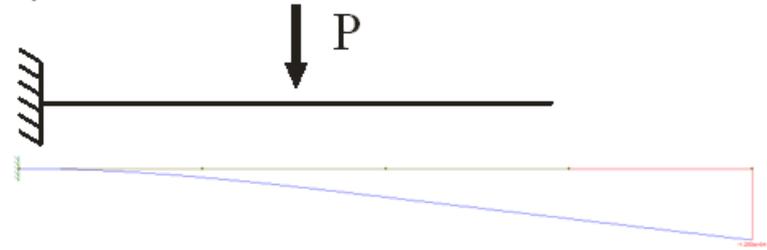
2) Considere uma mesma viga solicitada por uma mesma carga em duas posições distintas. Em qual delas o deslocamento vertical da extremidade livre da viga será maior? Por quê?



a)



b)

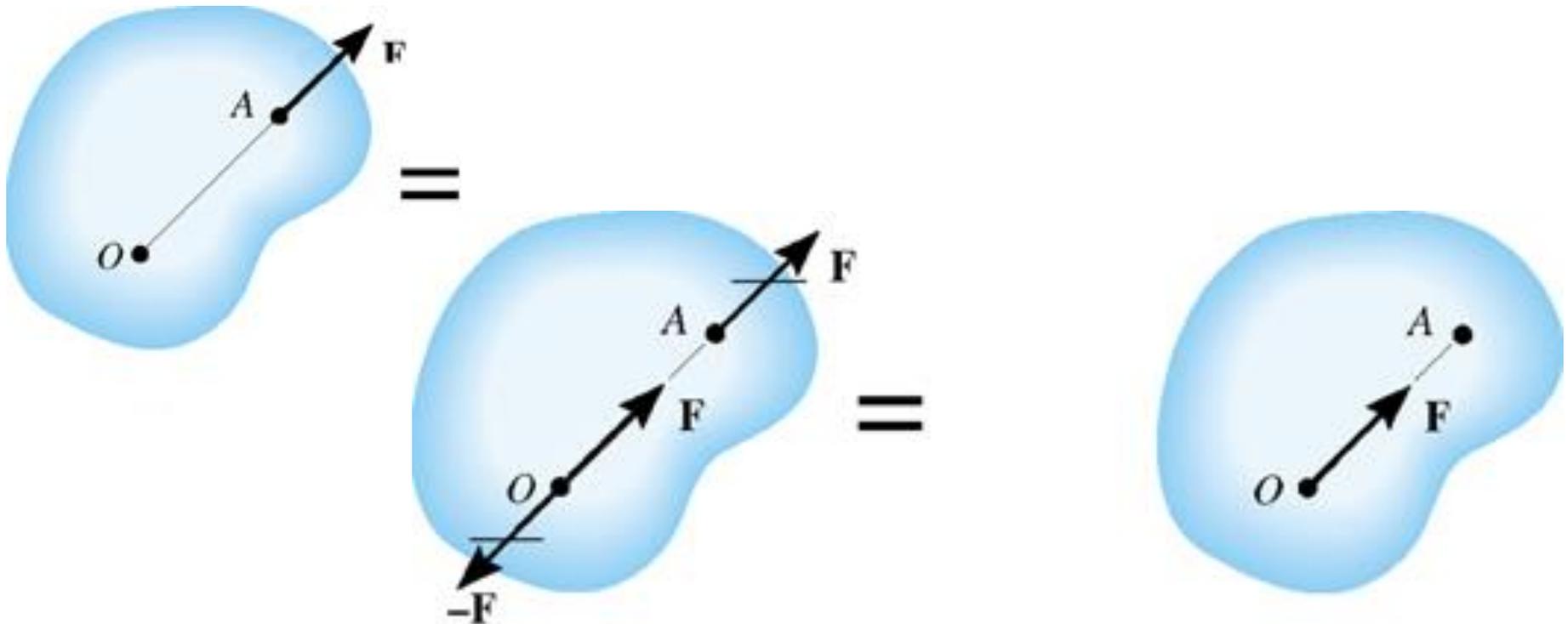


3) Considere as duas vigas do exemplo anterior. Aumentando continuamente o valor de  $P$ , qual das duas vigas irá se romper primeiro? Por quê? Onde se dará a ruptura? Por quê?

# ESTÁTICA

## FORÇA

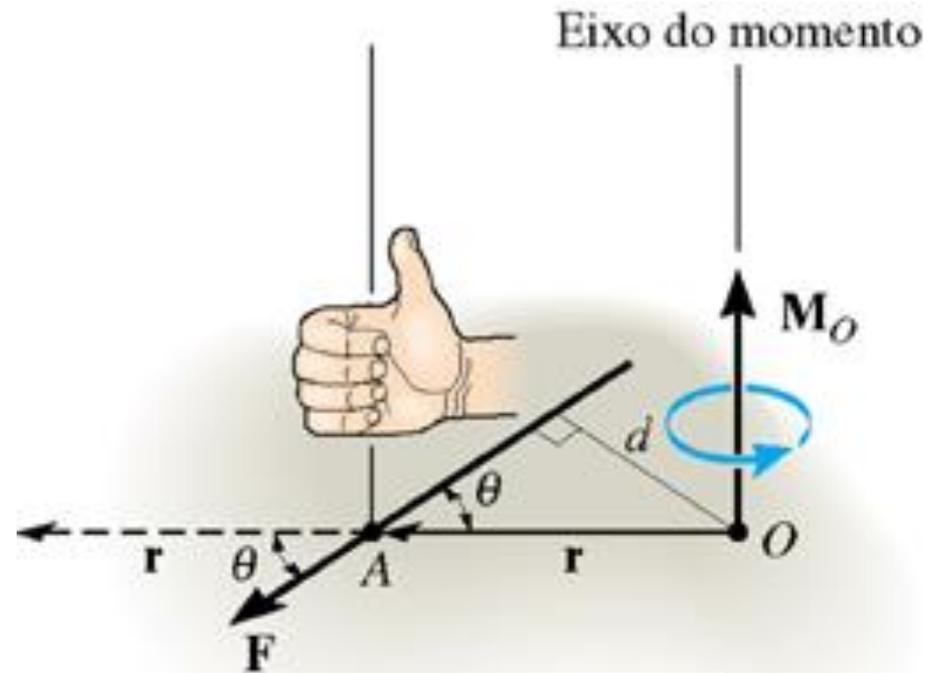
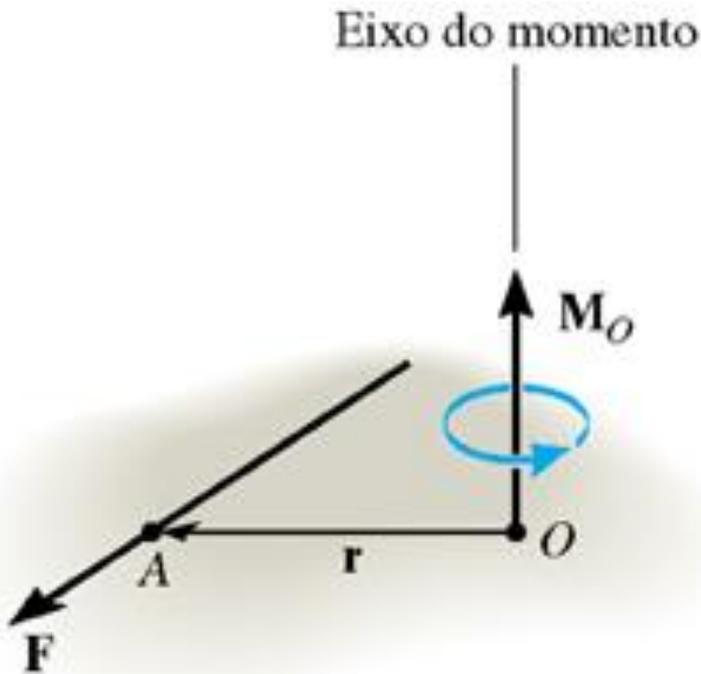
**Linha de ação de uma força aplicada em um ponto  $P$  é a reta que passa por  $P$  e é paralela à força**



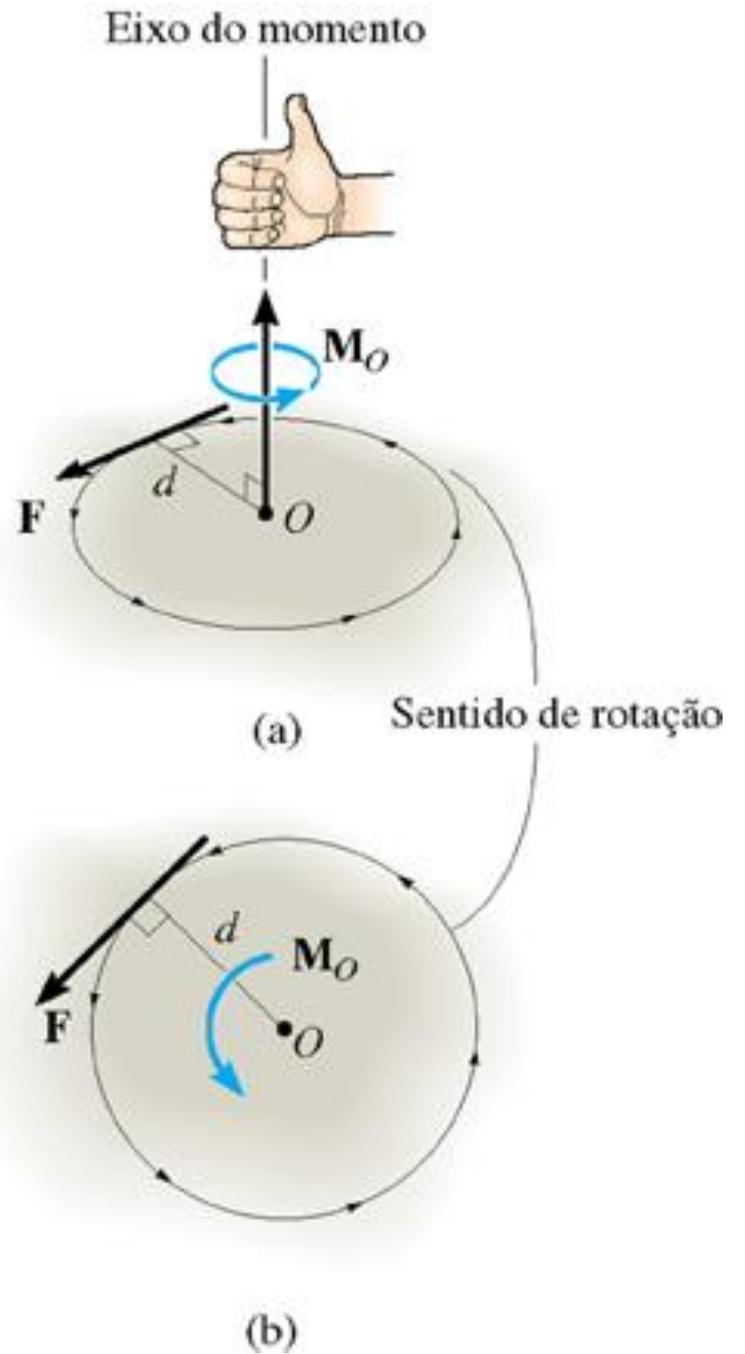
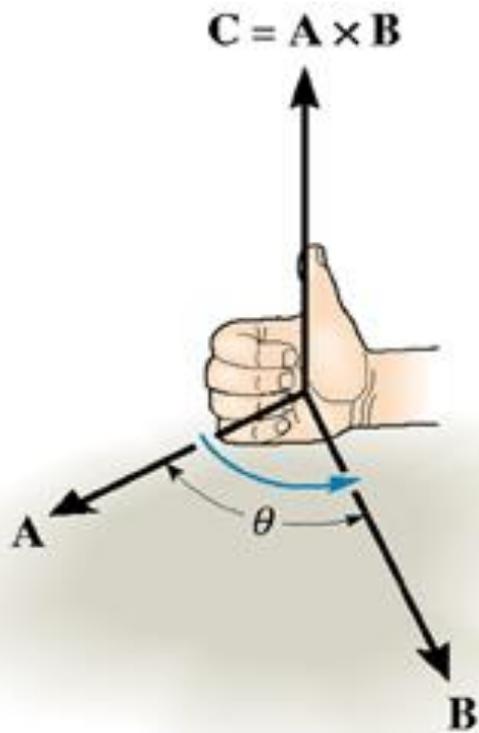
# ESTÁTICA

## MOMENTO

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

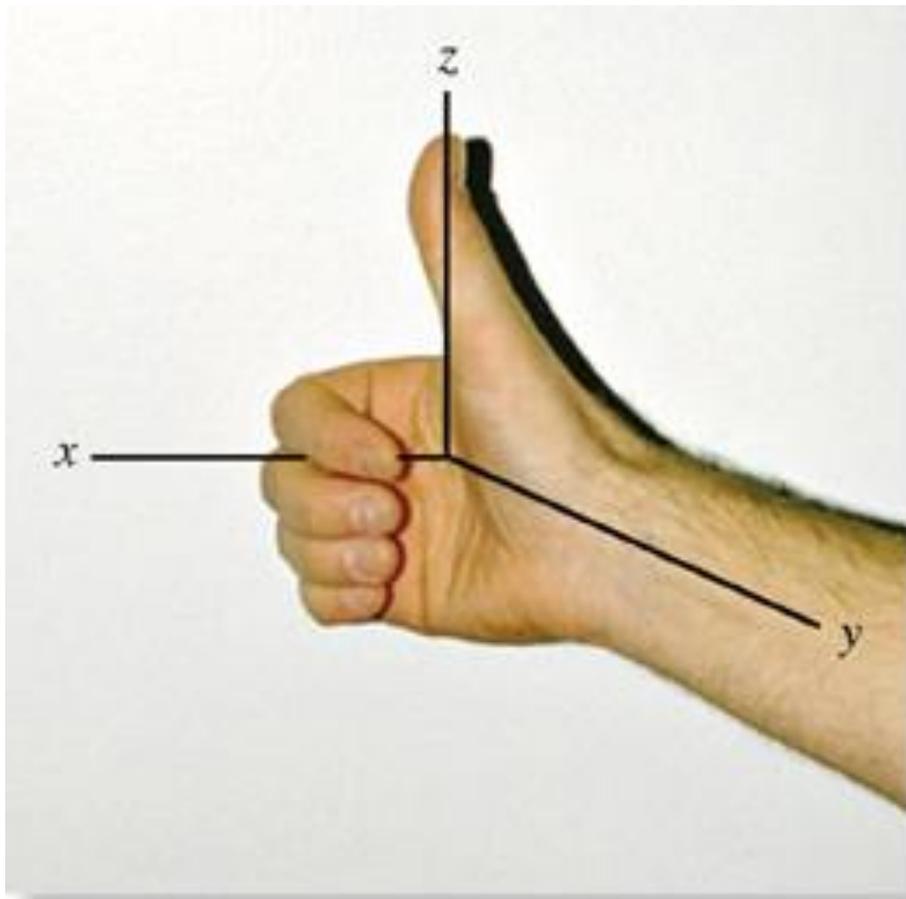


# ESTÁTICA

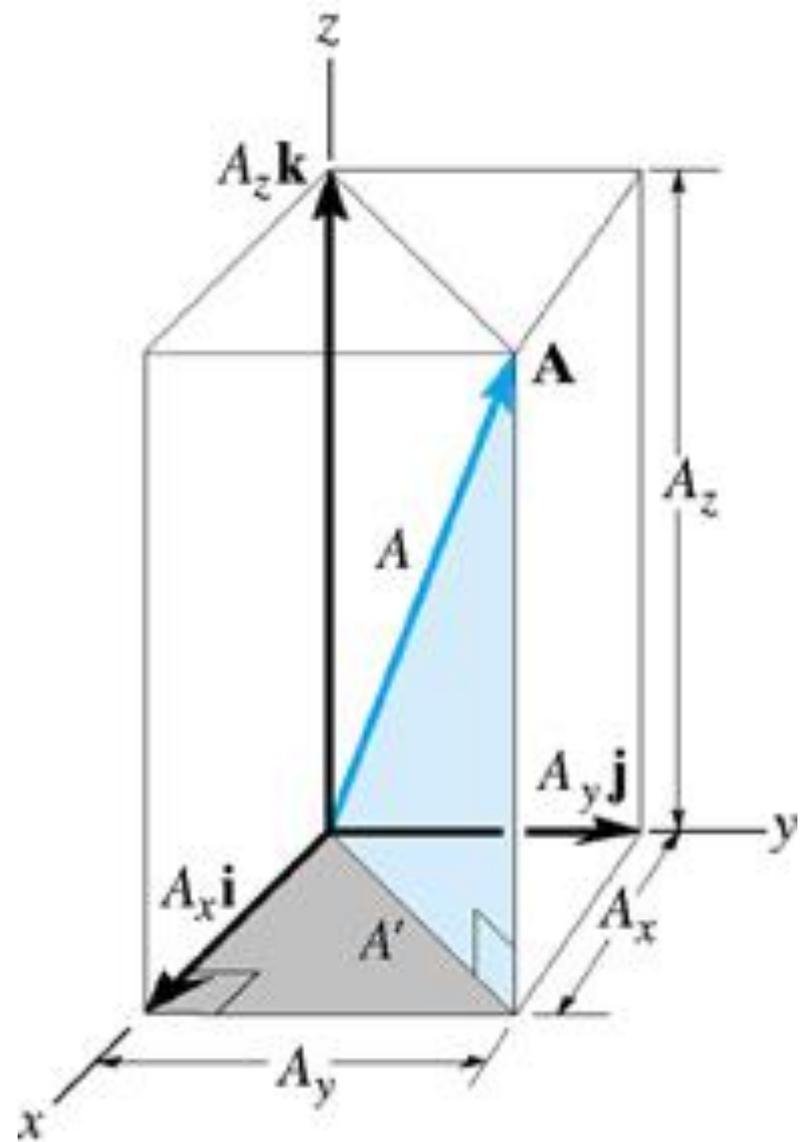


# ESTÁTICA

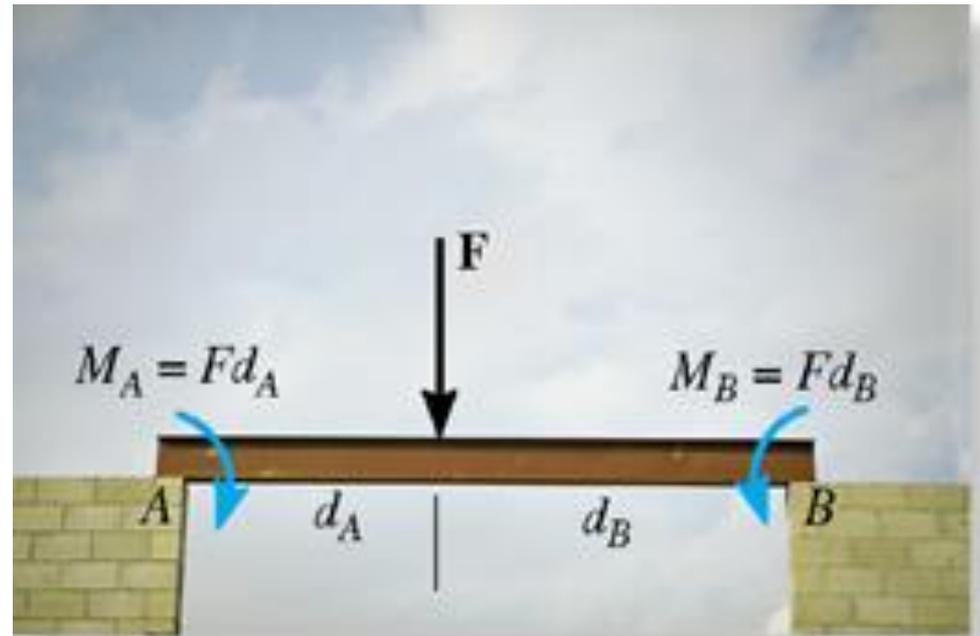
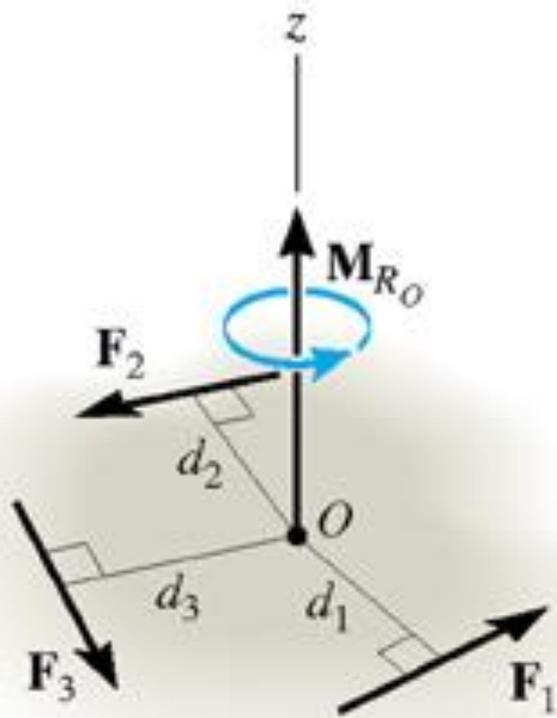
## FORÇA



*Sistema de coordenadas da mão direita*

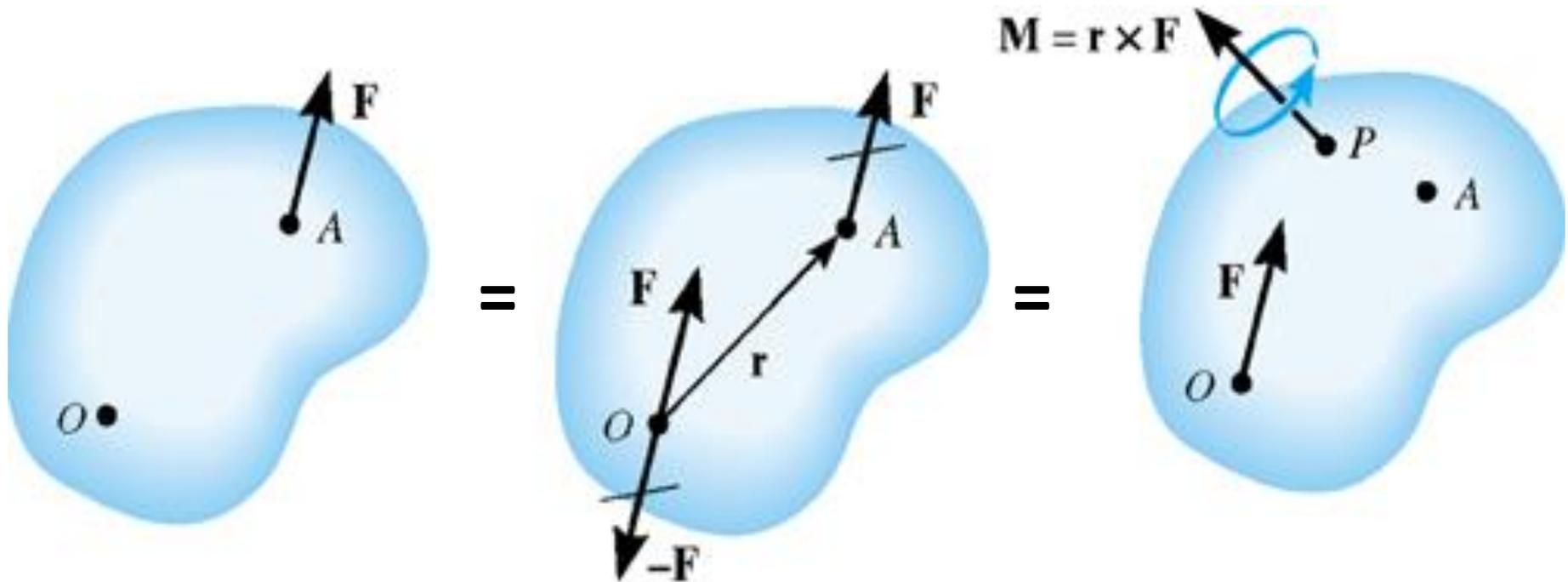


# ESTÁTICA

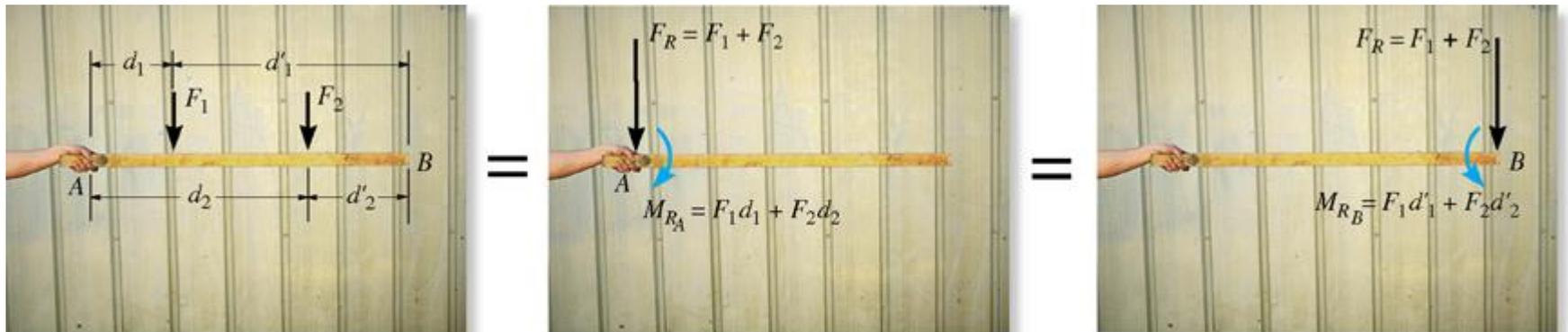
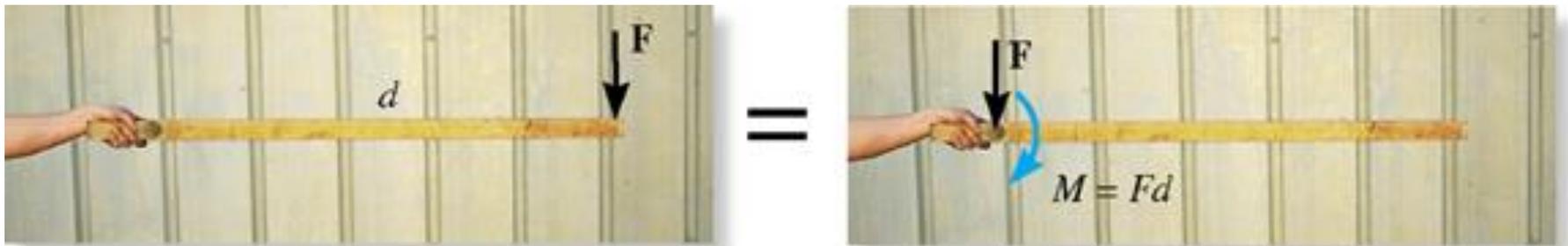
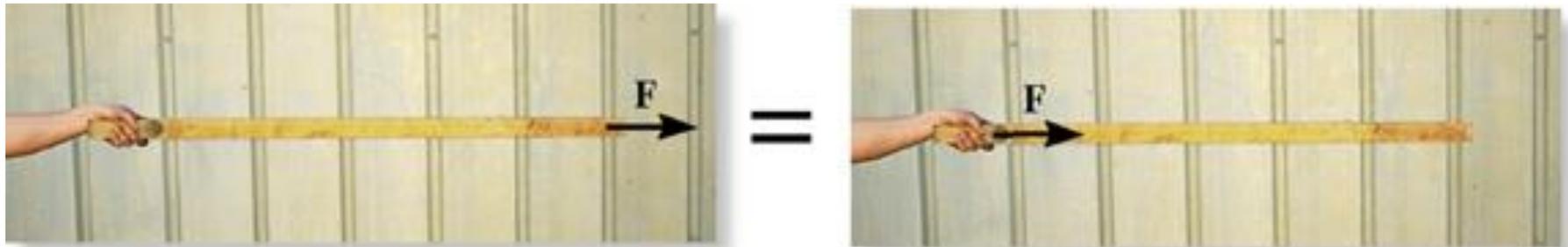


# ESTÁTICA

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



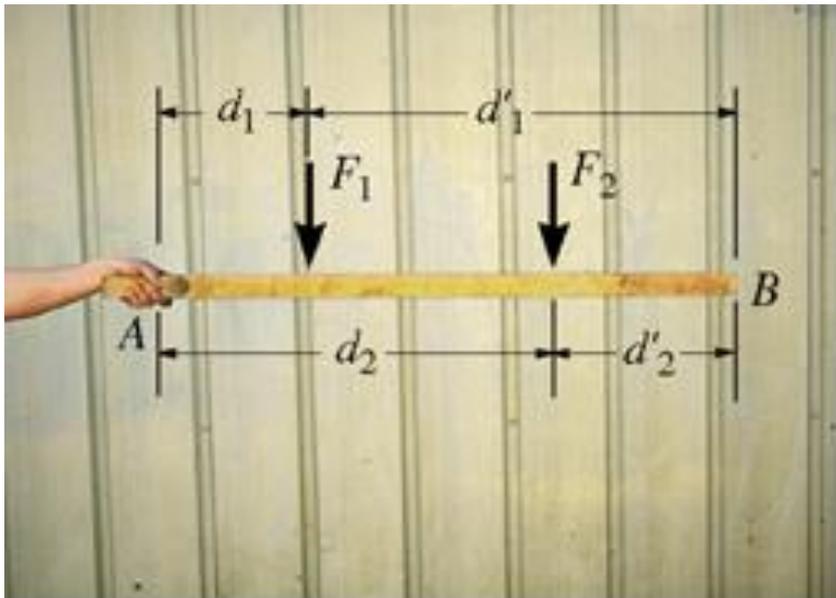
# ESTÁTICA



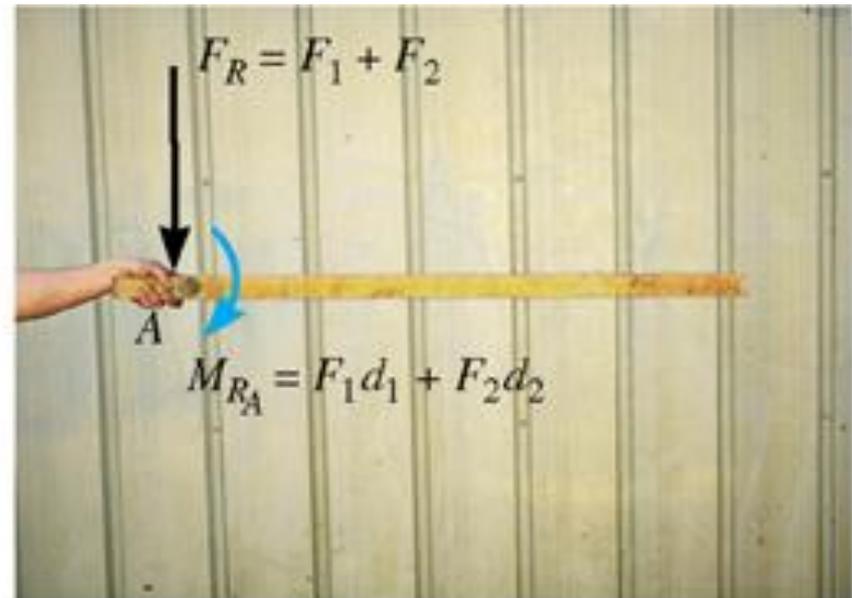
# ESTÁTICA

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  $M_A = M'_A$

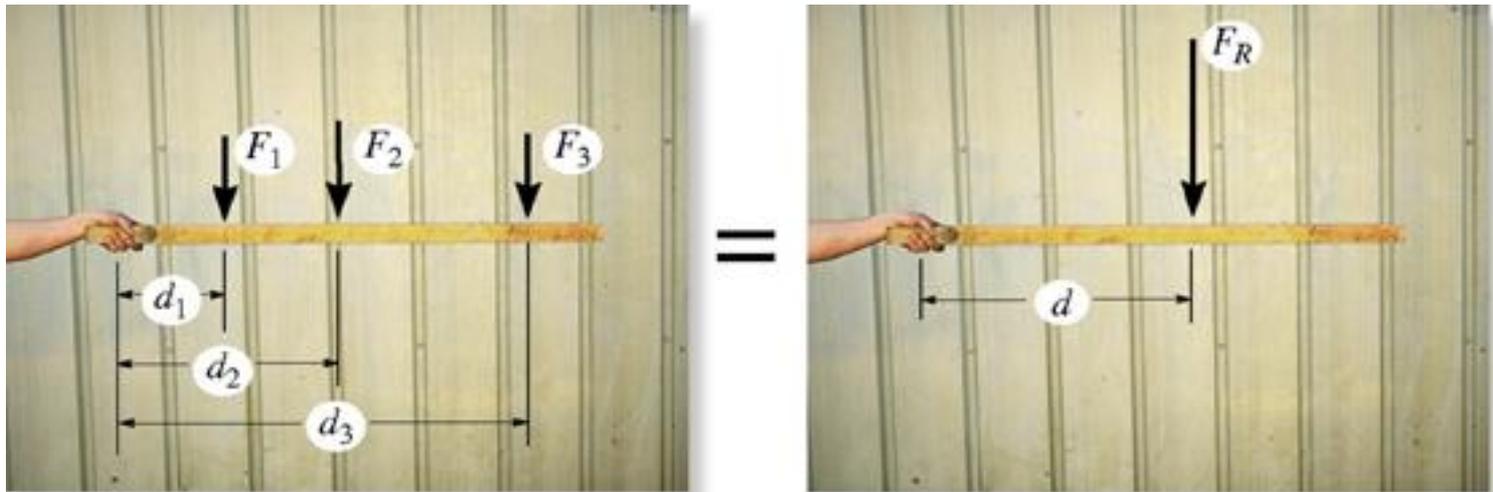
Dois sistemas de forças  $S$  e  $S'$  mecanicamente equivalentes produzirão os mesmos efeitos, o mesmo movimento



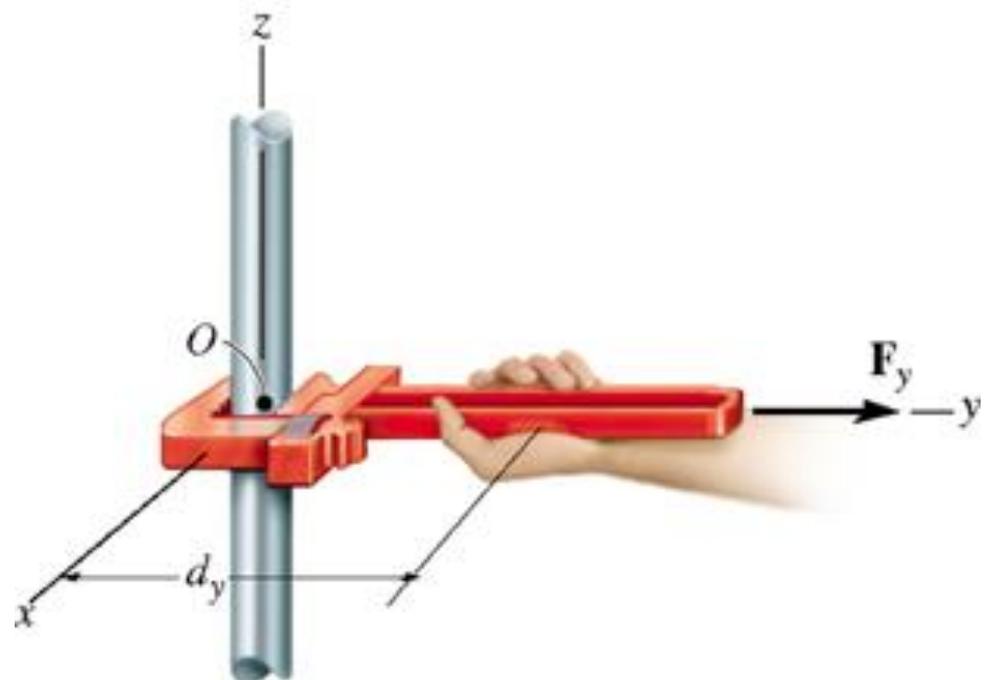
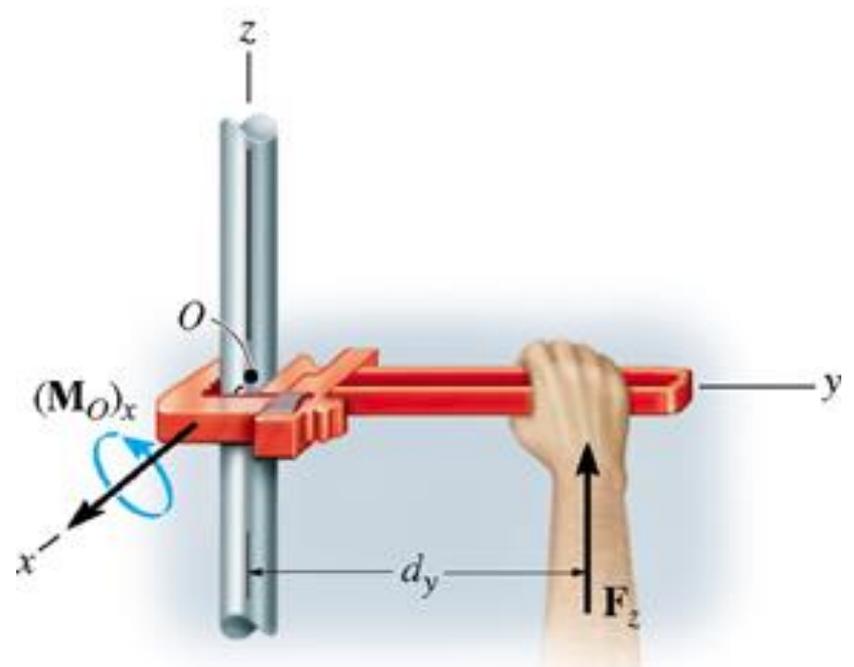
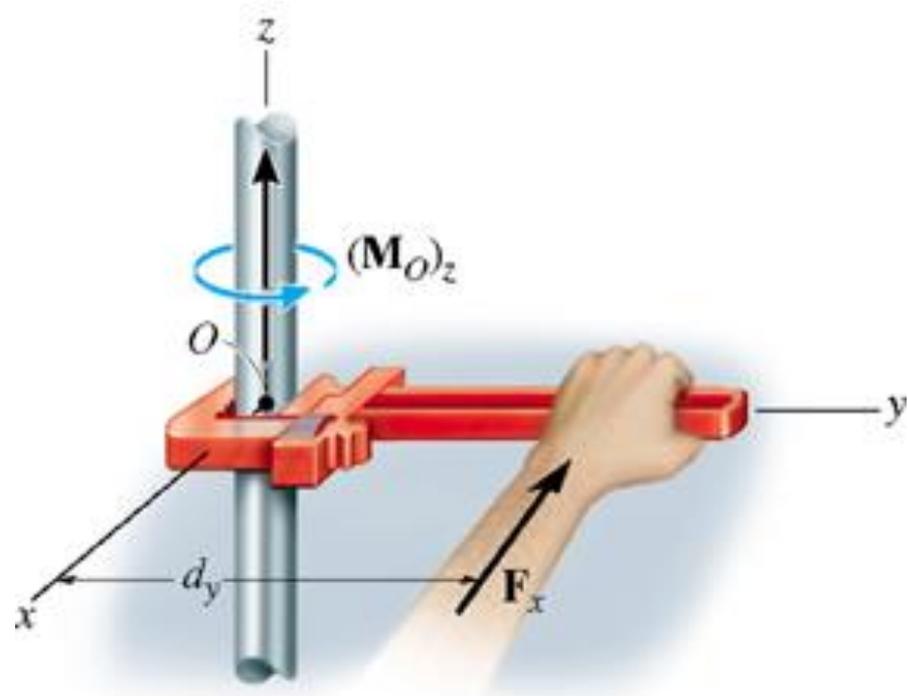
=



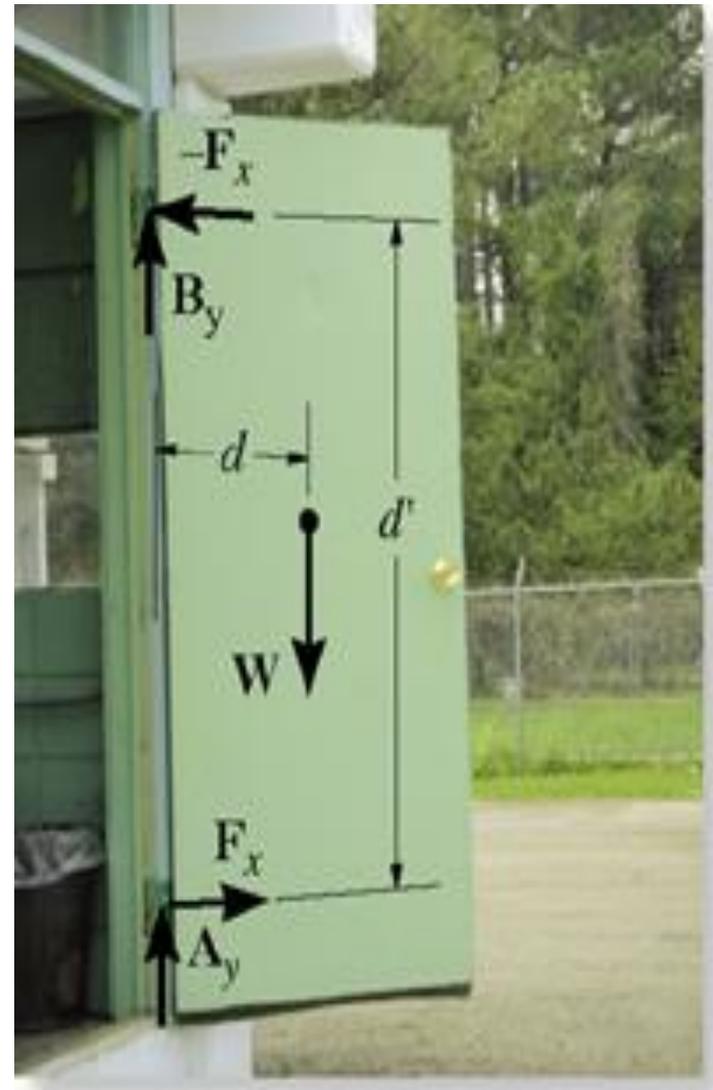
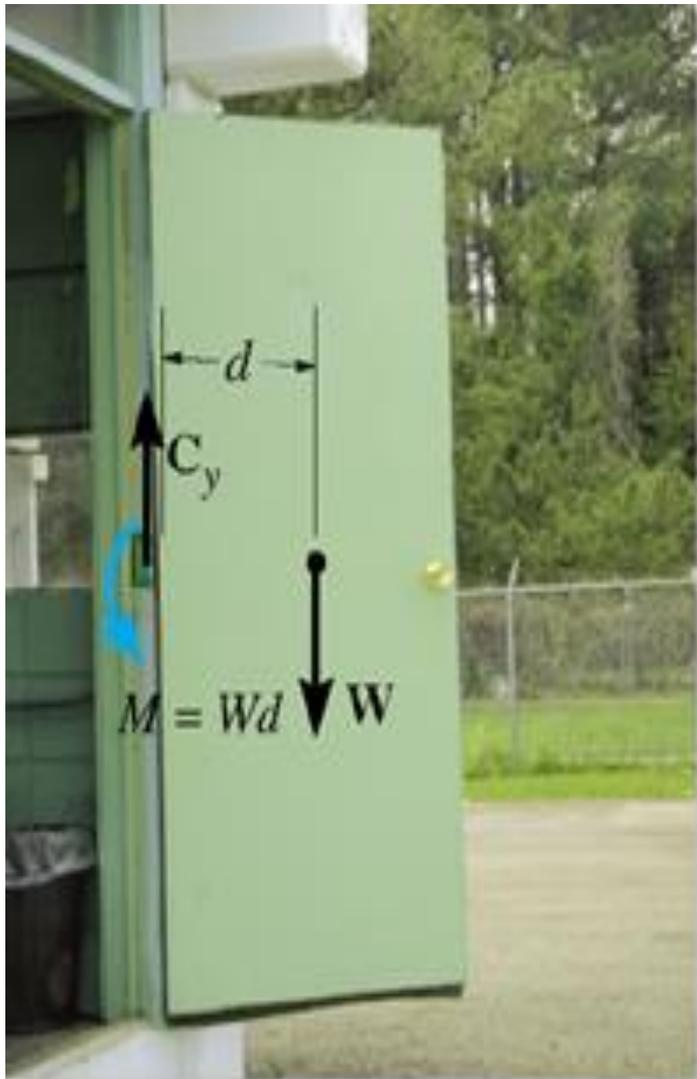
# ESTÁTICA



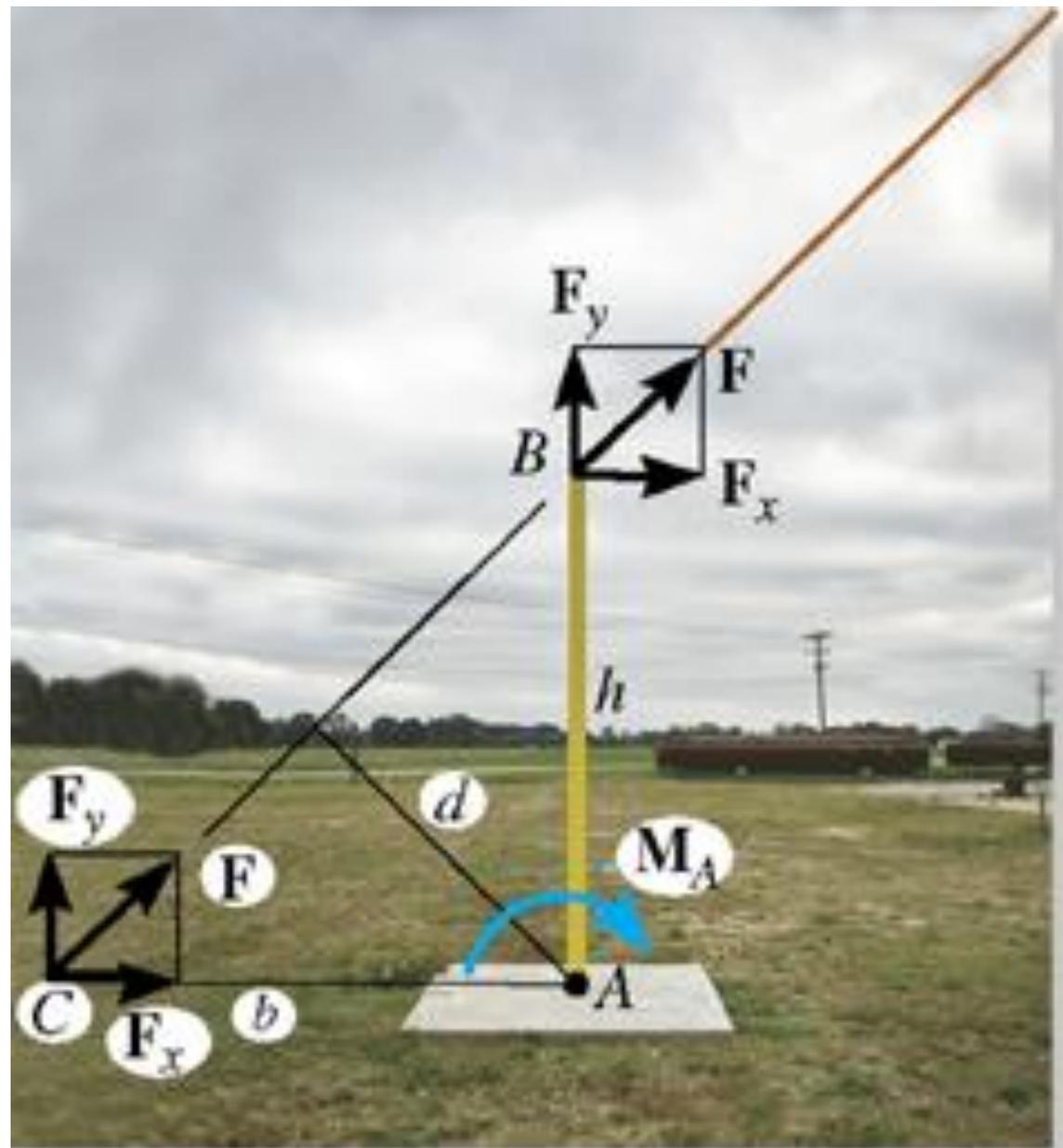
# ESTÁTICA



# ESTÁTICA

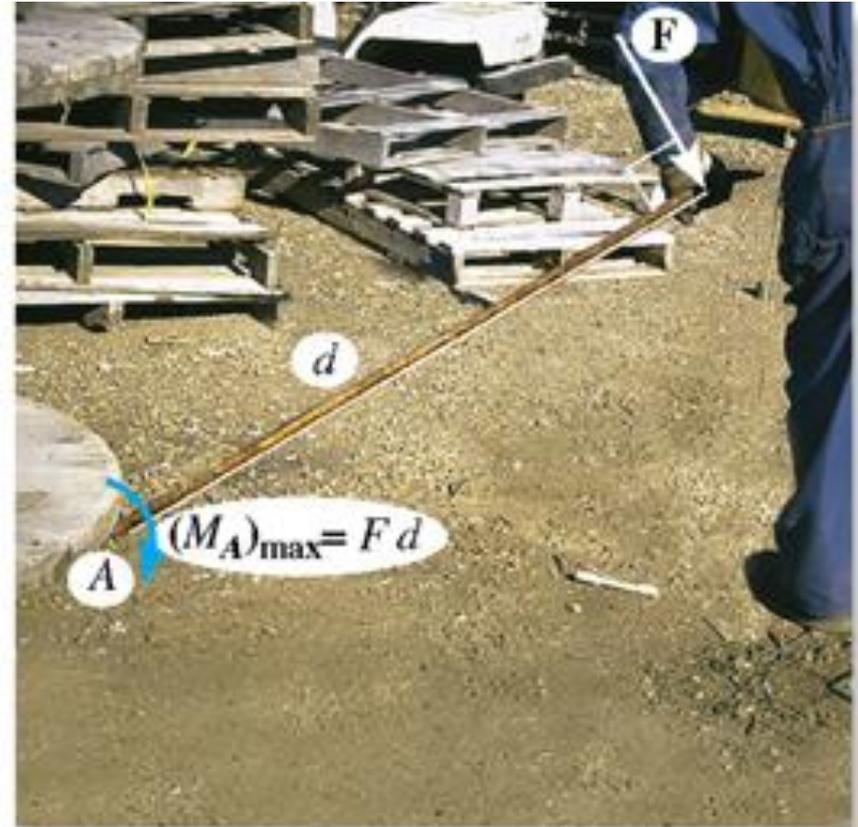
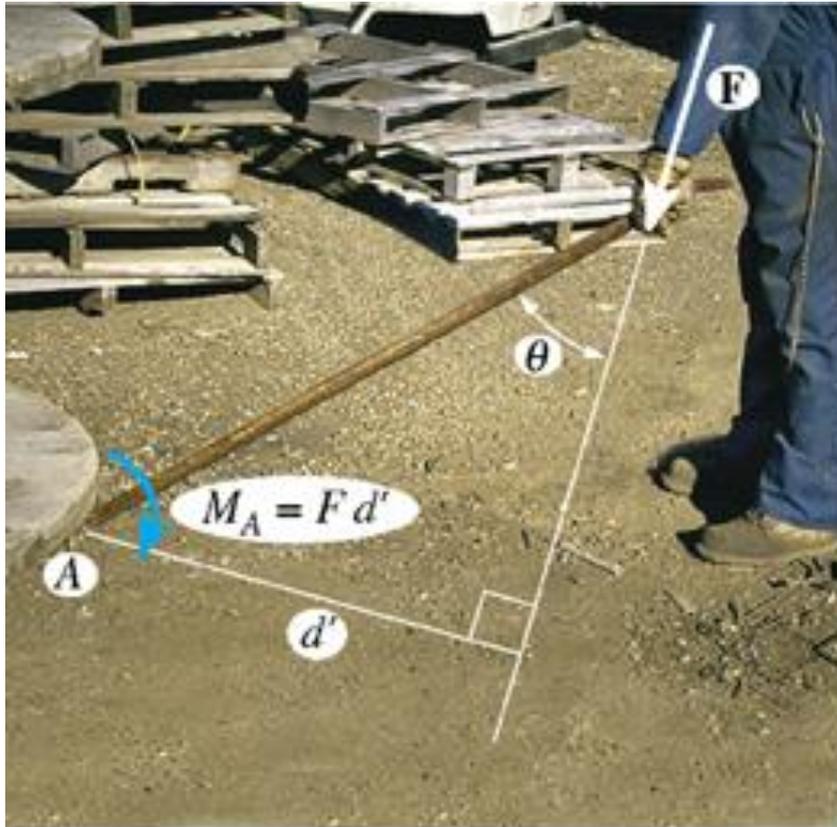


# ESTÁTICA



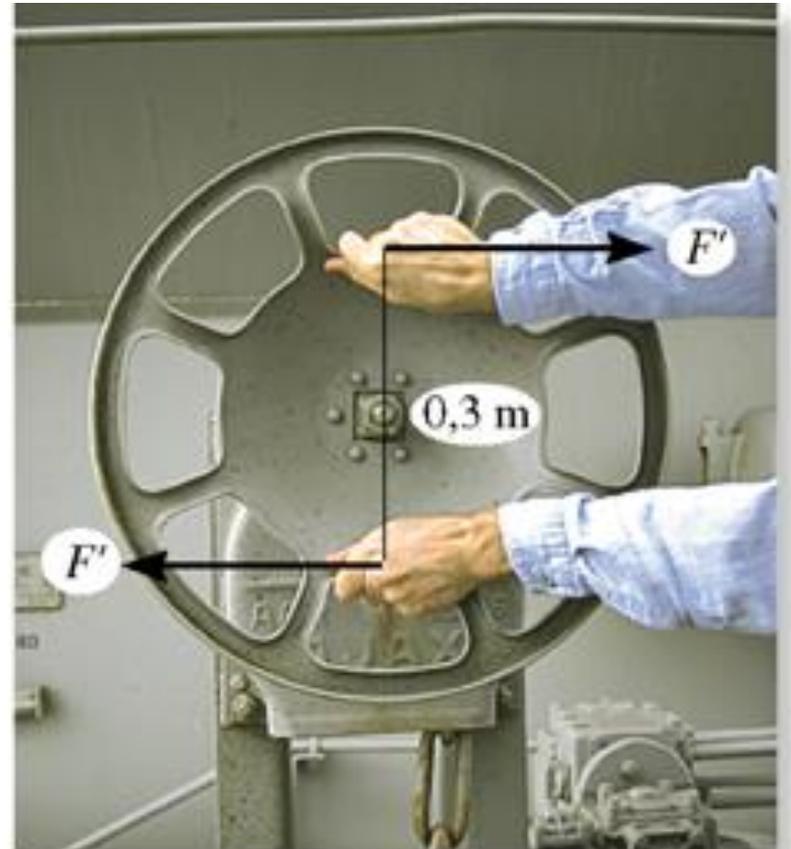
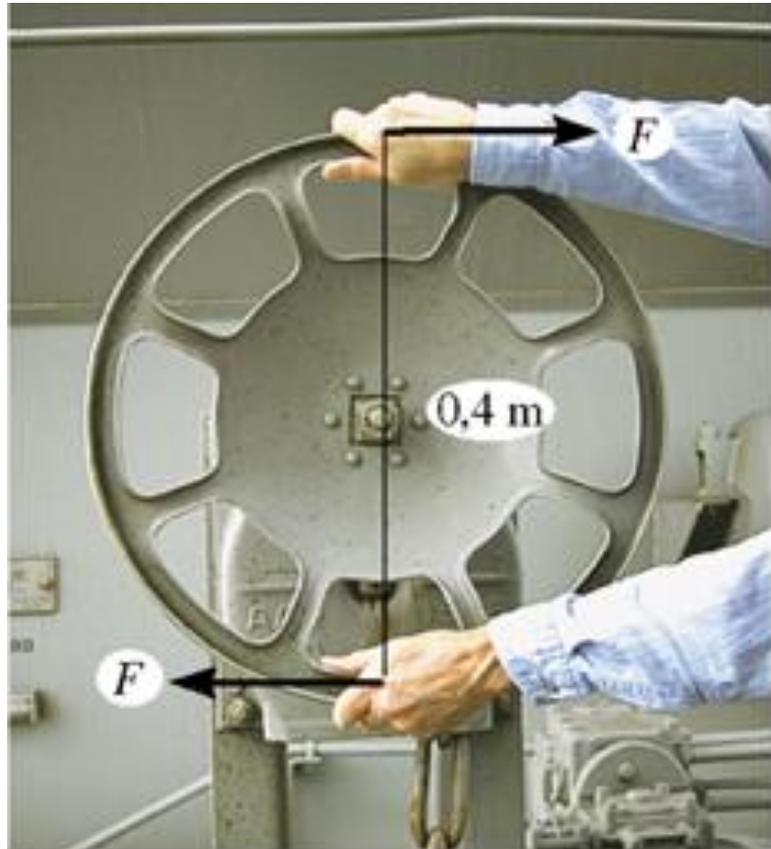
$$M_A = F \cdot d = F_x \cdot h = F_y \cdot b$$

# ESTÁTICA



**QUEM FAZ O MENOR ESFORÇO?**

# ESTÁTICA



**QUEM FAZ O MENOR ESFORÇO?**

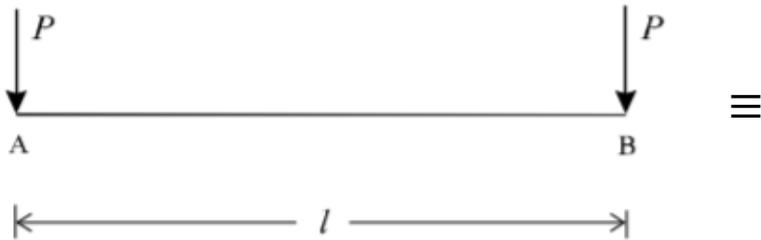
# **ESTÁTICA**

**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**

## Exemplo 1.2

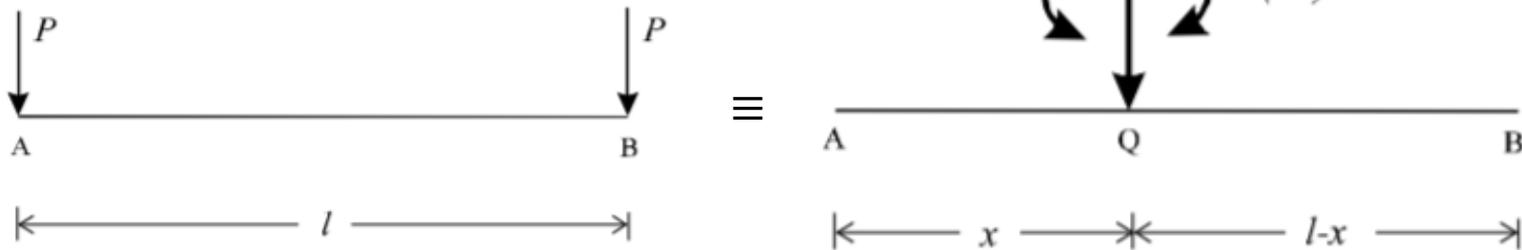
Determinar para que ponto da barra a redução do sistema de forças aplicadas conduz exclusivamente à resultante R.



## Exemplo 1.2

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

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



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

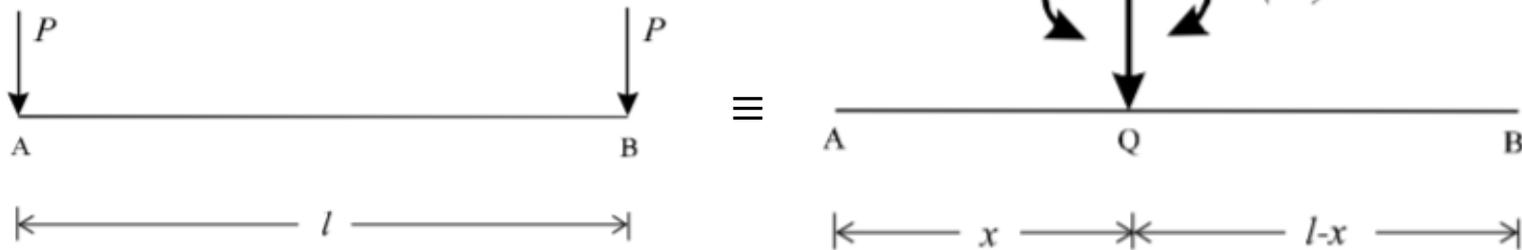
$$2 P \cdot x - P \cdot l = 0$$

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

## Exemplo 1.2

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

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



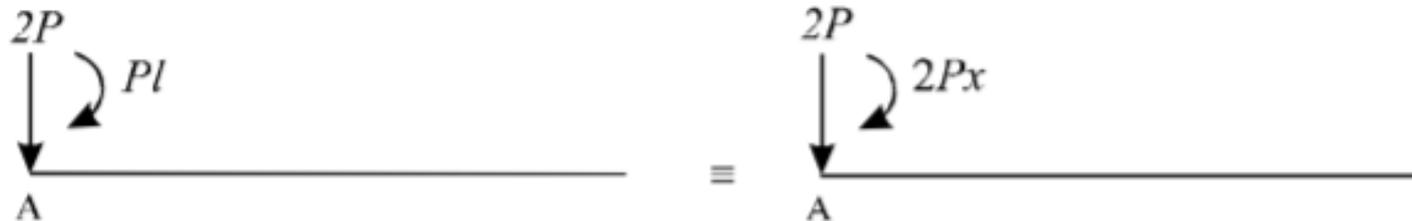
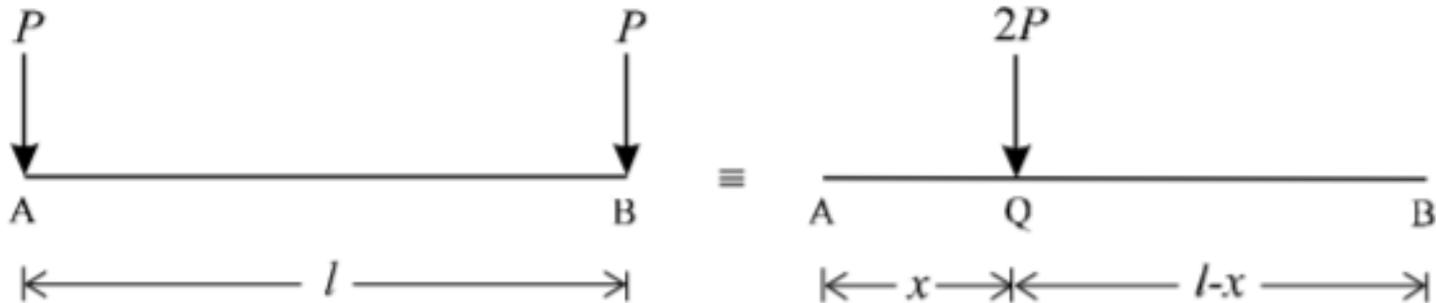
$$M_Q = P \cdot x - P \cdot (l - x) = 0$$

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

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

## Exemplo 1.2

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



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

## **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.