

APOSTILA
do Prof. Eduardo

Projeto de Máquinas

Análise dimensional e estrutural

Prof. Eduardo Furlan
2023



Cargas

- Cargas fundamentais nos componentes de um equipamento
 - Carga axial
 - Cisalhamento
 - Torção
 - Flexão
- As cargas podem provocar deformação, mudança na estrutura do equipamento

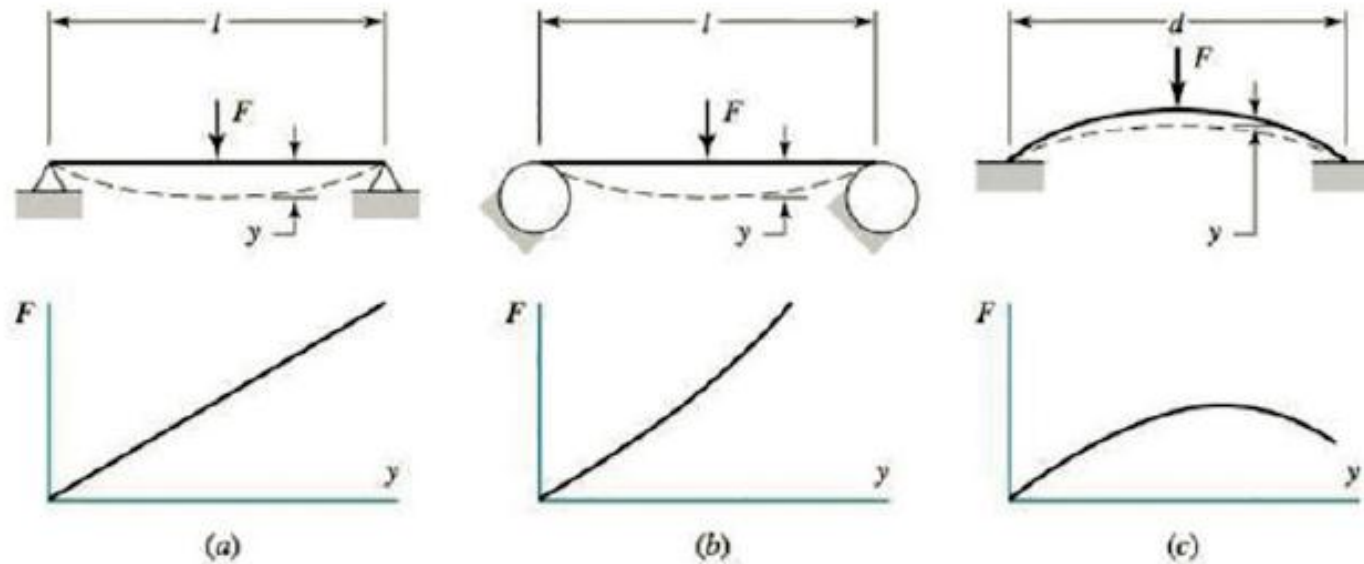
- O prolongamento ou encolhimento total de uma barra uniforme que esteja em condição de tração pura ou compressão pura, é dado por

$$\delta = \frac{Fl}{AE}$$

extensão ou contração força comprimento área módulo de elasticidade

- Não podemos aplicar essa equação para uma barra longa carregada em compressão se existir a possibilidade de flambagem

Figura 2.13 | (a) Uma mola linear; (b) uma mola de enrijecimento; (c) uma mola de amolecimento não linear



apoiado nas
extremidades
(l fixo)

apoiado sobre
dois cilindros
(l variável)

vista lateral de um
disco de forma convexa

• Figura 2.13 (a)

- Viga reta com comprimento l , apoiada pelas extremidades e carregada por uma força transversal F
- Deflexão y e força estão relacionadas linearmente se o limite elástico do material não for excedido

- Figura 2.13 (b)
 - Viga reta apoiada em dois cilindros
 - O comprimento entre os apoios diminui quando a viga é fletida pela força F
 - É necessária uma força maior caso se deseje fletir uma viga curta em vez de uma longa
 - Quanto mais essa viga for fletida, mais rígida ela se tornará
- Figura 2.13 (c)
 - Vista lateral de um disco de forma convexa
 - Para tornar o disco plano, é preciso aumentar a força no início
 - E depois diminuí-la conforme o disco se aproxima da configuração plana

- Força-deflexão linear

razão de mola $k = \frac{F}{y}$ força deflexão [N/m] Newton por metro

- Do slide anterior, contração $\delta = \frac{Fl}{AE}$

- Considerando $\delta = y$

- Constante de mola de uma barra carregada axialmente

constante de mola $k = \frac{AE}{l}$ área módulo de elasticidade comprimento da viga

- Deflexão angular em barra redonda uniforme
 - Seção pode ser cheia ou vazada
 - Sujeita a um momento de torção T

$$\theta = \frac{Tl}{GJ} \quad (\theta \text{ em radianos})$$

deflexão angular momento de torção comprimento módulo de cisalhamento segundo momento polar de área

- Barra redonda maciça

segundo momento polar de área [m⁴]

- Multiplicando por $\frac{180}{\pi}$ e substituindo $J = \pi \frac{d^4}{32}$

diâmetro externo

momento de torção [Nm]

comprimento

deflexão angular [radianos]

$$\theta = \frac{583,6 T l}{G d^4}$$

módulo de cisalhamento [Pa]

diâmetro externo

Figura 2.15 | Carregamento axial



- A influência da força será difusa e se distribuirá ao longo da seção transversal da barra
- Esse processo constitui a ideia básica por trás das tensões em componentes mecânicos

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Tensão

Força

Área da seção transversal

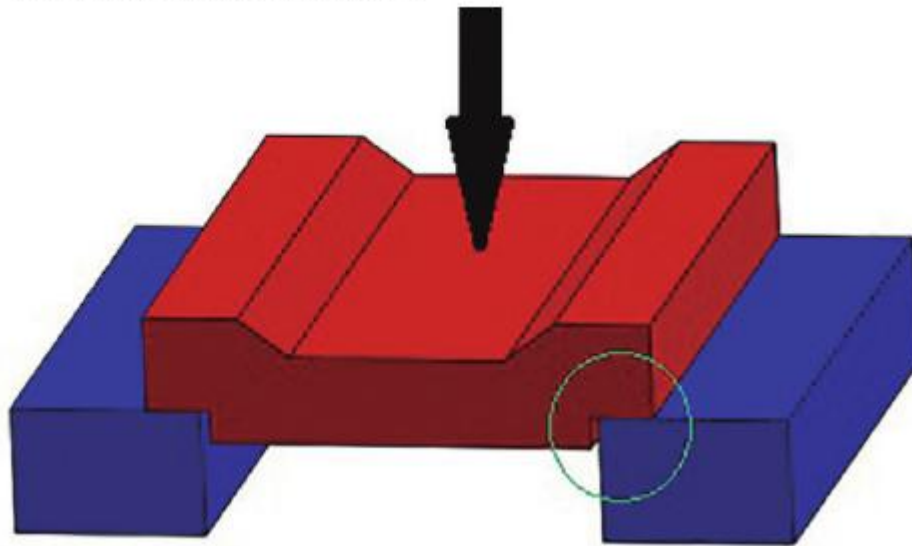
Coeficiente de Poisson

- Coeficiente (ou razão) de Poisson (ν)

$$\nu = \frac{\text{deformação } Def_{transversal}}{\text{deformação } Def_{longitudinal}}$$

- Propriedade do material que quantifica a contração ou a expansão de uma seção transversal
- Quando uma barra é axialmente alongada pela colocação de uma carga, a área da seção transversal do material deve diminuir

Figura 2.18 | Identificação de cisalhamento.



tensão de
cisalhamento

$$\tau = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

- A força V resulta da combinação das tensões de cisalhamento que atuam sobre uma determinada área

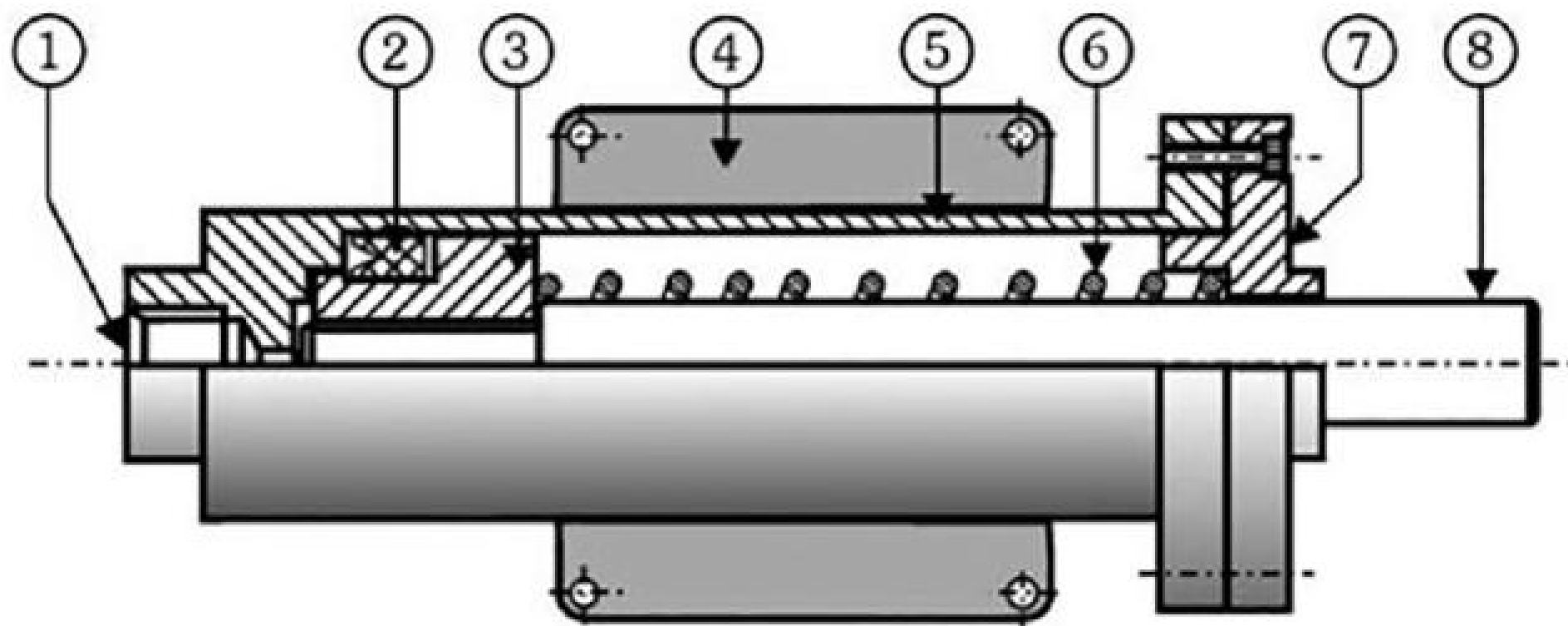
Dimensionamento

Dimensionamento e seleção de componentes

- Dimensões necessárias para que o componente possa suportar as solicitações
- Conhecimento dos materiais e de suas propriedades
- Materiais com propriedades adequadas para as condições de operação
- Os materiais de engenharia são classificados principalmente como
 - Metais e suas ligas, como ferro, aço, cobre, alumínio, etc.
 - Não metais, como vidro, borracha, plástico, etc.

- Dimensionamento e seleção de atuadores lineares e rotativos
- No dimensionamento de um componente, é necessário
 - Entender quais serão as suas solicitações
 - Descrever todas as solicitações mecânicas
- Análise
 - esforços envolvidos
 - amplitude de deslocamentos
 - tipos de montagem
- Especificação final em catálogos comerciais de fabricantes e revendedores

Figura 2.19 | Atuador pneumático linear de simples efeito com retorno por mola



- | | |
|---------------------------------|-------------------------|
| ① Entrada e saída de ar | ⑤ Camisa |
| ② Vedação do êmbolo em neoprene | ⑥ Mola |
| ③ Êmbolo | ⑦ Tampa frontal |
| ④ Elemento de fixação | ⑧ Haste em aço especial |

- Atuadores pneumáticos são elementos mecânicos que, por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam em energia pneumática a energia cinética gerada pelo ar pressurizado e em expansão, produzindo trabalho
- Para dimensionar um atuador é necessário identificar as cargas as quais o dispositivo está sujeito
- O diâmetro D_p é determinado em função da força de avanço F_a , que é a força de projeto F_p , e da pressão de trabalho P_t (vide próx. slide)

$$Dp = 2 \cdot \sqrt{\frac{Fp \cdot \varphi}{\pi \cdot Pt}}$$

← vide próx. slide

Dp = Mínimo diâmetro aceitável do pistão [cm]

Fp = Força de projeto, força necessária para execução da operação [kp]

φ = Fator de correção da força de projeto, Tabela 2.1

Pt = Pressão de trabalho [kp / cm^2]

1 kp = 9,8 N

1 kp/cm^2 = 9,8 kPa

kp (kilopond) = kgf (kilograma-força)

p não é S.I.

Fator de correção de força

Tabela 2.1 | Fator de correção de força.

| Velocidade de deslocamento da haste do atuador | Exemplo | Fator de correção ϕ |
|--|------------------------|--------------------------|
| Lenta e carga aplicada somente no fim do curso | Operação de rebitagem | 1,25 |
| Lenta e carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso | Talha pneumática | 1,35 |
| Rápida com carga aplicada somente no fim do curso | Operação de estampagem | 1,35 |
| Rápida com carga aplicada em todo o desenvolvimento do curso | Deslocamento de mesas | 1,50 |
| Situações gerais não descritas anteriormente | | 1,25 |

Referências

BUDYNAS, R. G. Elementos De Maquinas De Shigley. 8ª edição. [S. l.]: AMGH, 2011.

COLLISN, J. A.; BUSBY, H. R.; STAAB, G. H. Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas: uma Perspectiva de Prevenção da Falha. 2ª edição. [S. l.]: LTC, 2019.

LOBO, Y. R. de O.; JÚNIOR, I. E. de O.; ESTAMBASSE, E. C.; SHIGUEMOTO, A. C. G. Projeto de máquinas. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

NORTON, R. L.; BOOKMAN, E.; STAVROPOULOS, K. D.; AGUIAR, J. B. de; AGUIAR, J. M. de; MACHNIEVSCZ, R.; CASTRO, J. F. de. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 4ª edição. [S. l.]: Bookman, 2013.

APOSTILA
do Prof. Eduardo

<https://github.com/efurlanm/teaching/>

Prof. Eduardo Furlan
2023

