



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Elementos de Máquinas para Automação

PMR 3307 – A27

Guias de deslizamento

2020.2



Cronograma de aulas

| Dia | S | Aula | Tópico | Prof. |
|-------|----|------|--|-------|
| 18.08 | 3ª | A1 | Introdução a disciplina Modelagem, carregamento e equilíbrio | RS |
| 21.08 | 6ª | A2 | Comportamento mecânico dos materiais | RS |
| 25.08 | 3ª | A3 | Composição de tensões Estado plano de tensões – Círculo de Mohr | RS |
| 28.08 | 6ª | A4 | Teorias de Falha: 1) Falha por deformação excessiva; fundamentos | RS |
| 01.09 | 3ª | A5 | Teorias de Falha: 2) Falha por deformação permanente: von Mises, Tresca, Coulomb-Mohr; | RS |
| 04.09 | 6ª | A6 | Teorias de Falha: 3) Falha por fadiga: Parte - 1 | RS |
| 08.09 | 3ª | A7 | Teorias de Falha: 3) Falha por fadiga: Parte - 2 | RS |
| 11.09 | 6ª | A8 | Teorias de Falha: 4) Falha por instabilidade: flambagem | RS |
| 15.09 | 3ª | A9 | Teorias de Falha: 5) Falha por impacto: Parte - 1 | RS |
| 18.09 | 6ª | A10 | Teorias de Falha: 6) Falha por impacto: Parte - 2 | RS |
| 22.09 | 3ª | A11 | Teorias de Falha: 6) Falha por desgaste excessivo | RS |
| 25.09 | 6ª | A12 | Fixações cubo-eixo | NG |
| 29.09 | 3ª | A13 | Especificação e dimensionamento de elementos de fixação: Rebites | NG |
| 02.10 | 6ª | A14 | Especificação e dimensionamento de elementos de fixação: Parafusos: Parte - 1 | NG |
| 06.10 | 3ª | A15 | Especificação e dimensionamento de elementos de fixação: Parafusos: Parte - 2 | NG |
| 09.10 | 6ª | A16 | Especificação e dimensionamento de elementos de transmissão: Fusos | NG |
| 13.10 | 3ª | A17 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Mancais: Parte - 1 | NG |
| 16.10 | 6ª | A18 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Mancais: Parte - 2 | NG |
| 20.10 | 3ª | A19 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Molas: Parte - 1 | NG |
| 23.10 | 6ª | A20 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Molas: Parte - 2 | NG |
| 27.10 | 3ª | A21 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Freios e embreagens | NG |
| 30.10 | 6ª | A22 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Correias e Correntes | NG |
| 03.11 | 3ª | A23 | | RS |
| 06.11 | 6ª | A24 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Engrenagens: Parte - 1 | RS |
| 10.11 | 3ª | A25 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Engrenagens: Parte - 2 | RS |
| 13.11 | 6ª | A26 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Engrenagens: Parte - 3 | RS |
| 17.11 | 3ª | --- | Avaliação Prof. Nicola | |
| 20.11 | 6ª | A27 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Guias de escorregamento | RS |
| 24.11 | 3ª | A28 | Análise e dimensionamento de componentes mecânicos: Guias lineares | RS |
| 27.11 | 6ª | A29 | Apresentação dos trabalhos | RS |
| 01.12 | 3ª | A30 | Apresentação dos trabalhos | |
| 04.12 | 6ª | A29 | Apresentação dos trabalhos | |
| 08.12 | 3ª | A30 | | |
| 11.12 | 6ª | A31 | | |
| 14.12 | 2ª | | Encerramento do semestre 2020-2 | |





Introdução

Mancais e Guias

Mancais



- **Mancais** são elementos de máquinas que tem por função básica absorver carregamentos, e onde o movimento de **translação** em qualquer direção deve ser minimizado, deixando **livre** somente a **rotação** em torno de um eixo.

Guias



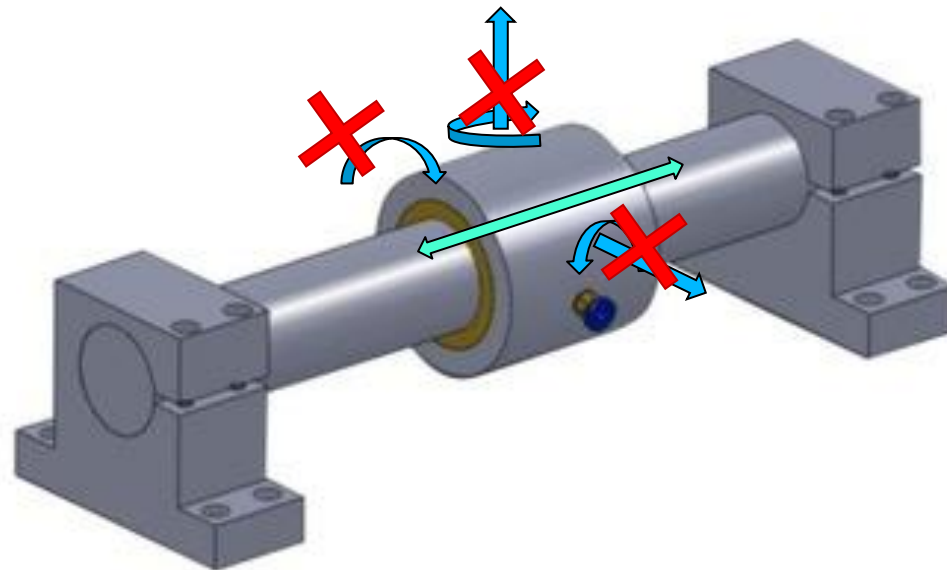
- **Guias** são elementos de máquinas que tem por função básica absorver carregamentos, e onde o movimento de **rotação** em qualquer direção deve ser minimizado, deixando **livre** somente a **translação** ao longo de um eixo.

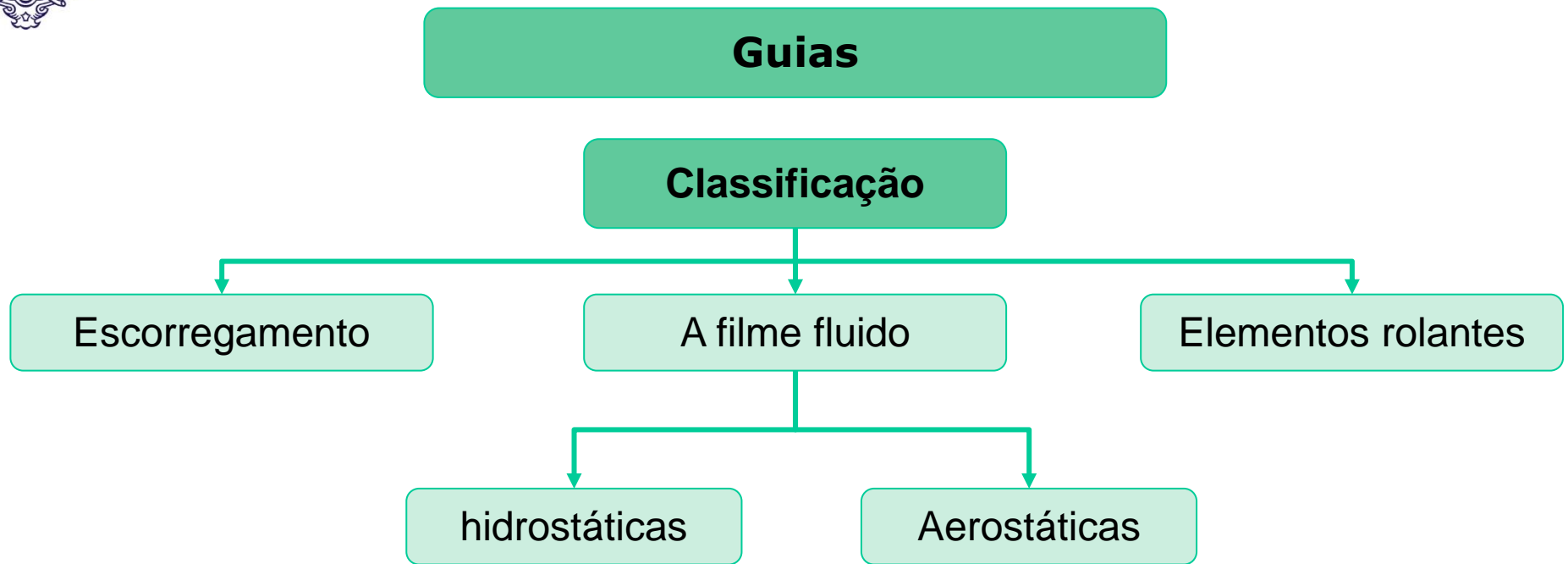


Introdução

Guias

Guias são elementos que permitem a absorção de carregamentos e o movimento dentro de um padrão linear ou circular não rotativo, realizando as mesmas funções dos mancais.







Guias

Para cada aplicação existe um tipo de guia que melhor se adapta, sendo a escolha uma função:

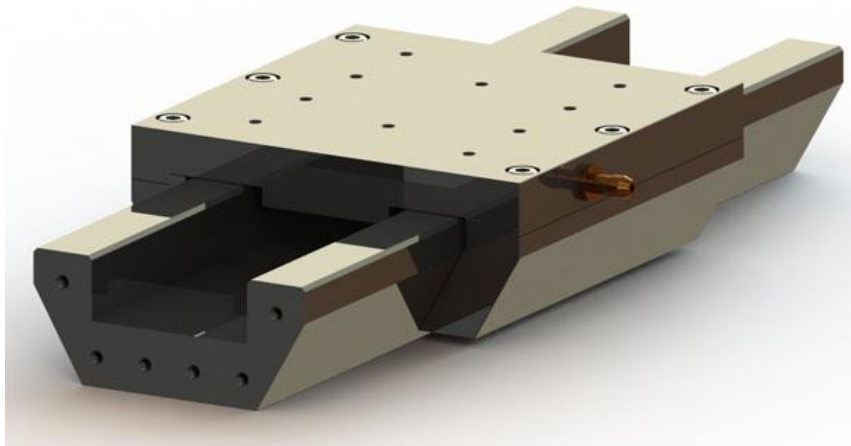
- características do movimento
- capacidade de executar posicionamento precisos
- rigidez
- da qualidade do trabalho que se deseja obter
- da velocidade de trabalho
- do tipo e intensidade dos carregamentos
- do espaço disponível para instalação
- confiabilidade
- mantenedibilidade
- Adaptabilidade as condições de operação
- dos custos



Guias de escorregamento

As guias de escorregamento ou deslizamento, tem como características:

- Elevado atrito
- Controle de posicionamento difícil devido ao *stick-slip*
- Geração de calor – limitação para alta velocidade
- Instabilidade a baixas velocidades – *stick-slip*
- Alta capacidade de carga





Guias de escorregamento

Vantagens:

- Alta rigidez
- Alta capacidade de carga
- Fabricação
- Custo

Desvantagens:

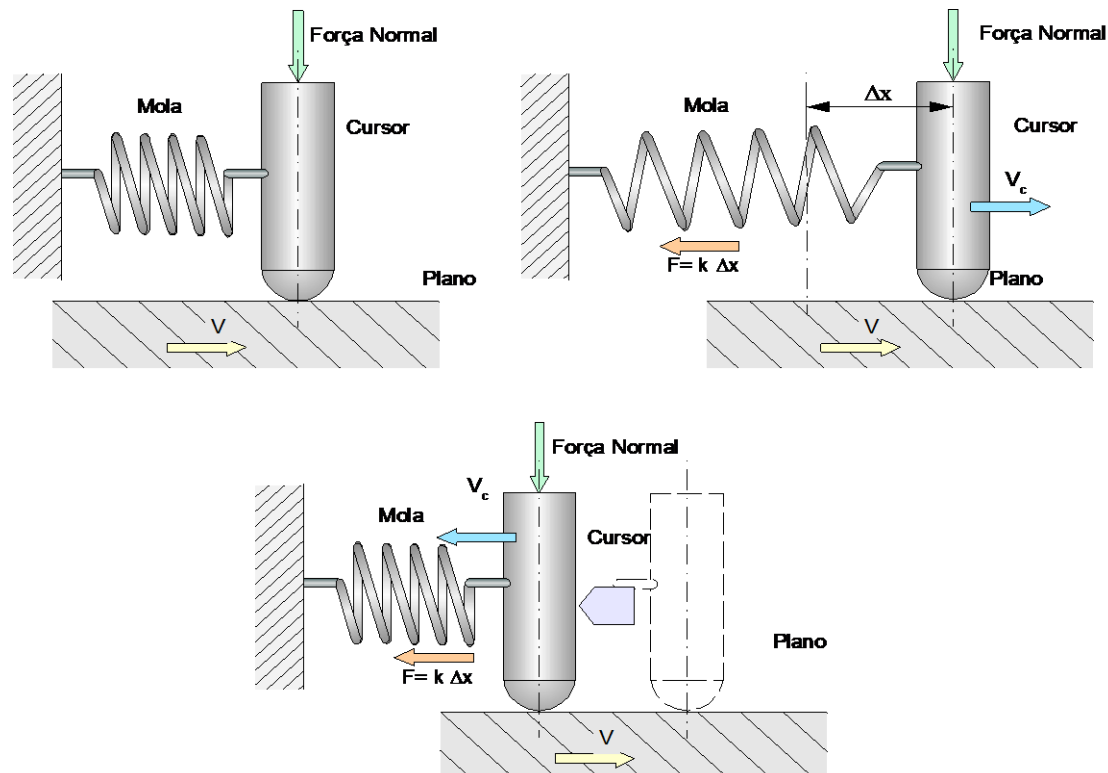
- Velocidades limitadas (atrito dinâmico elevado)
- Stick-Slip
- Necessidade de rasqueteamento
- Desgaste localizados
- Pouca modularidade
- Geração de calor
- Instabilidade a baixa velocidade
- Controle de posicionamento instável
- Linearidade aceitável (melhoria limitada)
- outros



Guias de escorregamento

Stick-slip

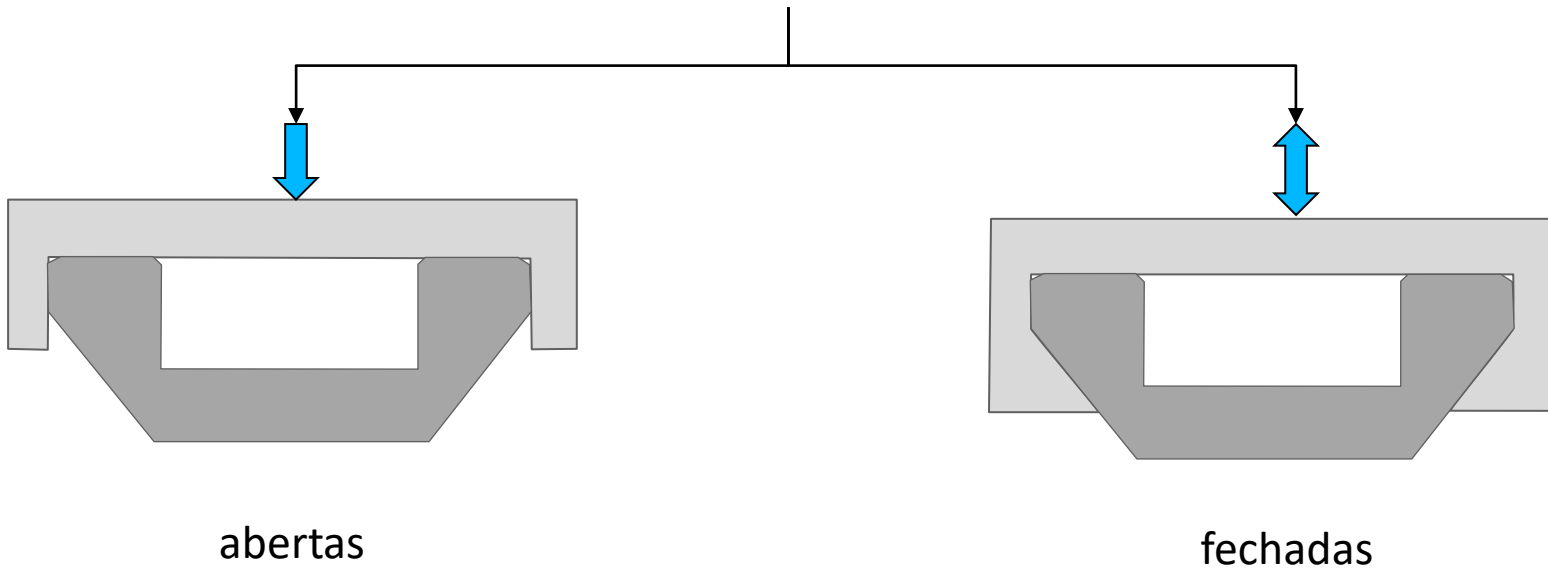
Stick-slip é ocasionado por uma inconstância da força de atrito, devido a instabilidade na transição entre atrito estático e dinâmico





Guias de escorregamento

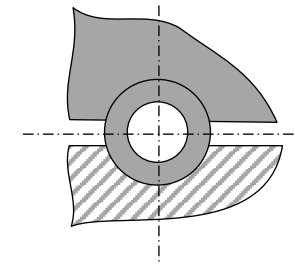
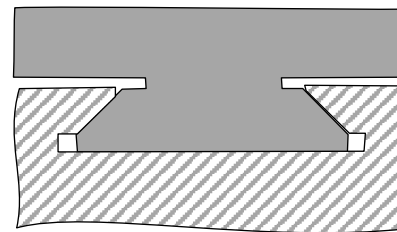
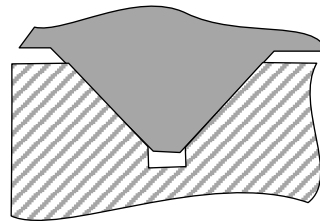
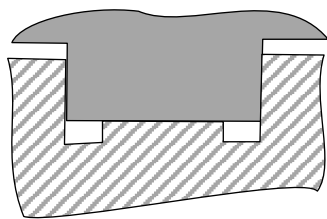
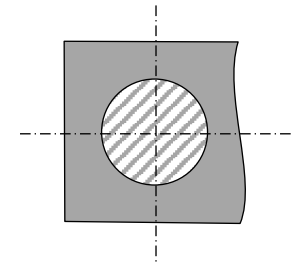
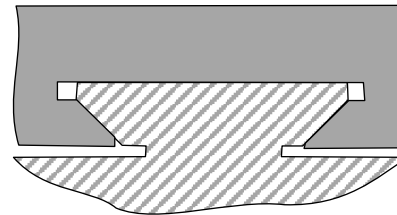
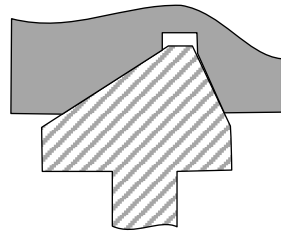
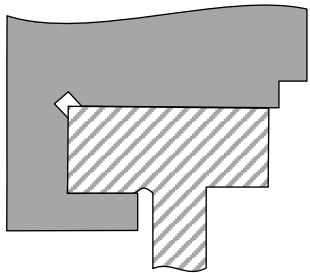
Classificação quanto a
forma construtiva





Guias de escorregamento

Perfiz construtivos



Guias planas

Guias em V

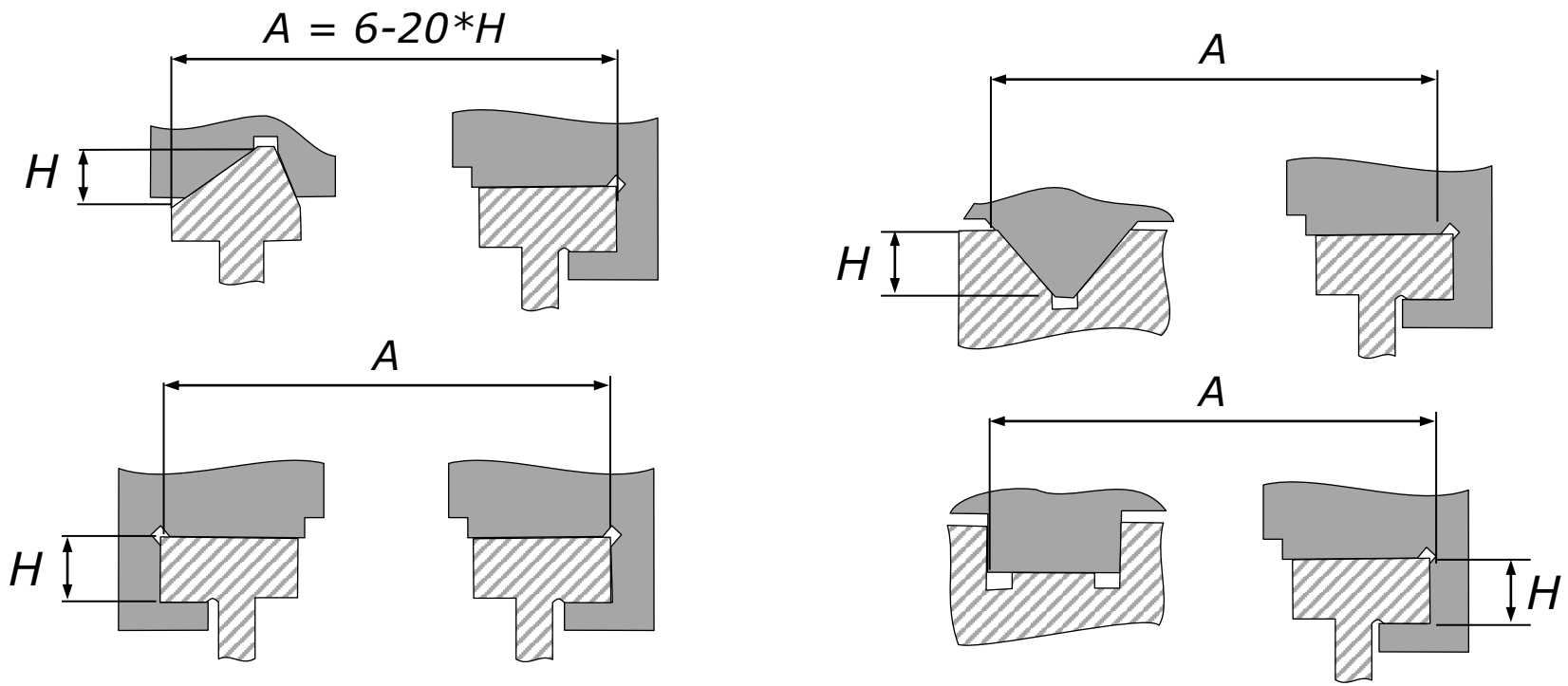
'Rabo de andorinha'

Circulares



Guias de escorregamento

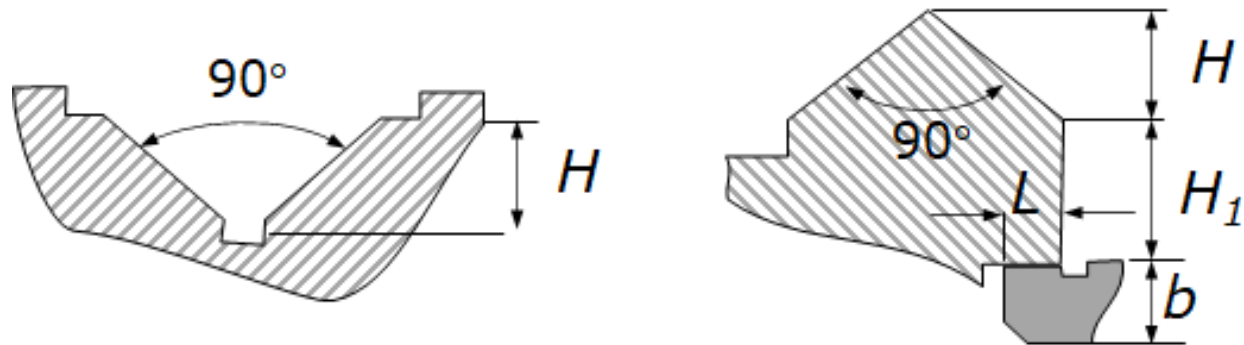
Combinação de perfiz





Guias de escorregamento

Recomendação de perfil prismáticos simétricos



Bracketed dimensions give inch equivalents

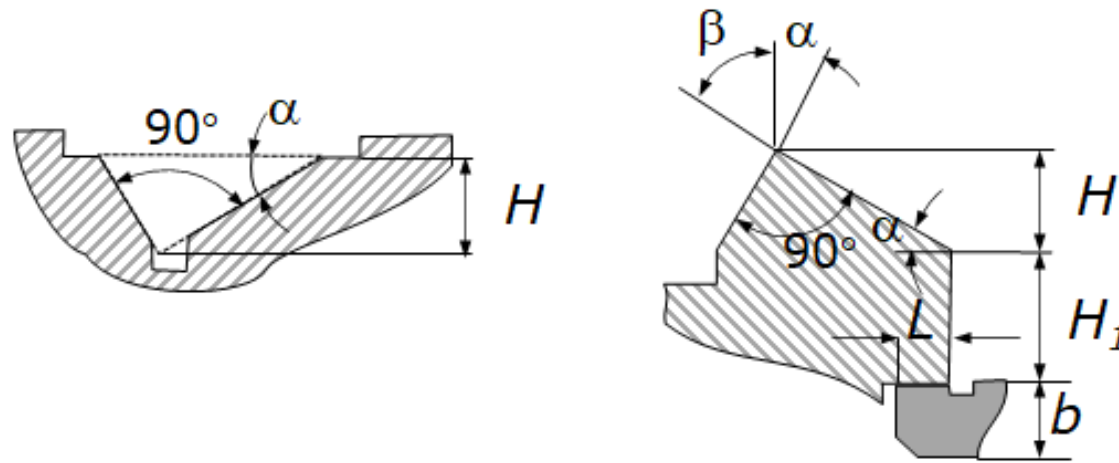
*(All dimensions in mm)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <i>H</i> | 10 [0.394] | 12 [0.472] | 16 [0.63] | 20 [0.787] | 25 [0.984] | 32 [1.26] | 40 [1.475] | 50 [1.968] | 63 [2.48] | 80 [3.15] | 100 [3.937] |
| | 10 | 14 [5.551] | 18 [0.709] | 22 [0.866] | 28 [1.102] | 36 [1.417] | 45 [1.772] | 56 [2.205] | 71 [2.795] | 90 [3.543] | 110 [4.331] |
| <i>H</i> ₁ | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 [4.921] |
| | 14 | 18 | 22 | 28 | 36 | 45 | 56 | 71 | 90 | 110 | 140 [5.512] |
| Min.* | 5 [0.197] | 6 [0.236] | 8 [0.315] | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| <i>L</i> | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| <i>b</i> | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 [1.181] | 40 | 50 | 60 [2.362] |



Guias de escorregamento

Recomendação de perfil prismáticos assimétricos



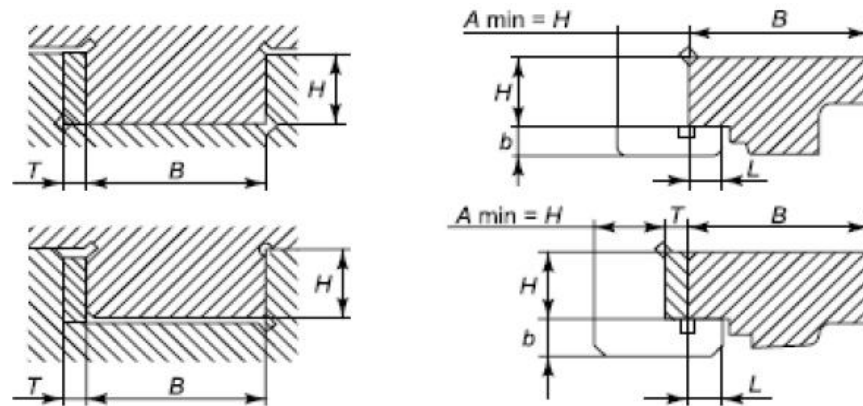
(All dimensions in mm)

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-------------|-------------|
| <i>H</i> | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 [6.299] | 200 [7.874] |
| <i>H</i> ₁ | 22 | 28 | 36 | 45 | 56 | 71 | 90 | 110 | — | — | — |
| | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | — | — | — |
| | 28 | 36 | 45 | 56 | 71 | 90 | 110 | 140 | — | — | — |
| Min.* | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| <i>L</i> | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | — | — | — |
| <i>b</i> | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | — | — | — |



Guias de escorregamento

Recomendação de perfilz planos



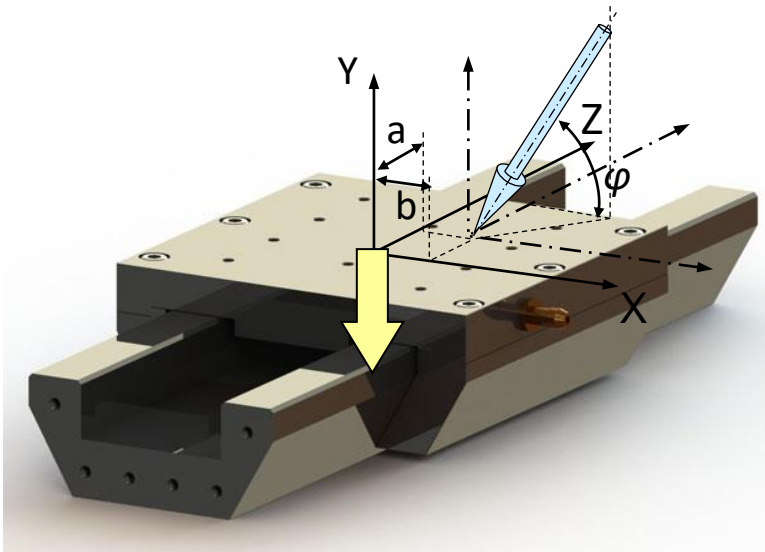
(All dimensions in mm)

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|------------|--------|-------------|--------------|
| <i>H</i> | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 |
| | [0.394] | [.472] | [0.63] | [0.787] | [0.984] | [1.26] | [1.575] | [1.968] | [2.48] | [3.15] | [3.937] |
| <i>B</i> | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 [4.921] | 160 [6.299] |
| | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 [7.874] |
| | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 [9.842] |
| | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 [12.598] |
| | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 [15.748] |
| <i>T</i> | 3 [0.118] | 4 [1.57] | 5 [1.97] | 5 | 6 [2.36] | 8 [8.15] | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 |
| Min.* | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 |
| <i>L</i> | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
| <i>b</i> | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 [1.181] | 40 | 50 | 60 [2.362] |

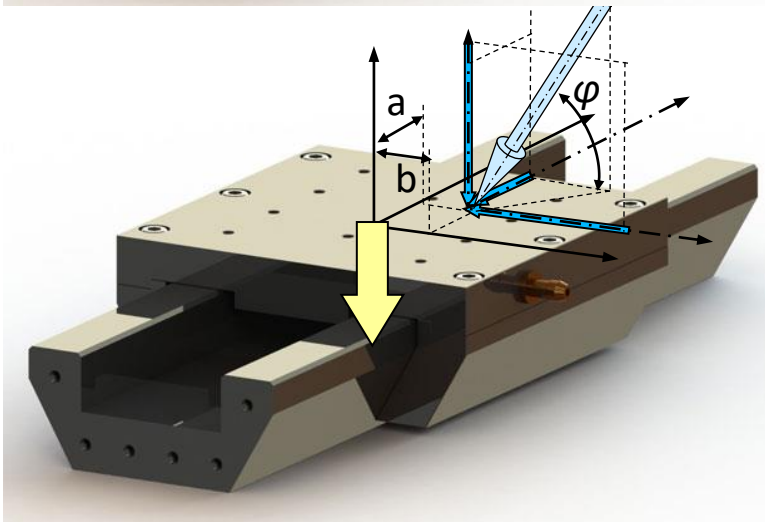


Guias de escorregamento

Dimensionamento



➤ Identifique a resultante das forças atuantes e sua direção

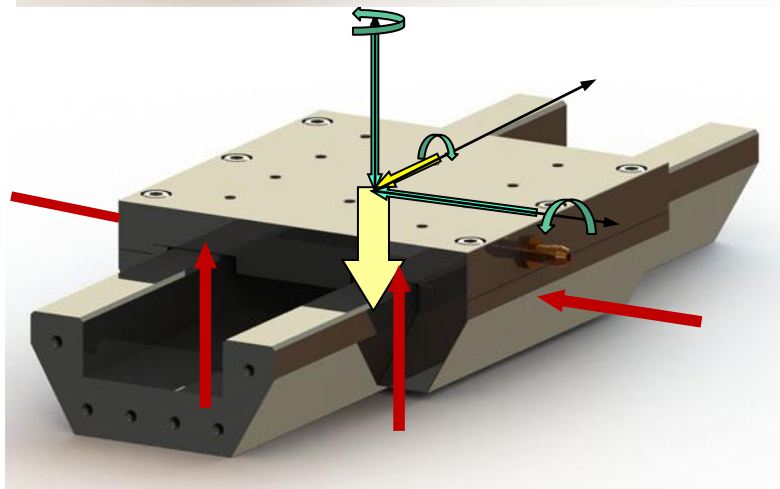
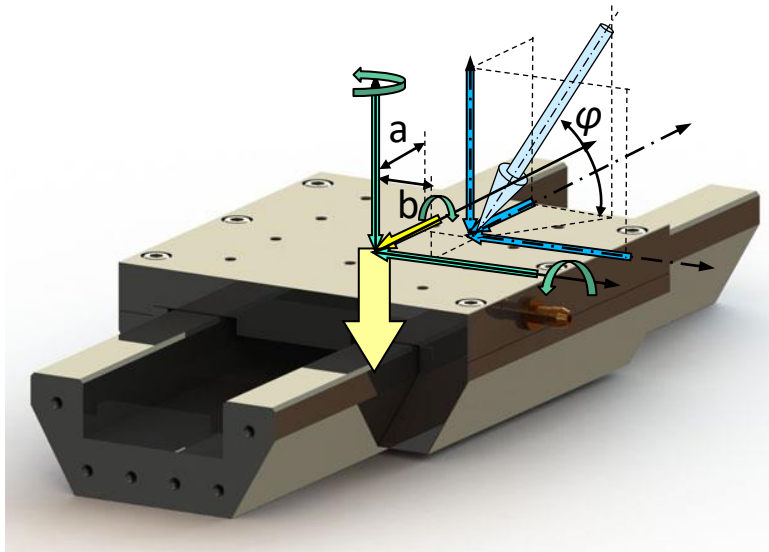


➤ Decomponha ortogonalmente a resultante das forças atuantes



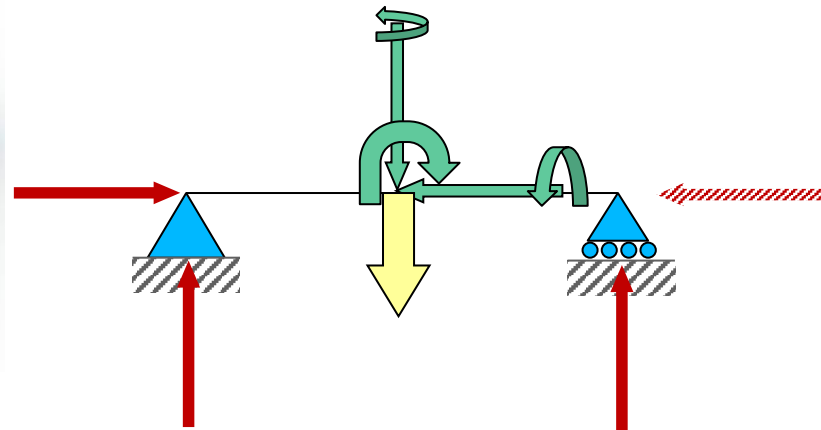
Guias de escorregamento

Dimensionamento



- Transfira as componentes da decomposição da força resultante para centro de ação do carro. Não esqueça de adicionar a força proporcional a massa do carro e pré-carregamentos

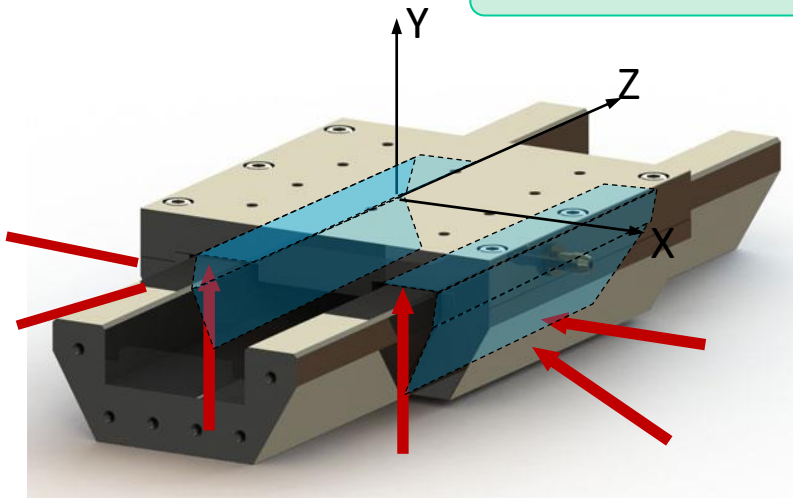
- Calcule as reações



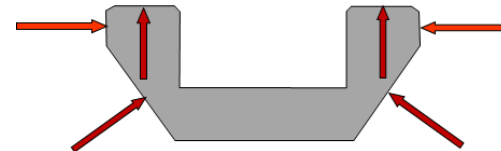


Guias de escorregamento

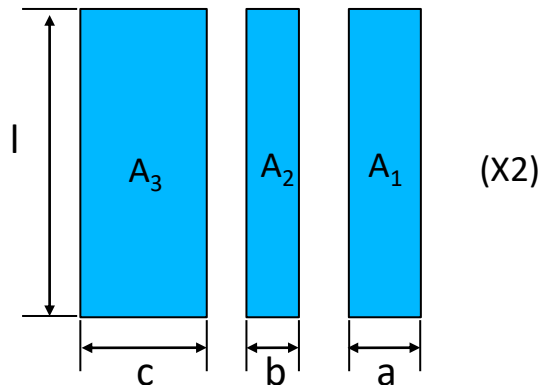
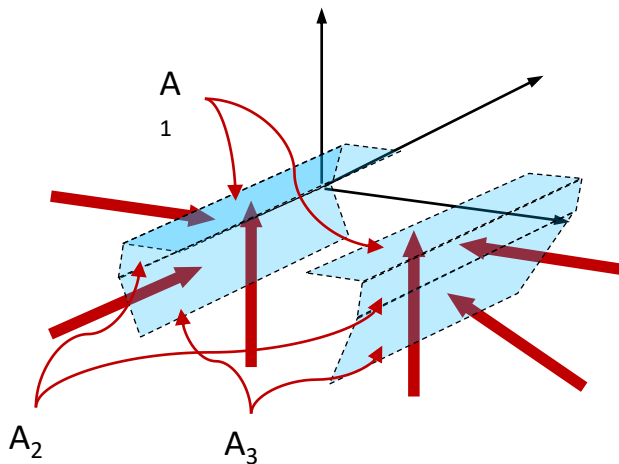
Dimensionamento



- Decomponha as reações de acordo com planos geométricos da guia



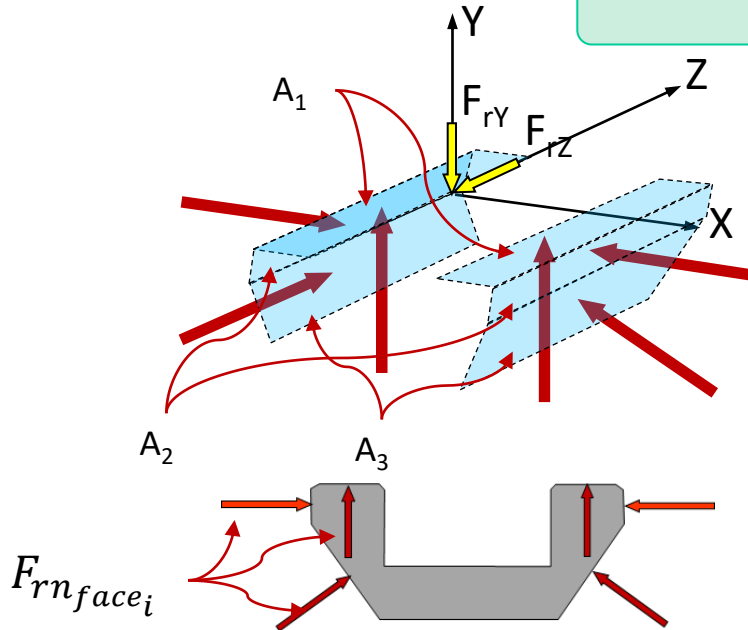
- O objetivo principal do dimensionamento é determinar as áreas de sustentação



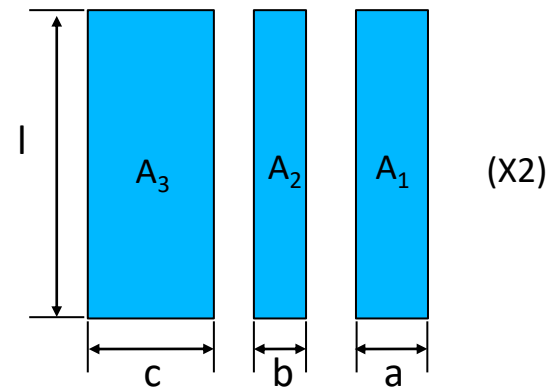


Guias de escorregamento

Dimensionamento



- O objetivo principal do dimensionamento é determinar as áreas de sustentação



$$F_{nr} = \sum F_{nr_i} \quad \leftarrow \text{Força normal resultante}$$

$$F_{rn_{face_i}} \quad \leftarrow \text{Força de reação normal a face}$$

$$F_{a_{face-i}} = \mu \cdot F_{nr_{face_i}} \quad \leftarrow \text{Força de atrito na face } i$$

$$F_{ar_{face_i}} = \sum F_{a_{face_i}} \quad \leftarrow \text{Força de atrito atuante em}$$

cada face

$$F_{ar_{face_i}} < F_{rZ}$$

$$F_{rZ} > \mu \cdot \sum F_{ar_{face_i}}$$

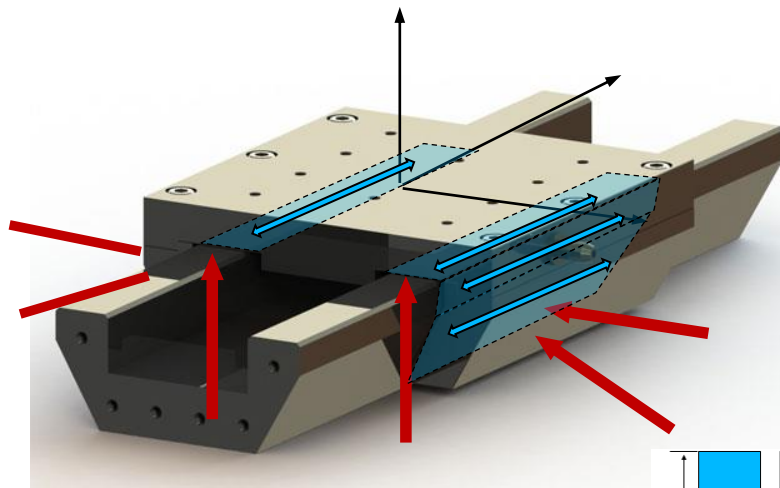
$$l_{min_{face-i}} \rightarrow \geq 2\mu \cdot \sum F_{ar_{face_i}}$$



Guias de escorregamento

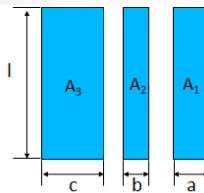
Dimensionamento

Outro caminho



- Calcule as forças de atrito
- Calcule as pressões sobre as áreas de co-projetadas
- Calcule a rigidez
- Compare a pressão de contato calculado com as pressões de contato de Hertz, utilizando o modelo de Greenwood -

Já são conhecidos!



Willianson

$$A = \sum_{i=1}^N A_i \quad F_c = \sum_{i=1}^N F_i$$

$$F_c = \frac{2}{3} \beta^{\frac{1}{2}} \cdot N \cdot E' \int_d^{\infty} (z - d)^{\frac{3}{2}} \cdot \phi(z) \cdot dz$$

$$E' = \frac{(1 - \nu_1^2)}{E_1} + \frac{(1 - \nu_2^2)}{E_2}$$

$$A_i = \pi \cdot \beta \cdot (z_i - d) \quad \leftarrow \text{área de contato nas asperezas}$$

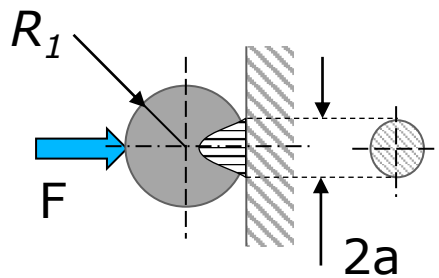
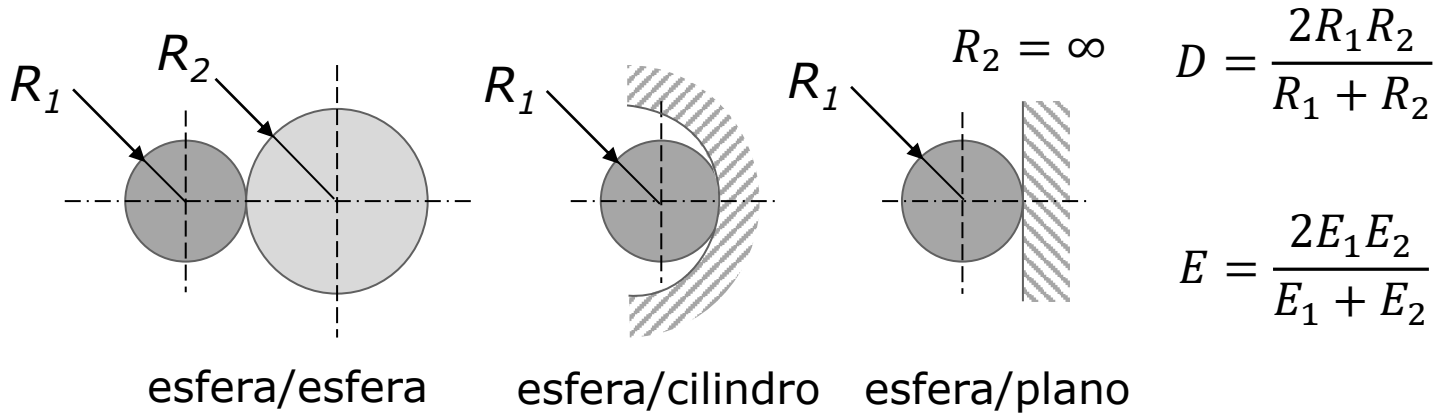
$$F_i = \frac{2}{3} \beta^{\frac{1}{2}} \cdot N \cdot E' (z_i - d)^{3/2} \quad \leftarrow \text{Força de contato nas asperezas}$$



Guias de escorregamento

Contato de Hertz

Contatos Pontuais



Área de contato

$$a = \sqrt[3]{\frac{0,75 (1 - \nu^2) F D}{E}}$$

Pressão de contato
máxima

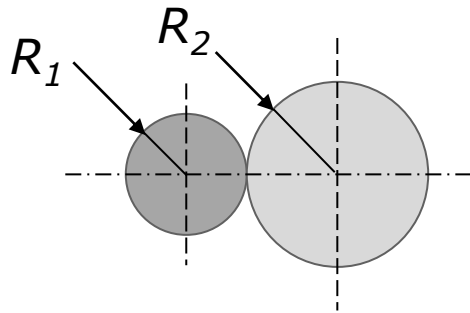
$$P_{max} = 1,5 \frac{F}{a^2 \pi}$$



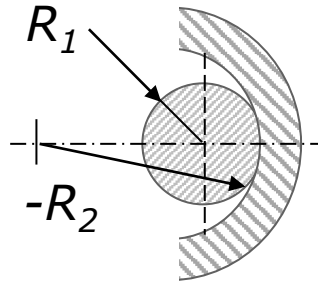
Guias de escorregamento

Contato de Hertz

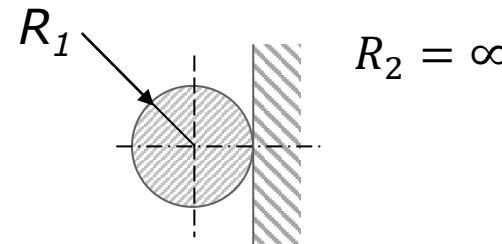
Contatos lineares



cilindro/cilindro



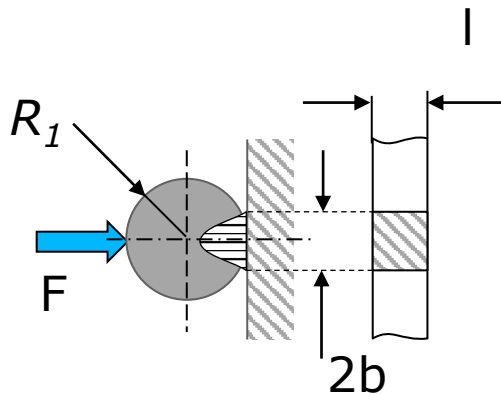
cilindro/cilindro



cilindro/plano

$$E = \frac{2E_1E_2}{E_1 + E_2}$$

$$D = \frac{2R_1R_2}{R_1 + R_2}$$



Área de contato

$$b = \sqrt[2]{\frac{4 F D (1 - \nu^2)}{\pi E l}}$$

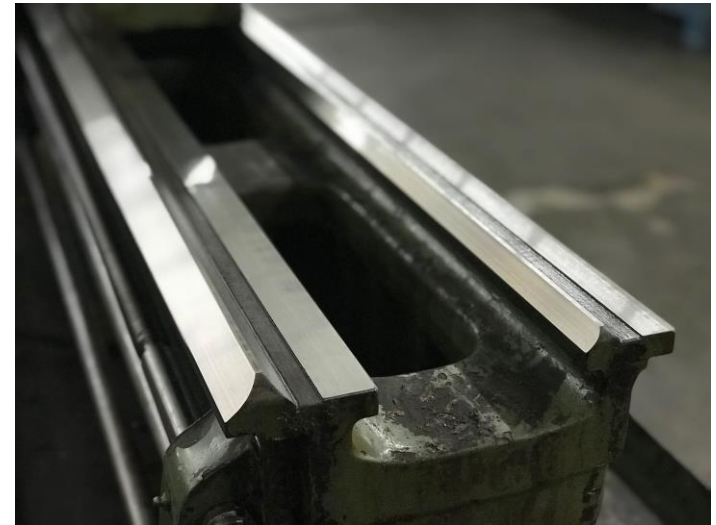
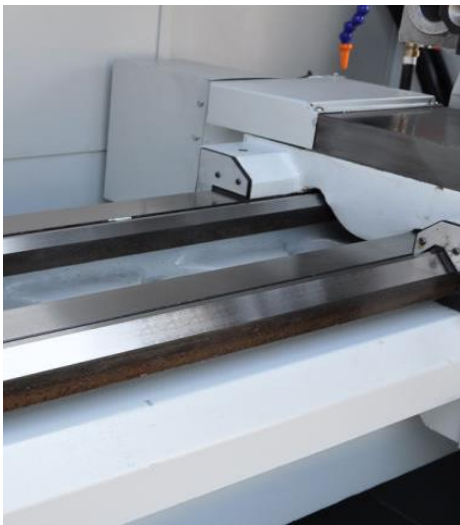
Pressão de contato máxima

$$P_{max} = \frac{2F}{\pi b l}$$



Guias de escorregamento

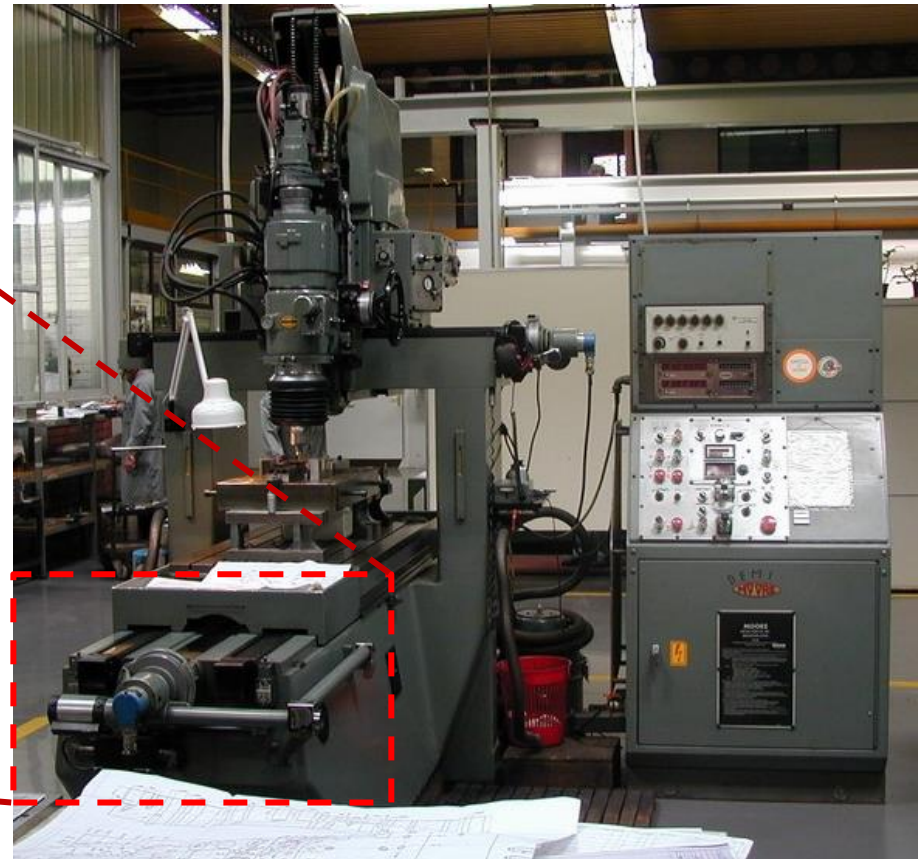
Exemplos de uso





Guias de escorregamento

Exemplos de uso





FIM DA AULA