




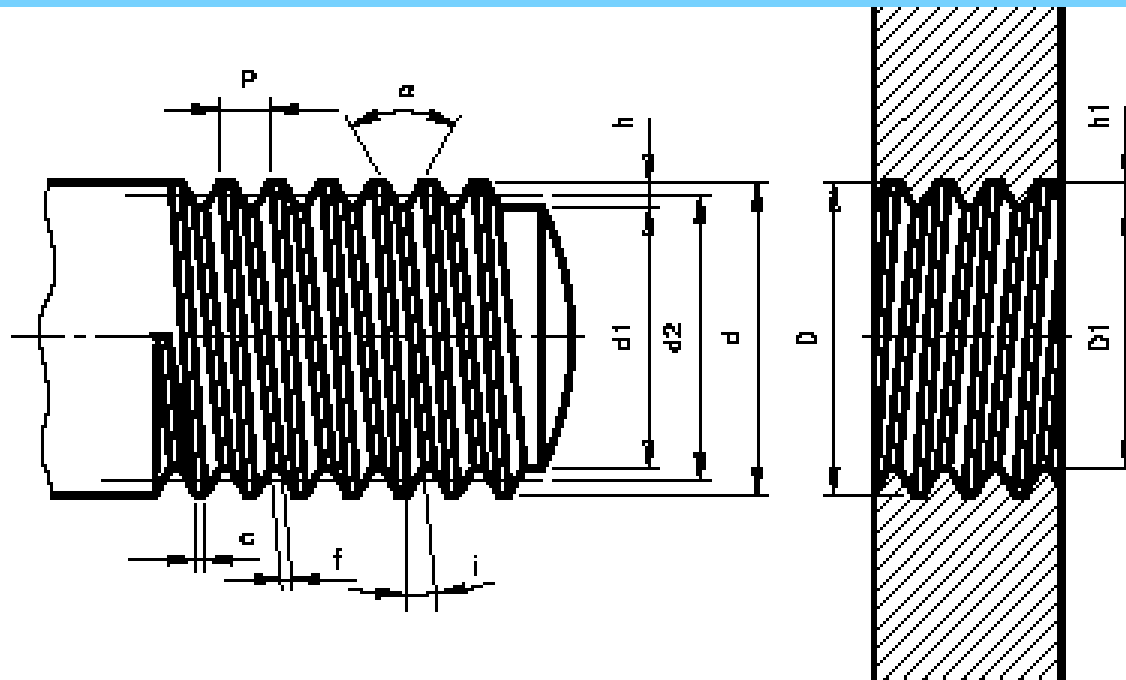


Tipos de Roscas

TIPOS DE ROSCAS (PERFIS) PERFIL DE FILETE	APLICAÇÃO
 <p>triangular</p>	Parafusos e porcas de fixação na união de peças. Ex.: Fixação da roda do carro.
 <p>trapezoidal</p>	Parafusos que transmitem movimento suave e uniforme. Ex.: Fusos de máquinas.
 <p>redondo</p>	Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços. Ex.: Equipamentos ferroviários.
 <p>quadrado</p>	Parafusos que sofrem grandes esforços e choques. Ex.: Prensas e morsas.
 <p>rosca dente-de-serra</p>	Parafusos que exercem grande esforço num só sentido Ex.: Macacos de catraca

Nomenclatura Básica



P = passo (em mm)

d = diâmetro externo

d_1 = diâmetro interno

d_2 = diâmetro do flanco

α = ângulo do filete

f = fundo do filete

i = ângulo da hélice

c = crista

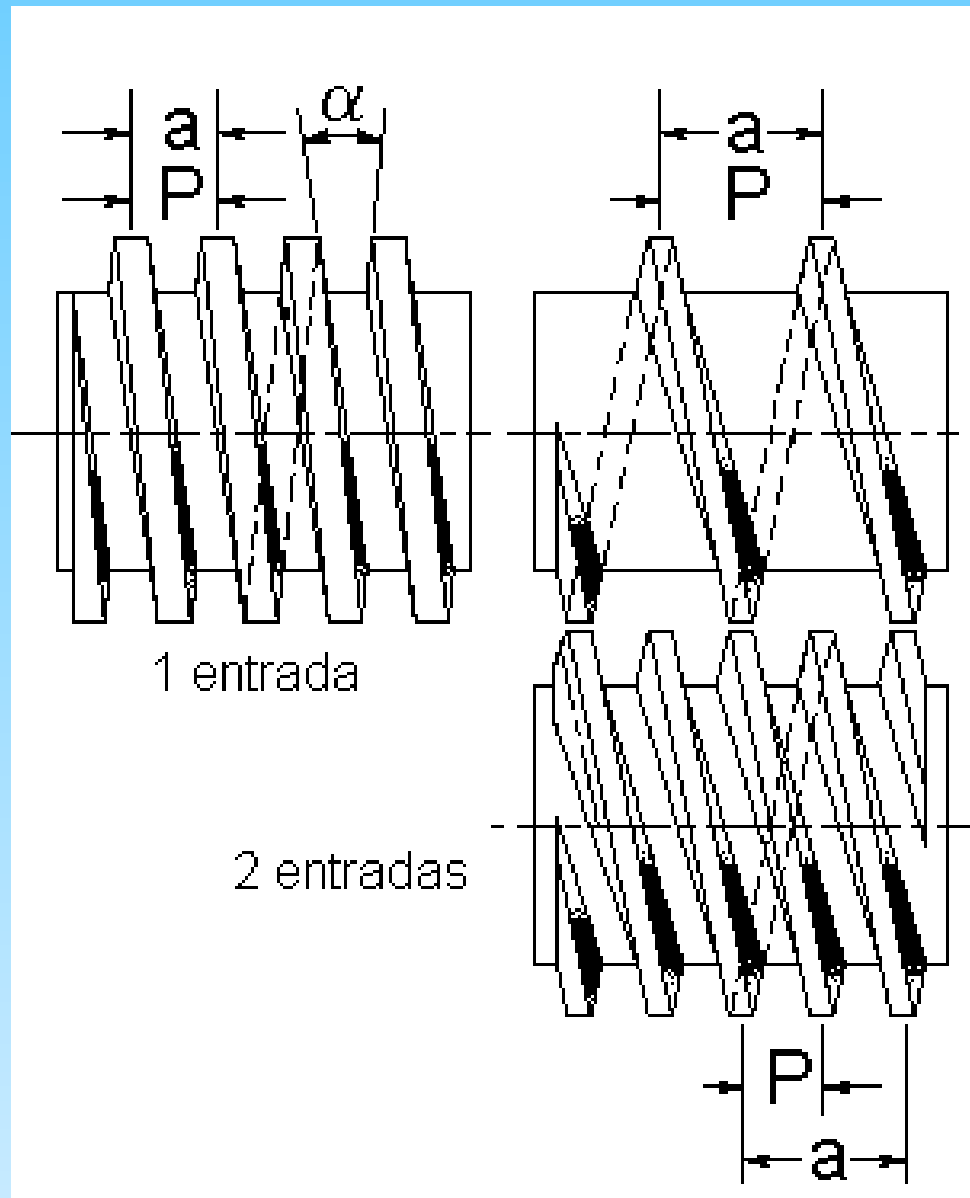
D = diâmetro do fundo da porca

D_1 = diâmetro do furo da porca

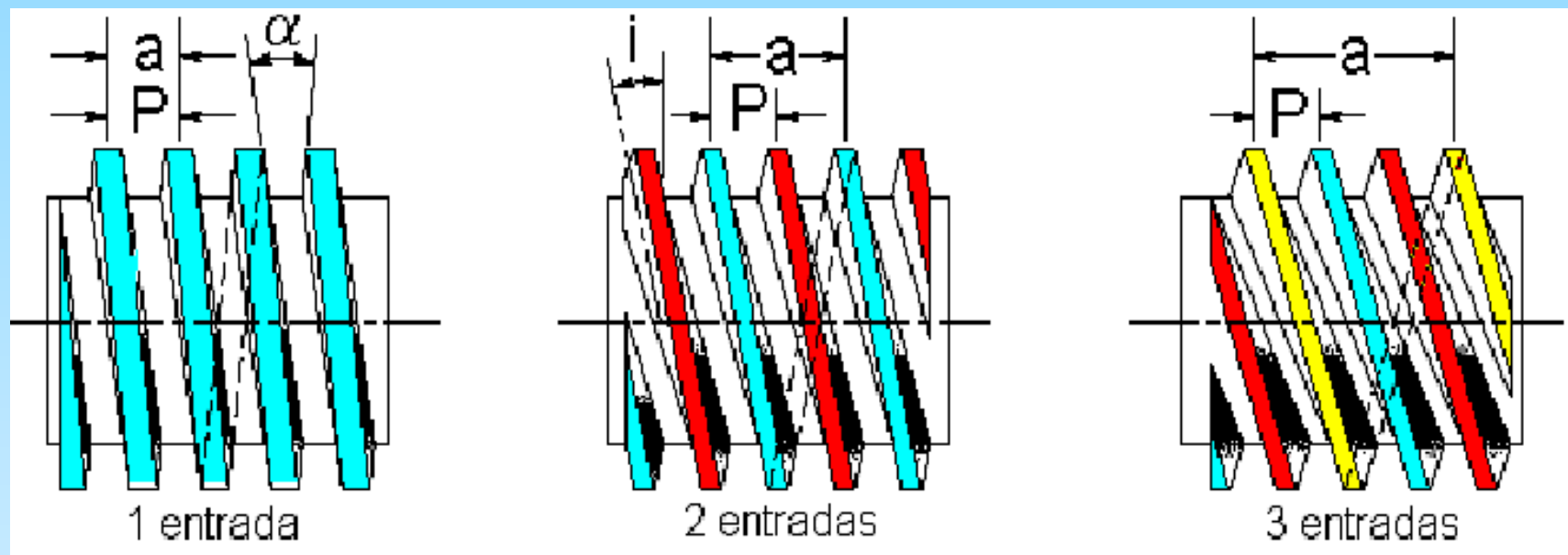
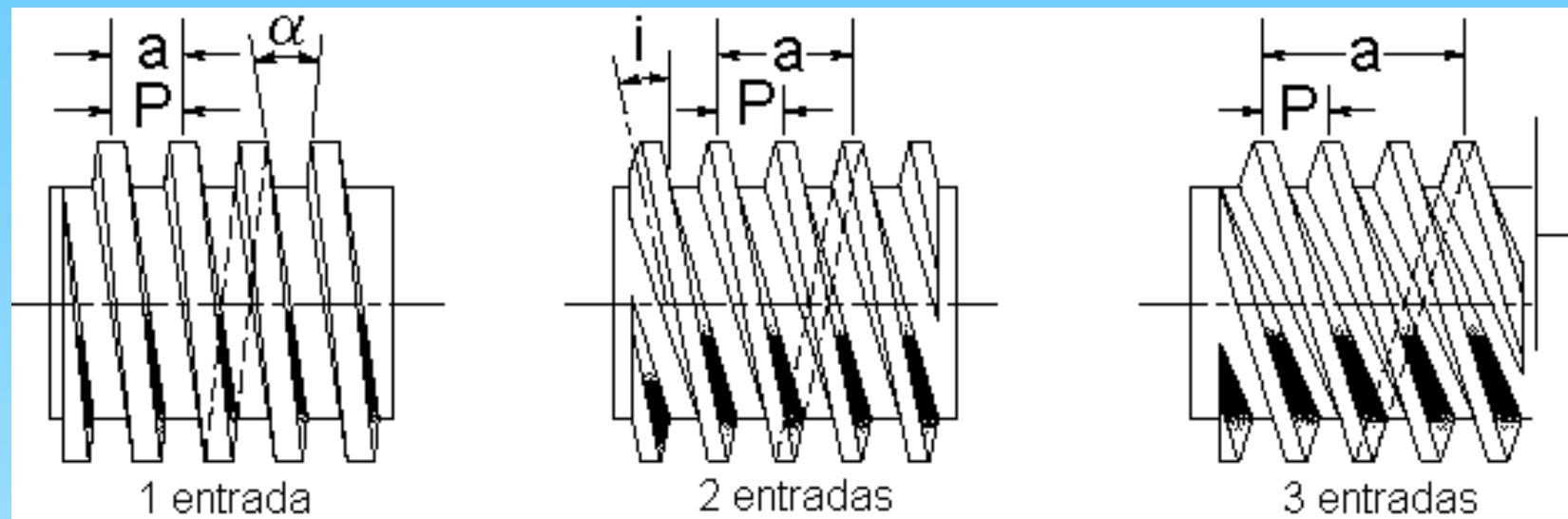
h_1 = altura do filete da porca

h = altura do filete do parafuso

Passo e Avanço

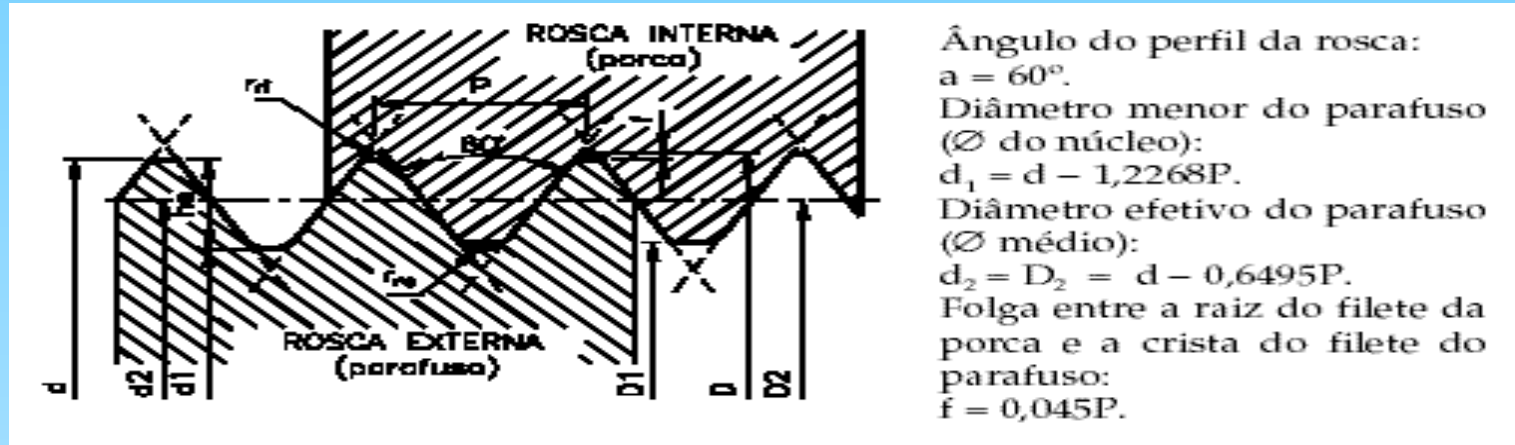


Passo e Avanço



Perfis de Roscas Triangulares

ISO, UN e Withworth



Rosca Whitworth normal - BSW e rosca Whitworth fina - BSF

Fórmulas:

$$a = 55^\circ$$

$$P = \frac{l'}{n^{\text{º}} \text{ de fios}}$$

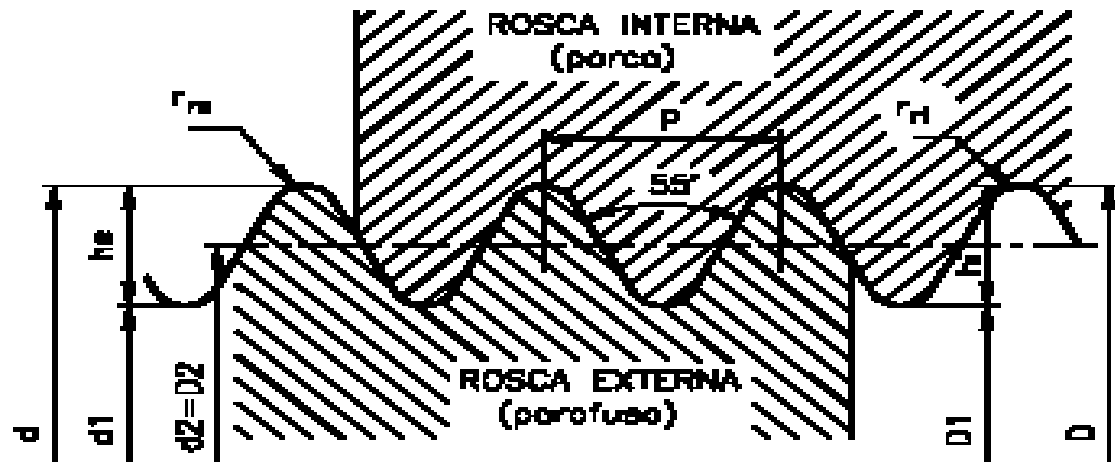
$$h_i = h_e = 0,6403P$$

$$r_{ri} = r_{re} = 0,1373P$$

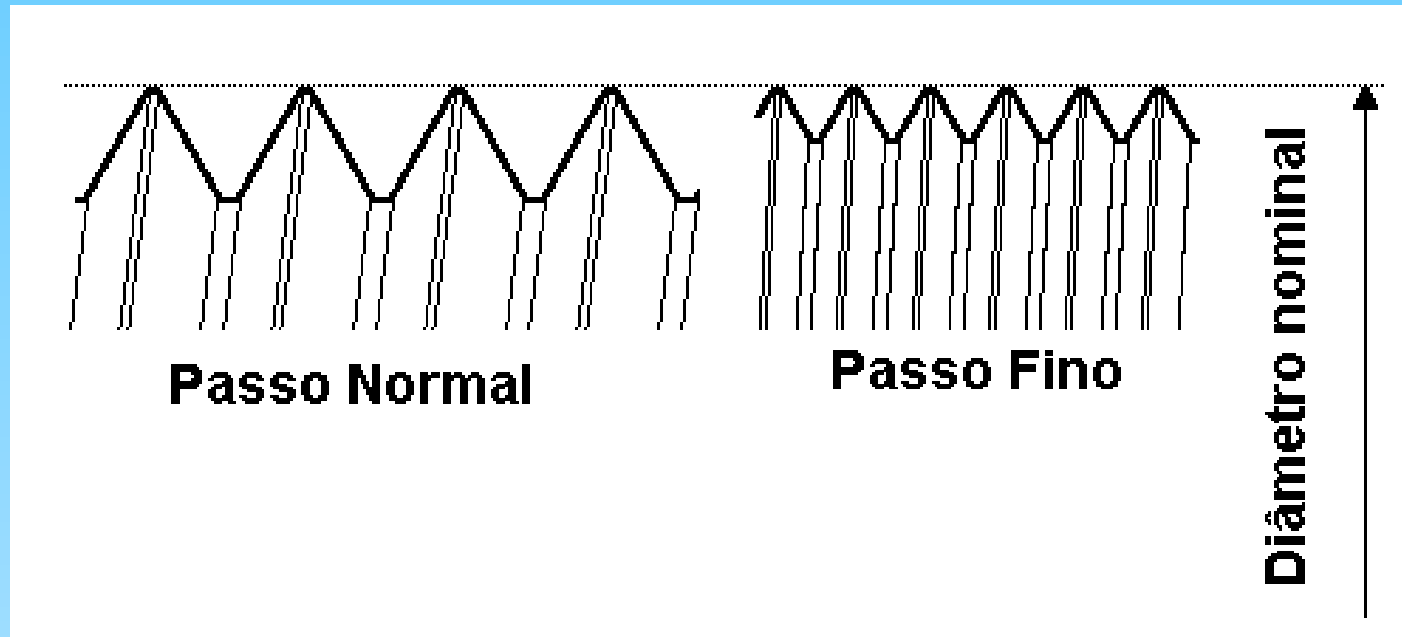
$$d = D$$

$$d_1 = d - 2h_e$$

$$D_2 = d_2 = d - h_e$$



- **Rosca de Passo Normal e Fino**



Aspectos Operacionais do Passo Fino:

- Maior aperto entre as peças para o mesmo conjugado
- Menor avanço (mais voltas até o aperto)
- Menor ângulo de hélice
- Maior “precisão” no ajuste

RELAÇÃO ENTRE O CONJUGADO DE APERTO E A CARGA AXIAL EM PARAFUSOS

- Consideremos um conjunto porca-parafuso que fixa as peças 3 e 4 e que será apertado com um conjugado C, mostrado na figura 1.

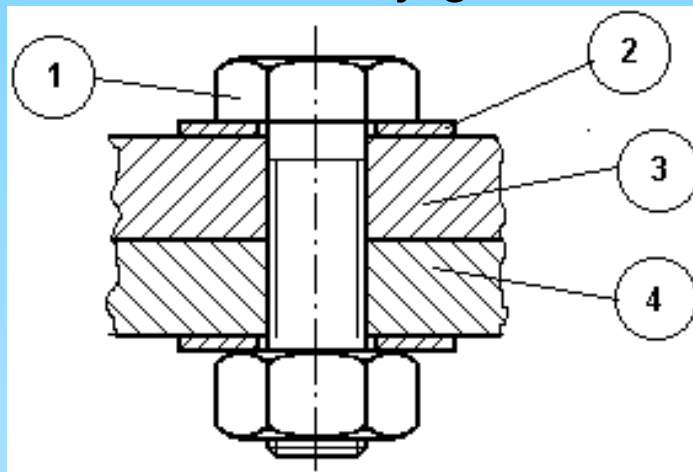


Figura 1

- Esta ação provocará o surgimento de uma força axial (de compressão entre as peças fixadas e de tração no corpo do parafuso).

Condições de Equilíbrio

- Para o perfil da rosca é quadrado, ou seja $\alpha = 0^\circ$.
- Impondo mostrado na figura 3,
- desprezando o atrito entre a porca e a arruela
- F_a = força axial
- F_t = força tangencial provocada pelo conjugado de aperto (“torque”) C .
- Logo $C = (F_t \times d_m)/2$, onde
- d_m é o diâmetro médio da rosca.
-
- N = força normal de contacto entre os filetes da rosca do parafuso e da porca (ou peça)
- F_{at} = força de atrito entre os filetes da rosca do parafuso e da porca(ou peça), onde $F_{at} = \mu \times N$

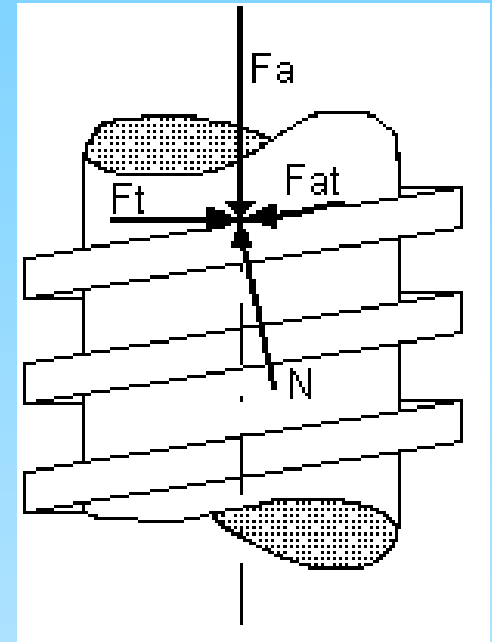
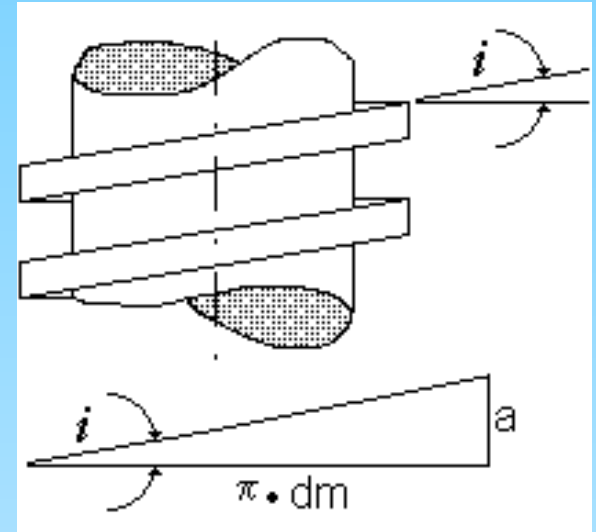


Figura 3

Condições de Equilíbrio

- As forças N e Fat tem componentes segundo a direção vertical e horizontal que são função do ângulo de hélice i .
- $i = \arctg a/\pi \cdot dm$:
- As componentes verticais de N e Fat :
- $N \cos i$ e $\mu N \sin i$
- As componentes horizontais:
- $N \sin i$ e $\mu N \cos i$
-

Figura 4



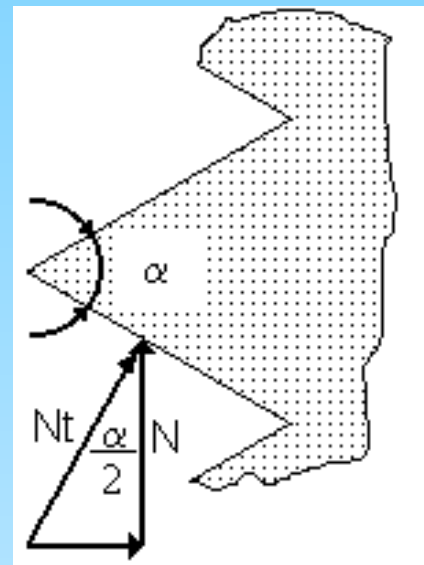
- Condição de equilíbrio:
- $\Sigma H = 0 \Rightarrow Ft - \mu N \cos i - N \sin i = 0 \Rightarrow N = Ft / (\sin i + \mu \cos i)$ (1)
- $\Sigma V = 0 \Rightarrow Fa - N \cos i + \mu N \sin i = 0 \Rightarrow N = Fa / (\cos i - \mu \sin i)$ (2)

Condições de Equilíbrio

- Igualando 1 e 2:
- $F_t = F_a [(seni + \mu cosi) / (cosi - \mu seni)]$ **(3)**
- Como o conjugado de aperto C vale: $C = F_t.dm/2$ **(4)**
-
- Substituindo 3 em 4 :
- $C = (dm/2) \times F_a [(seni + \mu cosi) / (cosi - \mu seni)]$ **(5)**
- dividindo o o numerador e o denominador por $cosi$, a equação 5 :
- $C = [(F_a.dm)/2] \times [(tgi + \mu) / (1 - \mu tgi)]$ **(6)**
- $tgi = a / \pi.dm$:
- $C = [(F_a.dm)/2] \times [(a + \mu.\pi.dm) / (\pi.dm - \mu.a)]$ **(7)**

Condições de Equilíbrio

- Para rosca triangular ($\alpha = 60^\circ$), $N_t = N / \cos\alpha/2$
- $F_{at}' = \mu N_t = \mu N / \cos\alpha/2$, substituindo em 5
- $C_t = (dm/2) \times F_a \left[\frac{\sin\alpha + \mu \cos\alpha / 2}{\cos\alpha - \mu \sin\alpha / 2} \right]$ (8)



-
- Da equação 7:
- $C_t = \left[\frac{F_a \cdot dm}{2} \right] \times \left[\frac{a + \mu \cdot \pi \cdot dm / 2}{\pi \cdot dm - \mu \cdot a} \right]$ (9)

Condições de Equilíbrio

- Considerando o atrito com as faces:
- $C_f = (F_a \times \mu_f \times d_f) / 2$ (10)
- onde: $F_a \times \mu_f =$ Força de atrito nas faces
- $d_f =$ diâmetro médio da face
- Parafusos normalizados $\Rightarrow d_f = 1,25 d$, onde $d =$ diâmetro nominal, logo:
- $C_f = (F_a \times \mu_f \times 1,25 d) / 2 = 0,625 \cdot F_a \cdot \mu_f \cdot d$ (11)

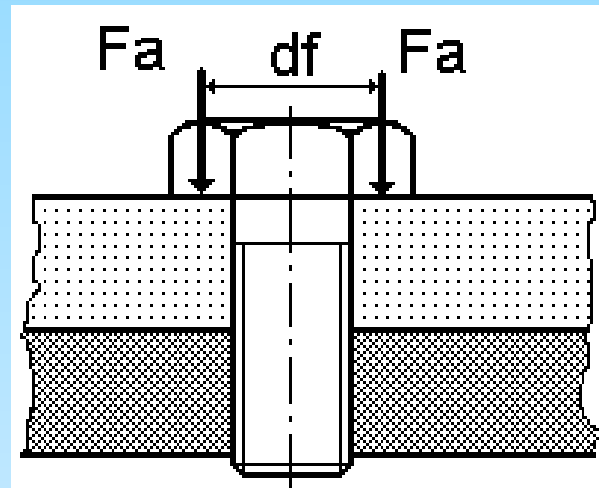


Figura 7

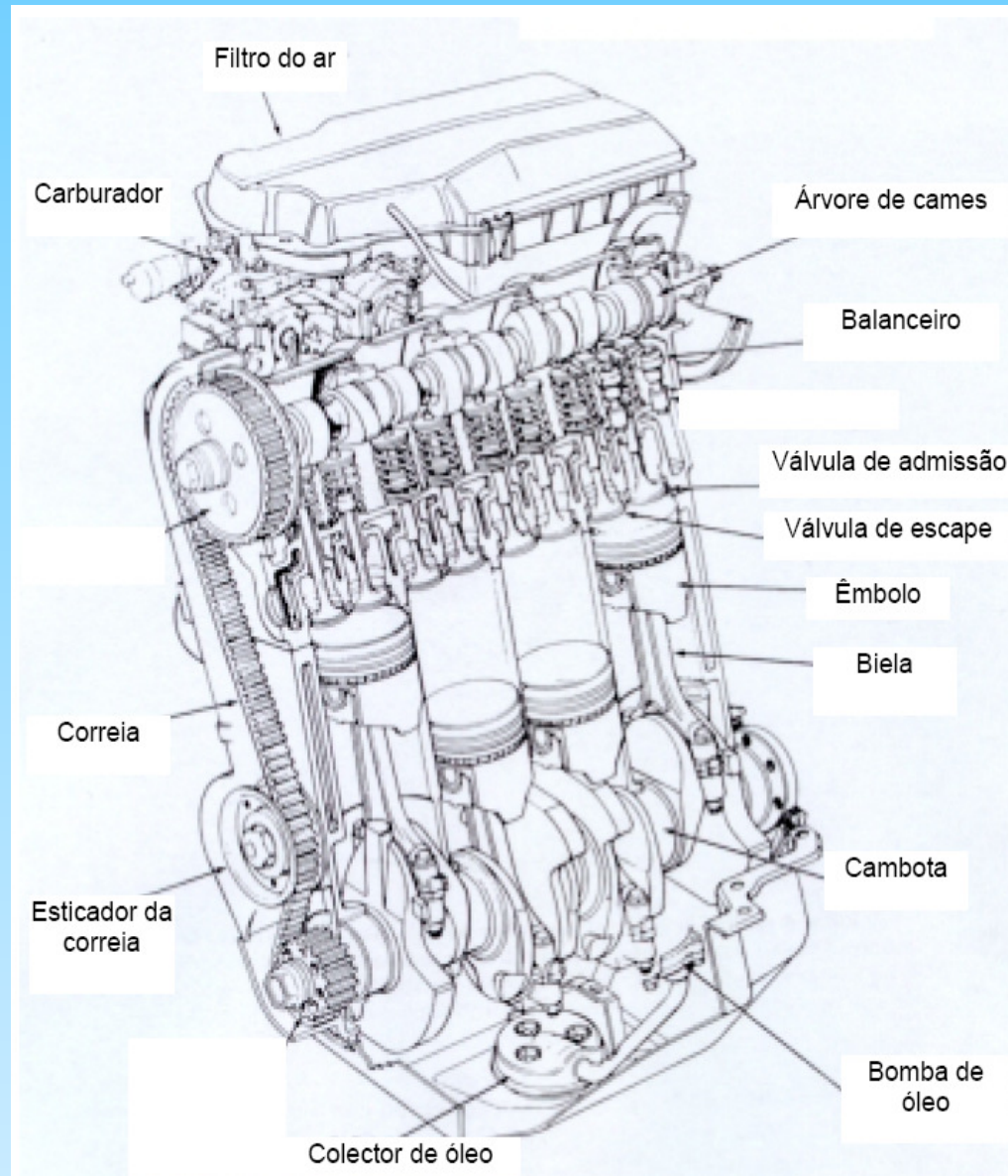
Condições de Equilíbrio

- O conjugado total de aperto será:
- $C_T = C_t + C_f$, ou a soma das equações 9 e 11:
- $C_T = [(F_a \cdot d_m)/2] \times [(a + \mu \cdot \pi \cdot d_m / \cos \alpha/2) / (\pi \cdot d_m - \mu \cdot a / \cos \alpha/2)] + 0,625 \cdot F_a \cdot \mu_f \cdot d$
- **ou**

$$C_T = F_a \left(\frac{d_m}{2} \times \frac{a + \frac{\mu \pi \cdot d_m}{\cos \alpha/2}}{\pi \cdot d_m - \frac{\mu \cdot a}{\cos \alpha/2}} + 0,625 \mu_f d \right) \quad (12)$$

Exemplo

- Exemplo 1
- Os parafusos de fixam o cabeçote de um motor de combustão interna devem ser apertados com um conjugado de 90 Nm. Qual a força de compressão que cada parafuso provoca na união bloco-cabeçote? São utilizados parafusos de cabeça sextavada interna, M12, passo normal.



Exemplo

- RESOLUÇÃO:
- Das tabelas de dimensões para parafusos padrão Métrico, para M12 passo normal $\Rightarrow p = 1,75 \text{ mm}$. Como para fixação utilizamos parafusos de 1 entrada o passo é igual ao avanço. Logo:
- $a = 1,75 \text{ mm}$
- $d_m = 10,8 \text{ mm}$, $d = 12 \text{ mm}$ e $\alpha/2 = 30^\circ$
- e adotaremos $\mu = \mu_f = 0,15$
- Como $\text{tg } i = a / \pi d_m \Rightarrow i = 2,95^\circ$
- Como $C_T = 90 \text{ Nm} = 90 \text{ kNmm}$, substituindo os valores na equação 12, temos:

$$C_T = F_a \left(\frac{d_m}{2} \times \frac{a + \frac{\mu \pi d_m}{\cos \alpha/2}}{\pi d_m - \frac{\mu a}{\cos \alpha/2}} + 0,625 \mu_f d \right)$$

Exemplo

- $90.000 = Fa\{(10,8/2) \times [(1,75 + 0,15 \cdot \pi \cdot 10,8 / 0,87) / (\pi \cdot 10,8 - 0,15 \cdot 1,75 / 0,87)] + 0,625 \cdot 0,15 \cdot 12\}$
- Logo $90.000 = Fa(1,22 + 1,13) = 2,35 Fa \Rightarrow Fa = 38,4 \text{ kN.}$
- Note-se que o atrito entre as faces e as arruelas provoca uma diminuição de 48% no valor de Fa. Caso não houvesse este atrito o valor de Fa seria:
- $1,22 Fa' = 90.000 \Rightarrow Fa' = 73,8 \text{ kN.}$
- Foram realizados 20 testes* com parafusos similares a estes, com os seguintes resultados para o valor de Fa (em kN):

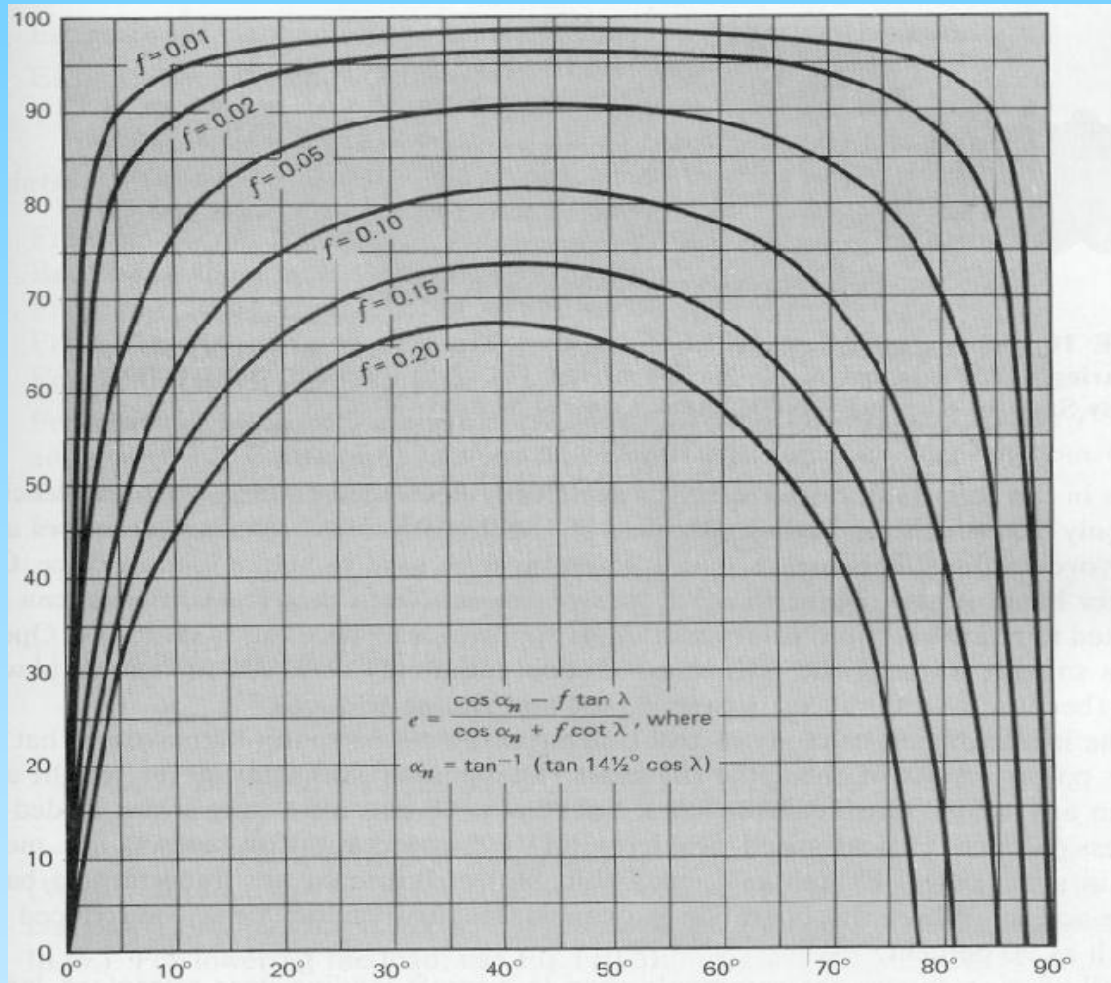
23,6	27,6	28,0	29,4	30,3	30,7	32,9	33,8	33,8	33,8
34,7	35,6	35,6	37,4	37,8	37,8	39,2	40,0	40,5	42,7

- *Cf. Blake and Kurtz – Shigley, J. E.

RENDIMENTO DE PARAFUSOS PARA TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA

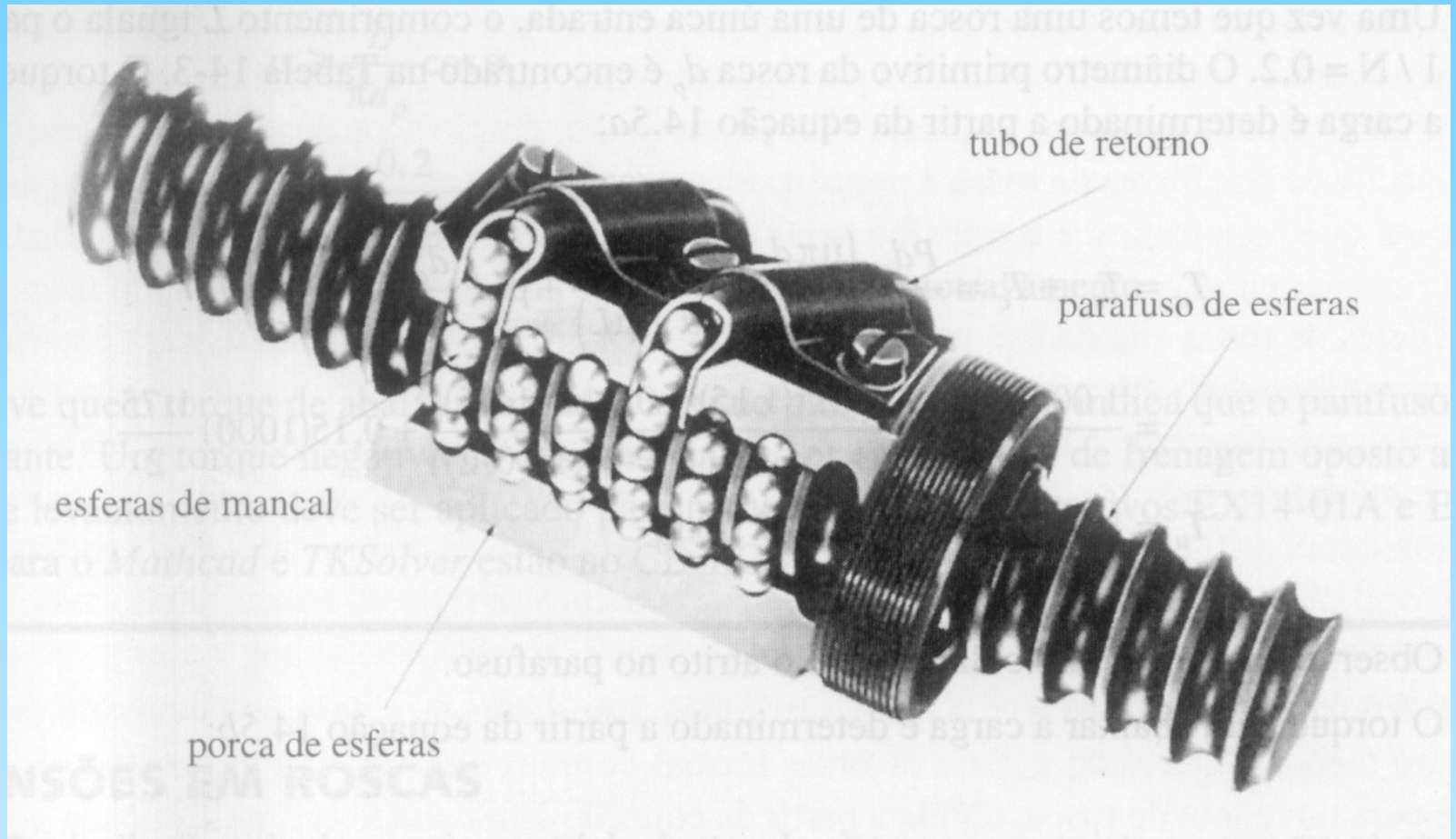
- Para um parafuso de rosca quadrada:
- Entrada = $C \times \theta$, onde θ é o ângulo de giro do parafuso/porca.
- Saída = $F_a \times a$, onde a é o avanço da rosca.
- O rendimento será: $r = (F_a \times a) / (C \times \theta)$, com $\theta = 2\pi$
- Com de C da equação 5 e $a = \pi d_m \times \text{tgi}$:
- $r = (1 - \mu \text{tgi}) / (1 + \mu \text{coti})$ (13)
- Para um ângulo de filete diferente de 0:
- $r_\alpha = (\cos\alpha/2 - \mu \text{tgi}) / (\cos\alpha/2 + \mu \text{coti})$ (14)

- Rosca Quadrada => pouco freqüente
- Rosca Trapezoidal => Mais utilizada para aplicações de “força”



- $r = f(i)$, rosca ACME, com $\alpha/2 = 14.5^\circ$, $\alpha_n = \alpha/2$, $f = \mu$ e $\lambda = i$

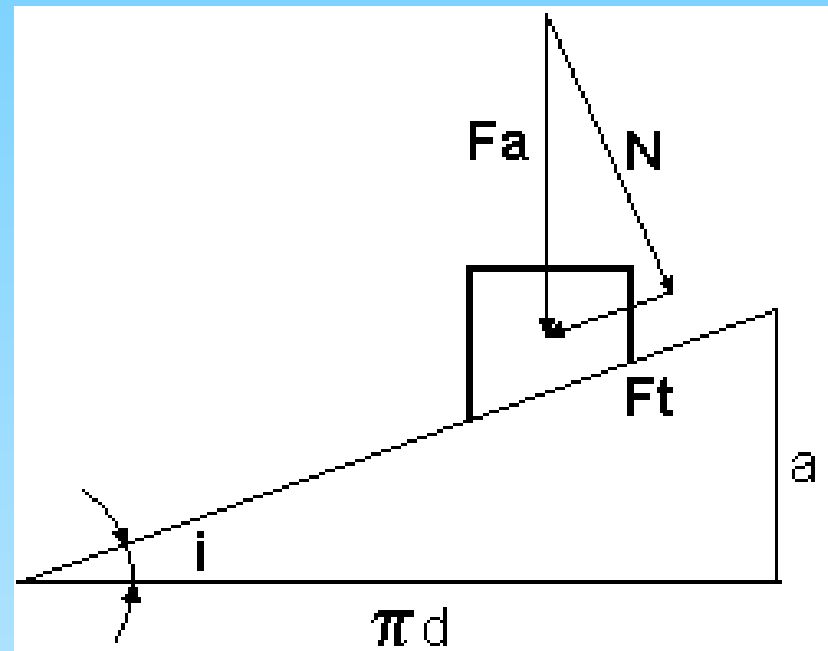
fuso de esferas recirculantes



CONDIÇÃO DE TRAVAMENTO PARA PARAFUSOS DE FIXAÇÃO

- FIXAÇÃO X REVERSIBILIDADE ($F_a \Rightarrow C$)

- $N = F_a \cdot \cos i$
- $F_t = F_a \cdot \sin i$
- $F_{at} = \mu \cdot N = \mu \cdot F_a \cdot \cos i$
- Travamento $\Rightarrow F_{at} > F_t$



-
- Logo: $\mu \cdot F_a \cdot \cos i > F_a \cdot \sin i \Rightarrow \mu > \operatorname{tg} i$ (15)
- Rosca triangular $\Rightarrow \mu > \operatorname{tg} i \cdot \cos \alpha/2$ (16)

- Exemplo 2
- Parafuso M4, em aço, com passo normal, 1 entrada.
- μ mínimo para travamento?
- 1 entrada \Rightarrow passo = avanço = 0,7 mm (passo normal –tabelas)
- $d_m = (4 + 3,1) / 2 = 3,6$ mm
- $\text{tg } i = 0,7 / (3,14 \times 3,6) \Rightarrow \text{tg } i = 0,06$
- rosca métrica, $\alpha/2 = 30^\circ$ e $\text{cós } \alpha/2 = 0,87$,
- da equação 16 $\Rightarrow \mu > 0,06 \times 0,87 \Rightarrow \mu > 0,052$
- Aplicações Práticas

TABELAS DE ROSCAS

*ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR
SÉRIE NORMAL*

EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ D ₂ (mm)
1	0,693	0,153	0,036	1,011	0,729	0,018	0,25	0,837
1,2	0,893	0,153	0,036	1,211	0,929	0,018	0,25	1,038
1,4	1,032	0,184	0,043	1,413	1,075	0,022	0,3	1,205
1,6	1,171	0,215	0,051	1,616	1,221	0,022	0,35	1,373
1,8	1,371	0,215	0,051	1,816	1,421	0,022	0,35	1,573
2	1,509	0,245	0,058	2,018	1,567	0,025	0,4	1,740
2,2	1,648	0,276	0,065	2,220	1,713	0,028	0,45	1,908
2,5	1,948	0,276	0,065	2,520	2,013	0,028	0,45	2,208
3	2,387	0,307	0,072	3,022	2,459	0,031	0,5	2,675
3,5	2,764	0,368	0,087	3,527	2,850	0,038	0,6	3,110
4	3,141	0,429	0,101	4,031	3,242	0,044	0,7	3,545
4,5	3,680	0,460	0,108	4,534	3,690	0,047	0,75	4,013
5	4,019	0,491	0,115	5,036	4,134	0,051	0,8	4,480
6	4,773	0,613	0,144	6,045	4,917	0,06	1	5,350
7	5,773	0,613	0,144	7,045	5,917	0,06	1	6,350
8	6,466	0,767	0,180	8,056	6,647	0,08	1,25	7,188
9	7,466	0,767	0,180	9,056	7,647	0,08	1,25	8,188
10	8,160	0,920	0,217	10,067	8,376	0,09	1,5	9,026
11	9,160	0,920	0,217	11,067	9,376	0,09	1,5	10,026
12	9,833	1,074	0,253	12,079	10,106	0,11	1,75	10,863

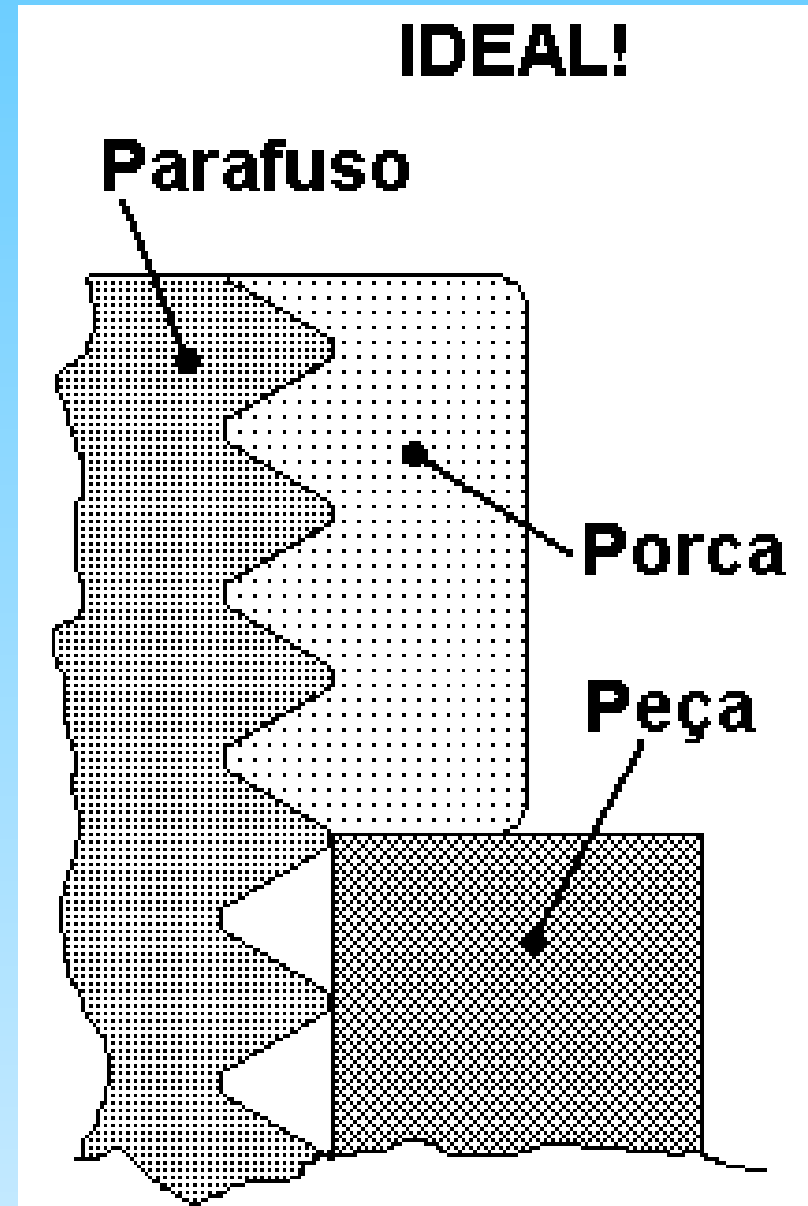
TENSÕES EM ELEMENTOS ROSQUEADOS

- Torção
- tensão máxima:
∇ $\tau = 16.C / \pi . d_1^3$, (17)
- **C** = conjugado (torque) **d1** = diâmetro mínimo da rosca

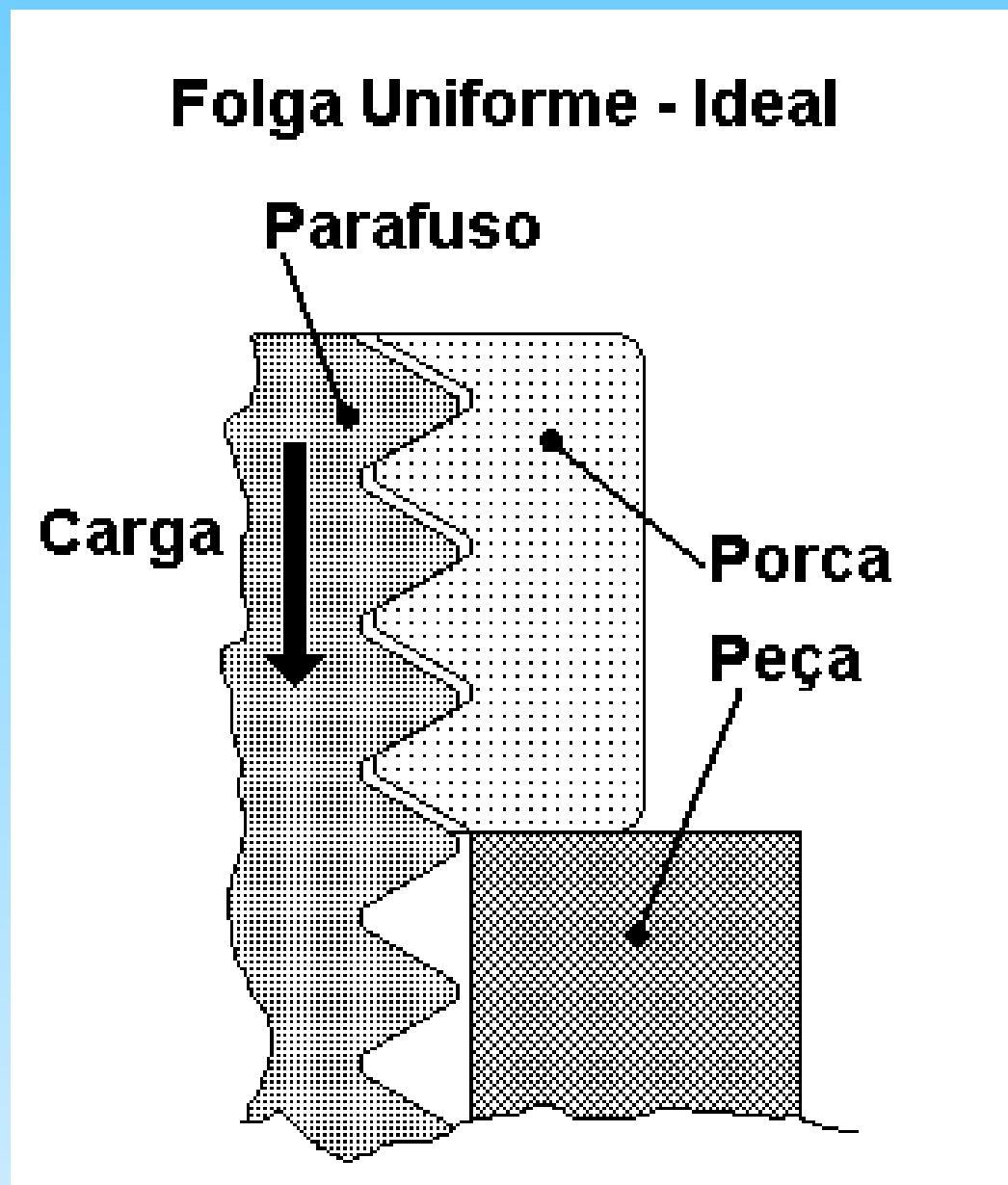
- Tração e Compressão
- Hipótese: tensão uniforme $\sigma = P / A$, (18)
- P = carga axial A = área da secção resistente (tabelas) ou
- $A = \pi.d_1^2/4$ (19) (área aproximada)
- Ensaio de tração => área resistente > área da secção mínima,
- Área Resistente de Parafusos Métricos - Passo Normal

∅Nominal	3	4	6	8	10	12	16	20	24
Área res. mm ²	5,0	8,8	20,1	36,6	58,0	84,3	156,7	244,8	352,5

- 3. Cisalhamento dos Filetes

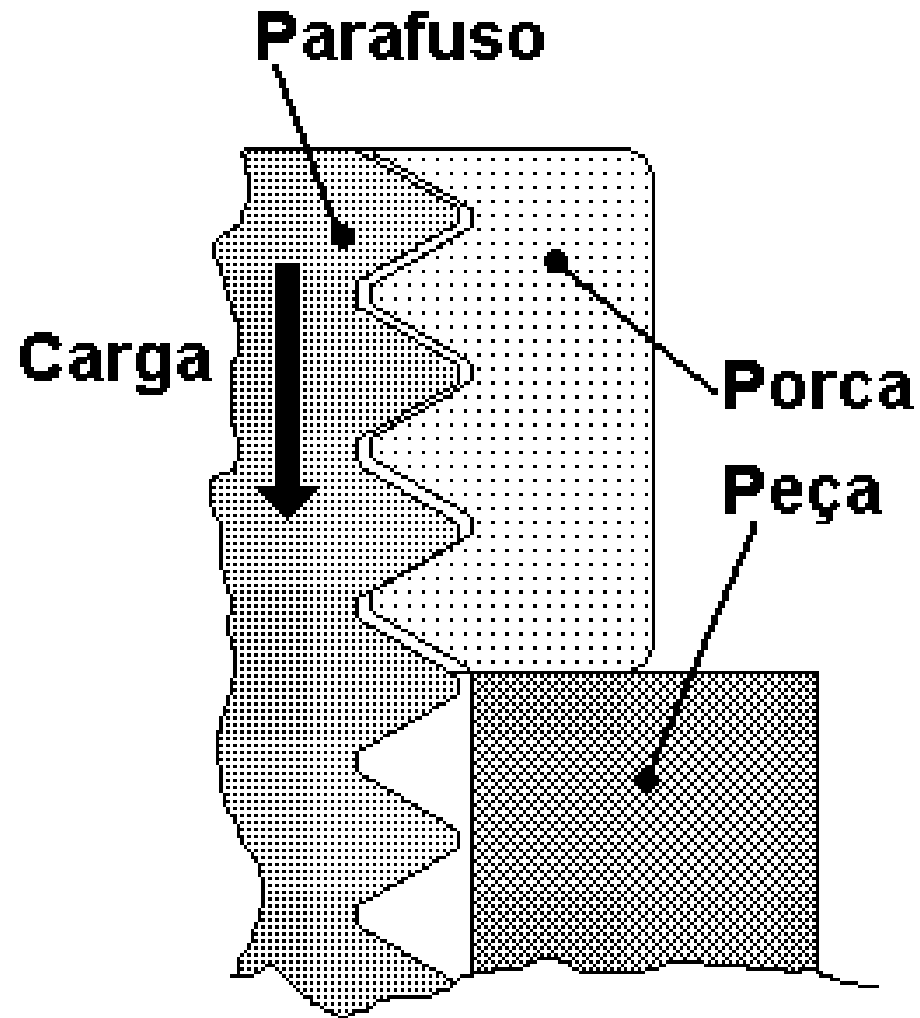


- 3. Cisalhamento dos Filetes



- 3. Cisalhamento

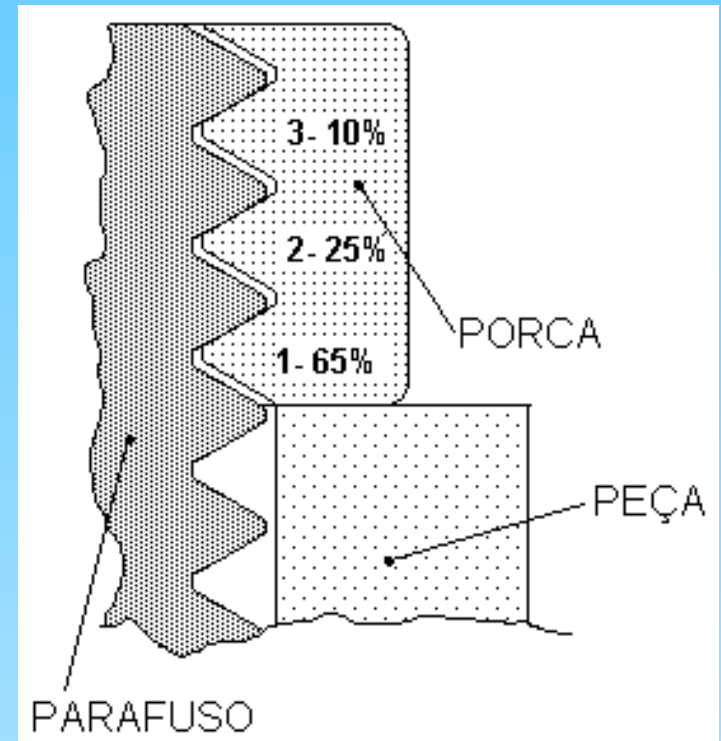
Folga Não Uniforme - Real



- 3. Cisalhamento
- Cargas não uniformes nos filetes

$$\forall \tau_f = P / A = P / (\pi \cdot d_1 \cdot p \cdot k) \cdot k_f, \quad (20)$$

- k = percentual de área ocupada pelo filete real (com chanfro no fundo) em relação ao filete teórico (sem chanfro)
- k_f = coeficiente que indica o número de filetes necessário para igualar-se a resistência ao cisalhamento com a de tração
- Para roscas métricas externas (“parafusos”), $k = 0,8$.
- Logo: $\tau_f = P / \pi \cdot d_1 \cdot p \cdot 0,8 \cdot k_f$
- Lembrando de $\sigma_{esc} = 0,577 \cdot \tau_{esc}$ (Von Mises)



$$\forall \sigma_{esc} = 0,577. \tau_{esc} \text{ (Von Mises)}$$

- Igualando a resistência à tração do parafuso (18) com a resistência ao cisalhamento dos filetes (20), temos:
- $[P / (\pi.d1.p.0.,8.kf)] = (0,577).[4.P / \pi.d1^2]$ (21)
- Simplificando a equação 21 temos:
- $d1 = 1,85.p.kf.$ (22)
- roscas métricas $\Rightarrow d1 \sim 0,8 d$,
- e da altura da porca $t = p.kf$
- $d1 = 1,85 t \Rightarrow t \geq 0,54 d1 \Rightarrow t \geq 0,43 d$
- Dado prático $t \sim 0,8 d \Rightarrow$ Resist. à Tração \sim Resit. ao Cisalhamento

