

**PMR 3103**

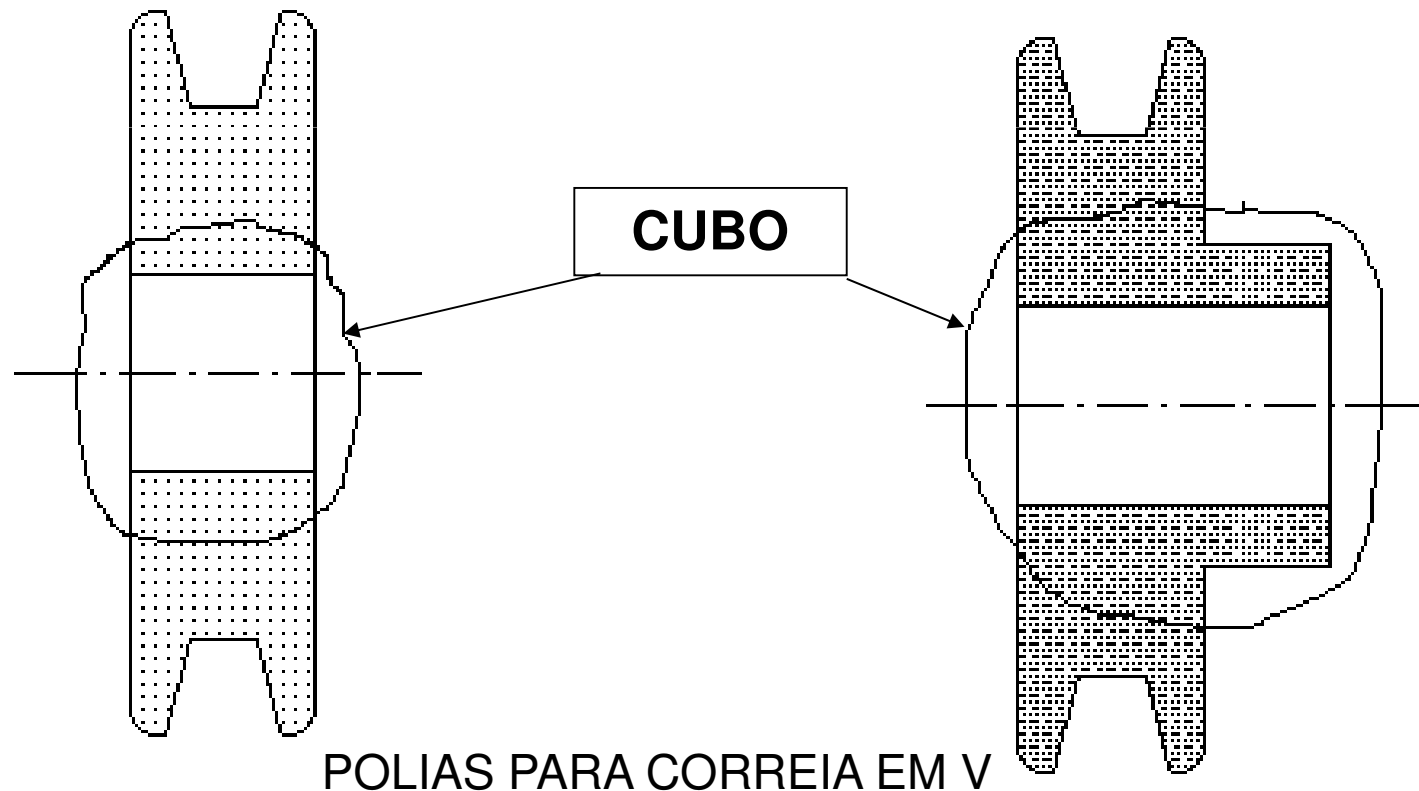
**FIXAÇÃO CUBO-EIXO**

# Fixações Cubo-Eixo

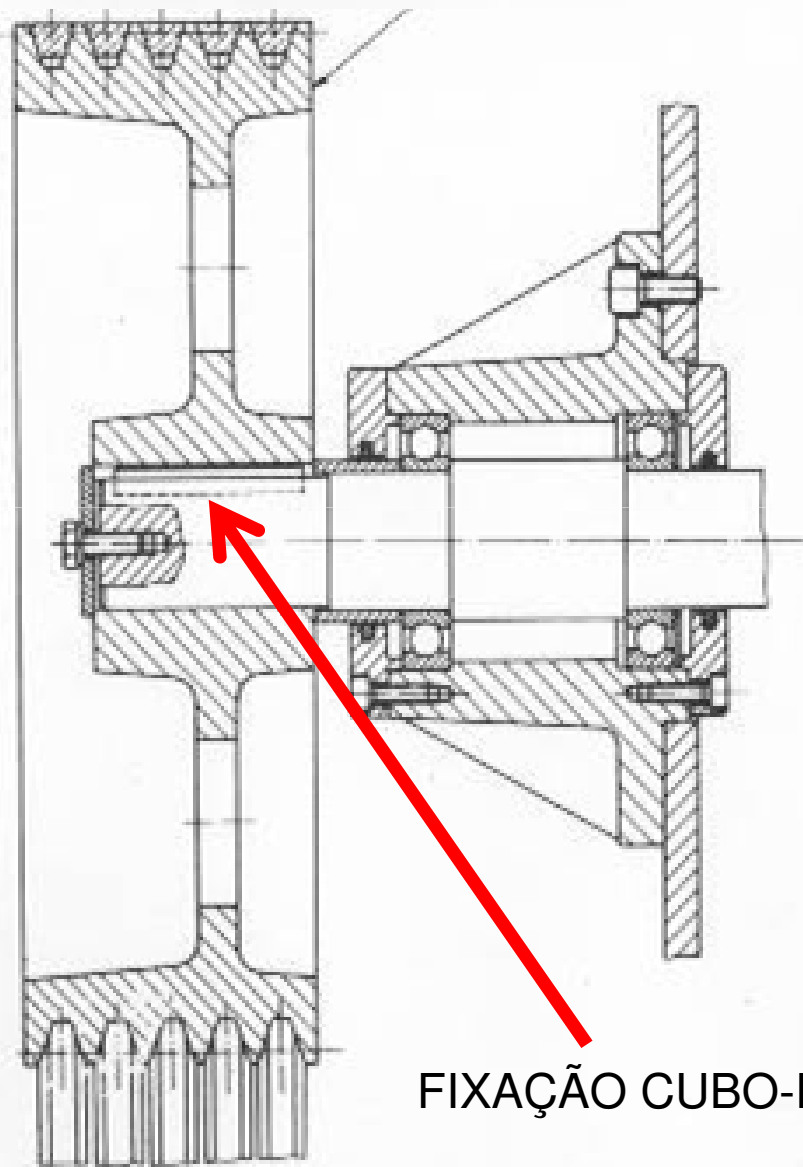
- **1. OBJETIVOS**

Uma fixação cubo-eixo tem como objetivo promover a vinculação entre peça qualquer e um eixo, geralmente para transmissão de potência (conjugado e rotação). Normalmente, esta vinculação não permite qualquer tipo de movimento relativo mas, em alguns casos, pode ocorrer translação entre as partes.

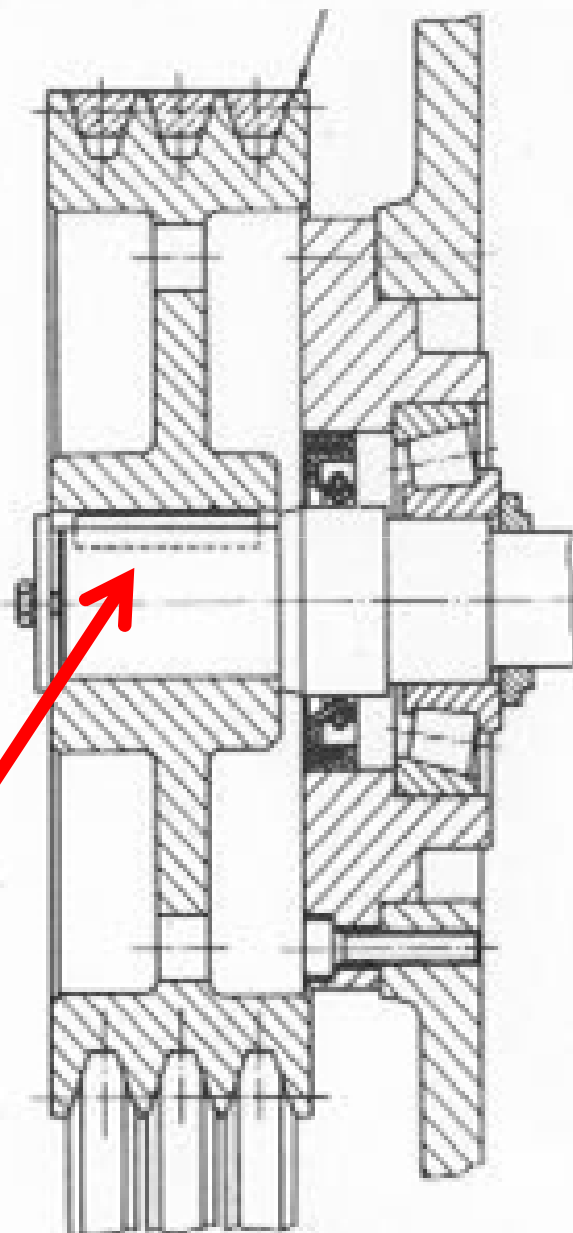
- **CUBO** – Define-se como CUBO, a região da peça cujo projeto tem como parâmetro fundamental sua fixação a um eixo. O cubo pode ou não destacar-se da geometria básica da peça, como mostra a figura abaixo:



Desenho de montagem do eixo intermediário, com polia conduzida, de uma transmissão ao tambor de um gancho de construção.

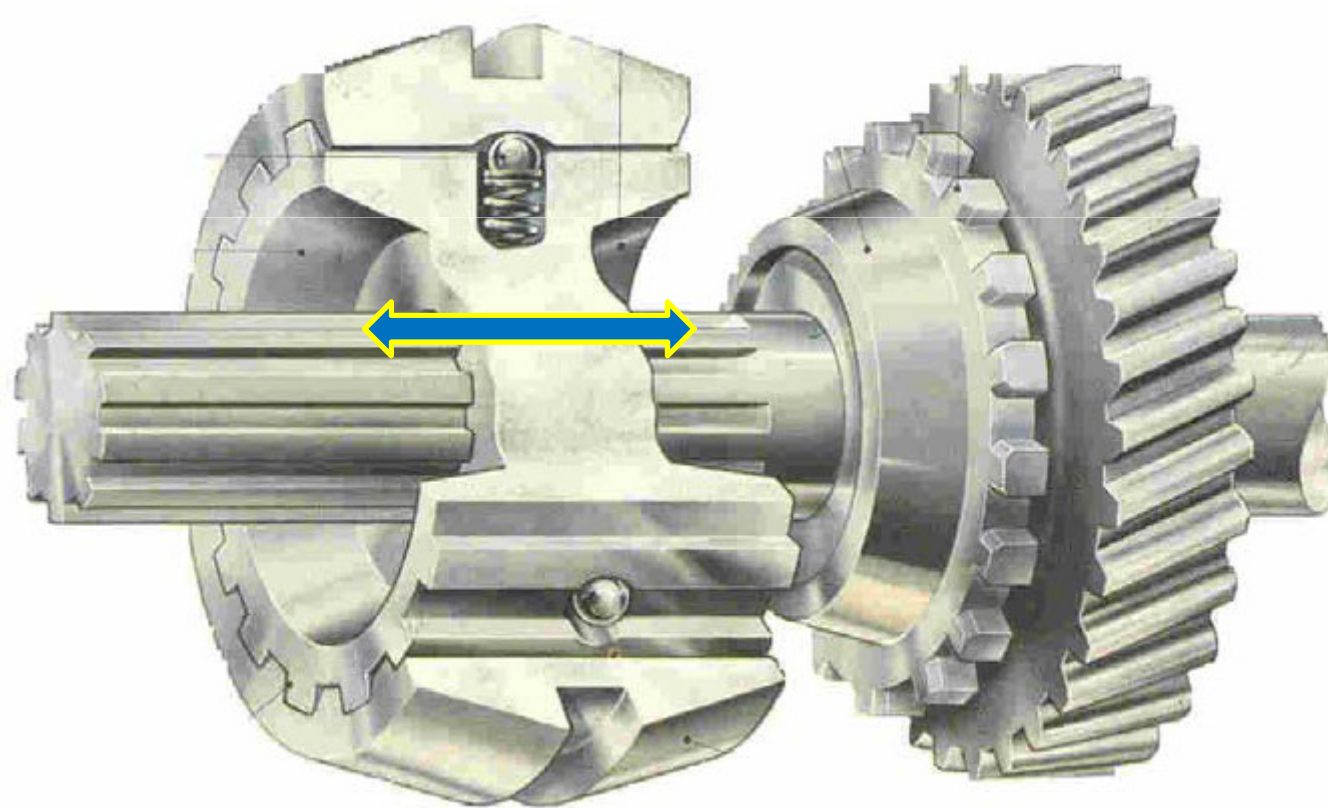


Desenho de montagem parcial do eixo de entrada da transmissão de um torno paralelo. A polia é completamente trabalhada para não dar lugar a desequilíbrio dinâmico.



FIXAÇÃO CUBO-EIXO

Normalmente, a fixação cubo-eixo não permite qualquer tipo de movimento relativo mas, em alguns casos, pode ocorrer translação entre as partes.



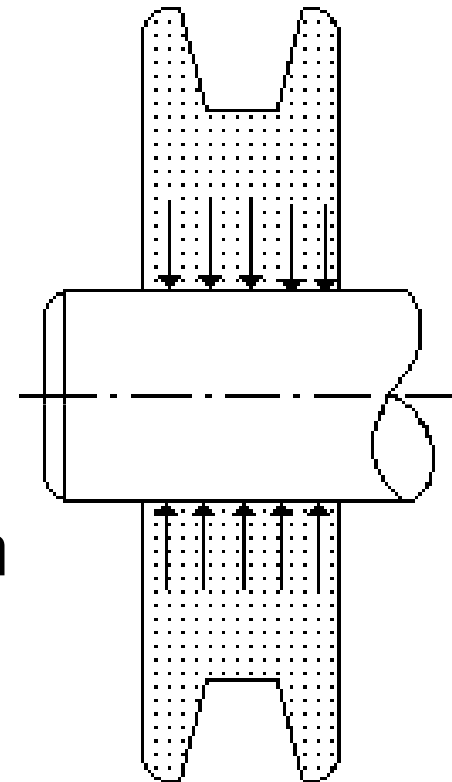
## 2. FIXAÇÃO CUBO-EIXO POR ATRITO

### 2.1 Interferência – Ajuste Forçado

Exemplo: H/p (P/h) , H/r (R/h)

#### CARACTERÍSTICAS:

- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Pode causar danos na desmontagem
- Sem ajuste axial
- Não necessita de usinagem do eixo
- Sem concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Baixo custo

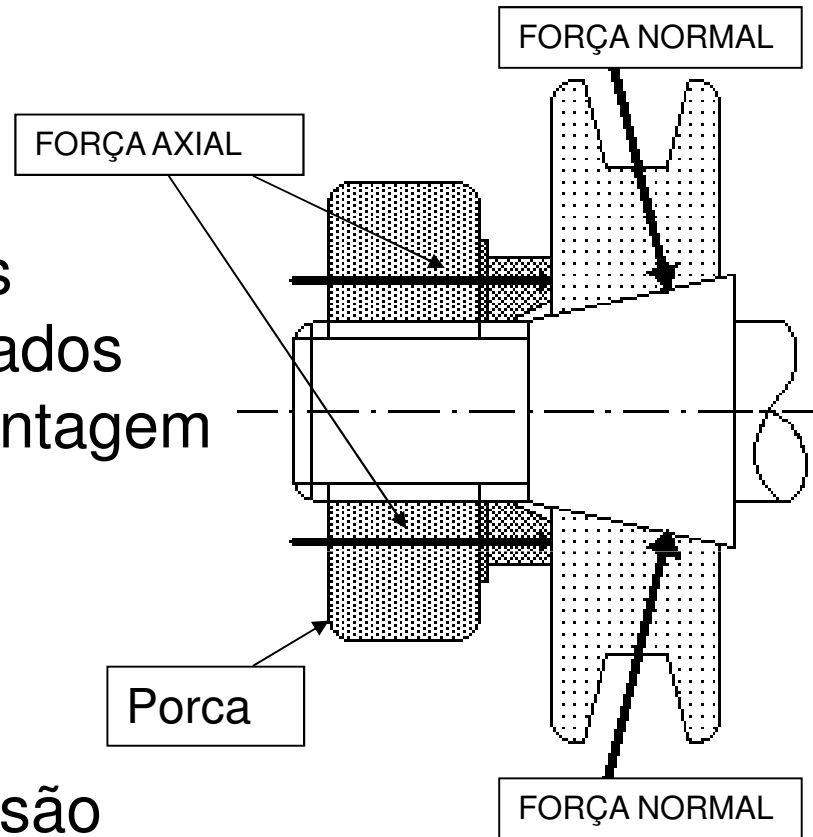


## 2. FIXAÇÃO CUBO-EIXO POR ATRITO

### 2.2 Assento Cônico

#### CARACTERÍSTICAS:

- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Sem ajuste axial
- Ajuste angular eixo-cubo
- Necessita de usinagem do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Alto custo



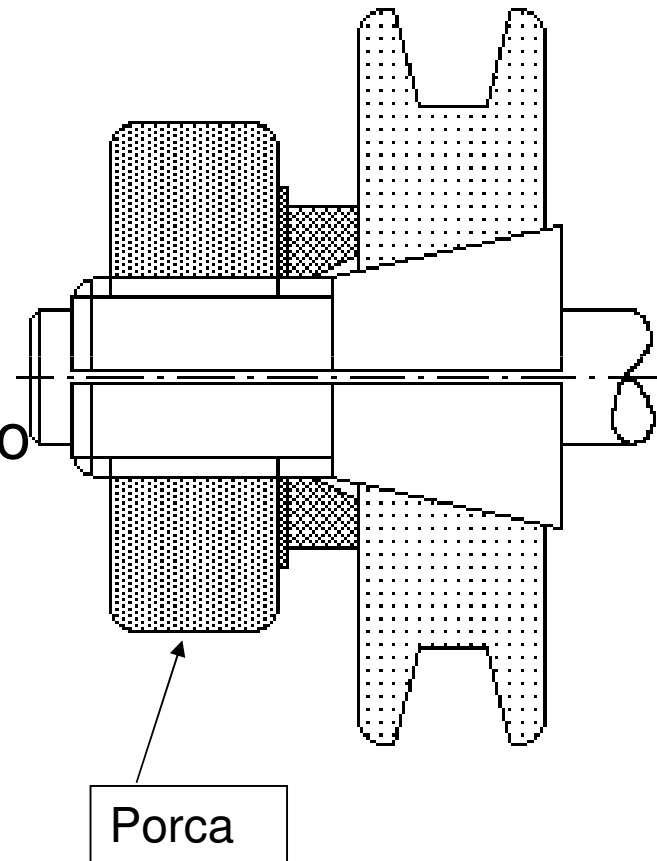
## 2. FIXAÇÃO CUBO-EIXO POR ATRITO

### 2.3 Bucha Cônica

Funcionamento similar ao de assento cônico

#### CARACTERÍSTICAS:

- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Com ajuste axial e angular eixo-cubo
- Não necessita de usinagem do eixo
- Necessita de usinagem do cubo
- Não gera concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Alto custo





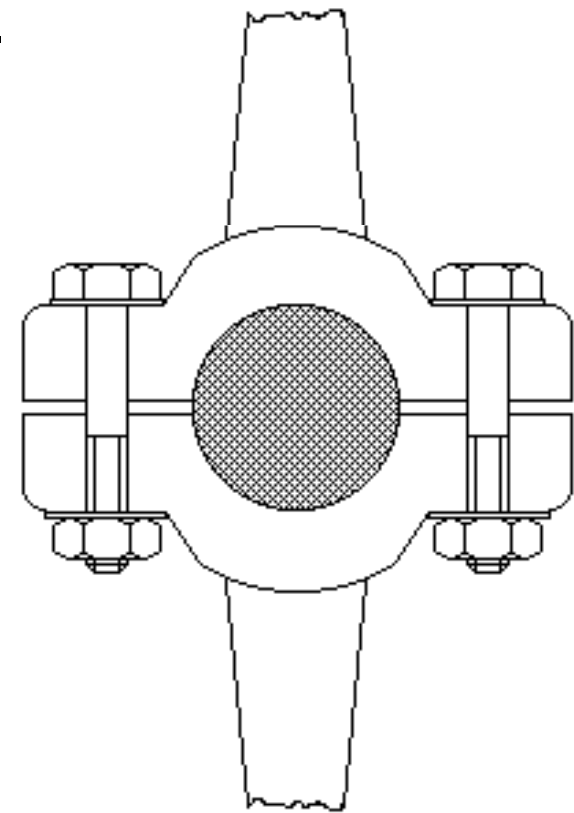
## 2. FIXAÇÃO CUBO-EIXO POR ATRITO

### 2.4 Cubo Bipartido

Funcionamento similar à fixação por Interferência (2.1), porém as tensões normais entre o cubo e o eixo podem ser ajustadas pelo aperto dos parafusos.

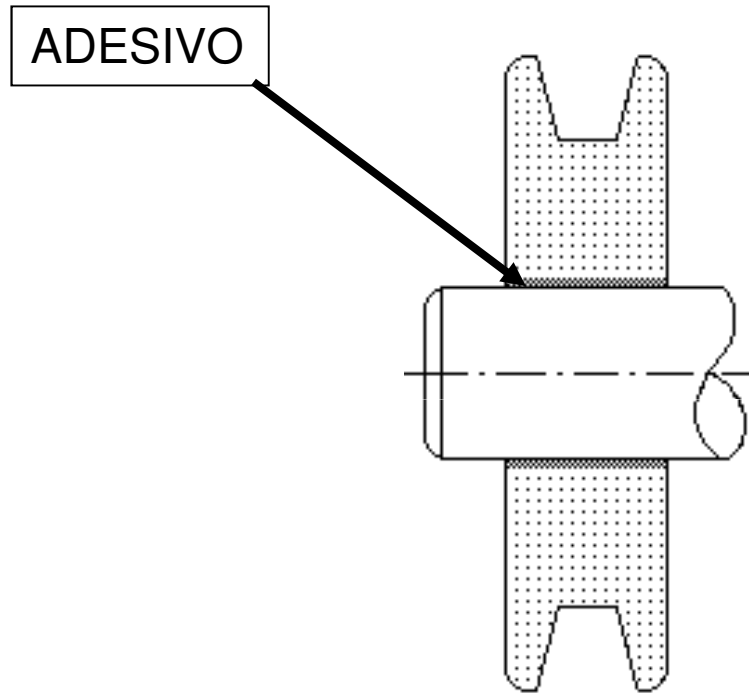
CARACTERÍSTICAS:

- Limite Elástico dos Materiais
- Conjugados Leves a Moderados
- Não causa danos na desmontagem
- Com ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Não necessita de usinagem do eixo
- Sem concentradores de tensão
- Sem enfraquecimento eixo/cubo
- Cuidados na usinagem do cubo: balanceamento
- Alto custo



### 3. FIXAÇÃO CUBO-EIXO POR ADESÃO

#### 3.1 - Dimensionamento da União



**HIPÓTESE PARA CÁLCULO :**

**RUPTURA POR CISALHAMENTO DO ADESIVO**

### Dados para Cálculo da União Colada:

- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do adesivo :  $t_a$

**Incógnita: Comprimento axial da união (  $l_a$  )**

Área da união:  $S_a = l_a \times \pi \times d$

Força de Cisalhamento na União:  $F_t = 2.M_t / d$

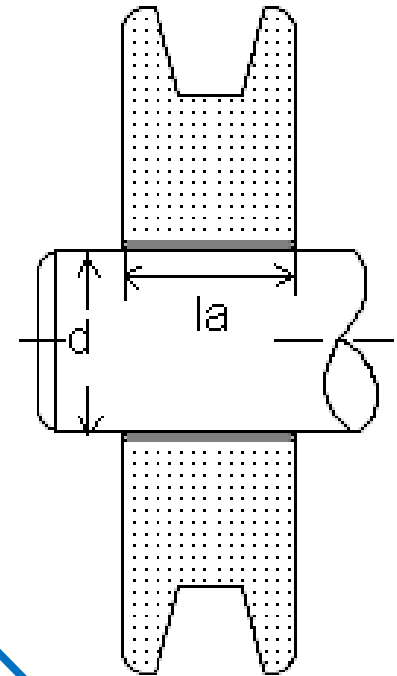
Assumindo que a distribuição de tensões de cisalhamento no adesivo é uniforme:

Tensão de Cisalhamento:  $t = F_t / S_a$

Sem ruptura do material  $t \leq t_a$  assim  $t_a \geq (2.M_t / d) / (l_a \times \pi \times d)$

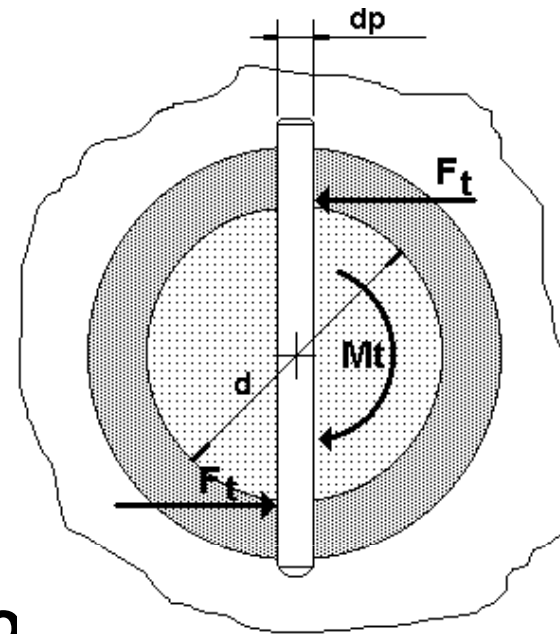
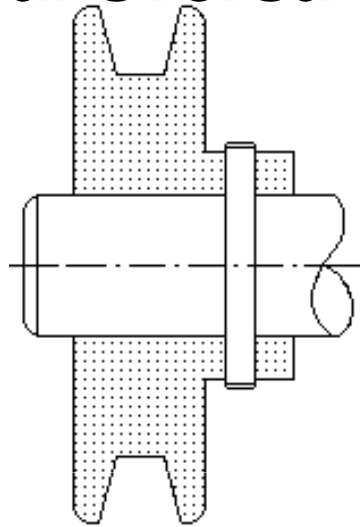
Logo

$$l_a \geq 2.M_t / (d^2 \cdot t_a \cdot \pi)$$



## 4. Fixação por Travamento

### 4.1 – Pino Transversal



#### 4.1.1 Dimensionamento da União

##### HIPÓTESE PARA CÁLCULO :

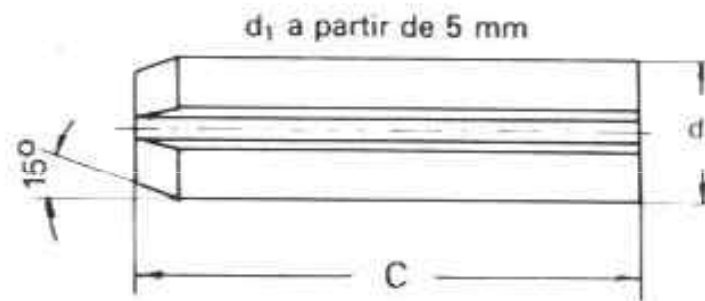
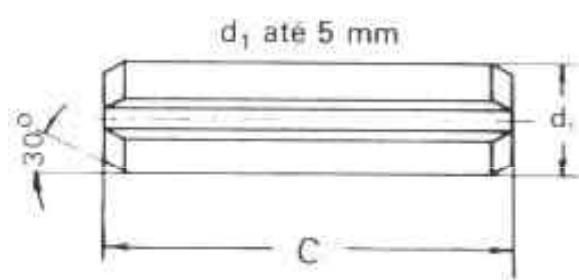
### RUPTURA POR CISALHAMENTO DO PINO

Dados para Cálculo da União por Pino Transversal:

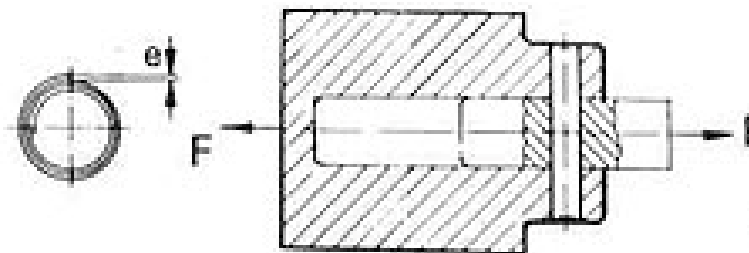
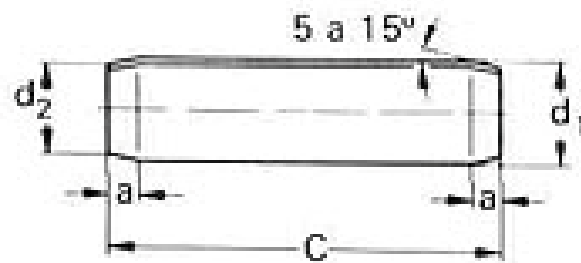
- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do material do pino :  $t_a$

**Incógnita: Diâmetro do pino (  $d_p$  )**

# PINO ELÁSTICO



# PINO ELÁSTICO ESPIRAL



$$F = \frac{2 \cdot R_{cis}}{\text{Fat. seg.}}$$

Área da união (secção transversal do pino):  $S_p = (\pi \times d_p^2) / 4$

Força de Cisalhamento na União:  $F_t = M_t / d$

Admitindo tensão de cisalhamento uniforme  $t = F_t / S_p$

Sem ruptura do material  $t \leq t_a$ , assim  $t_a \geq 4 \times (M_t / d) / (\pi \times d_p^2)$

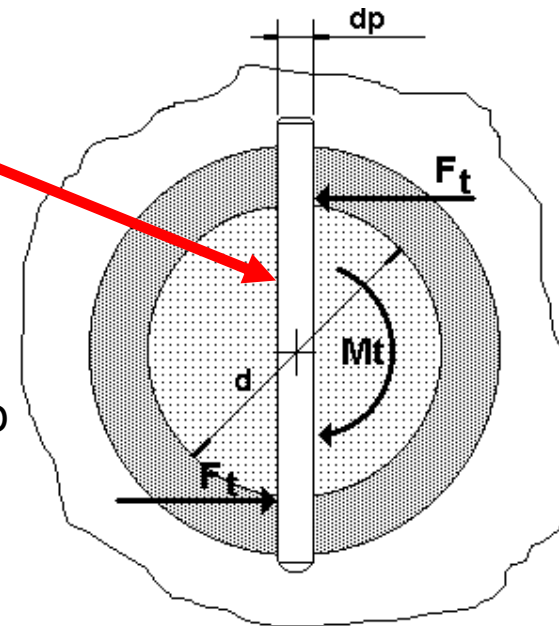
- Logo

$$d_p \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{M_t}{\pi \cdot d \cdot t_a}}$$

**CUIDADO:** com o aumento de  $d_p$ , a secção resistente do eixo diminui  
=> **PODE HAVER RUPTURA DO EIXO POR TORÇÃO/CISALHAMENTO**  
Em geral  $d_p \leq 0,2 d$

#### 4.1.2 CARACTERÍSTICAS DA UNIÃO POR PINO:

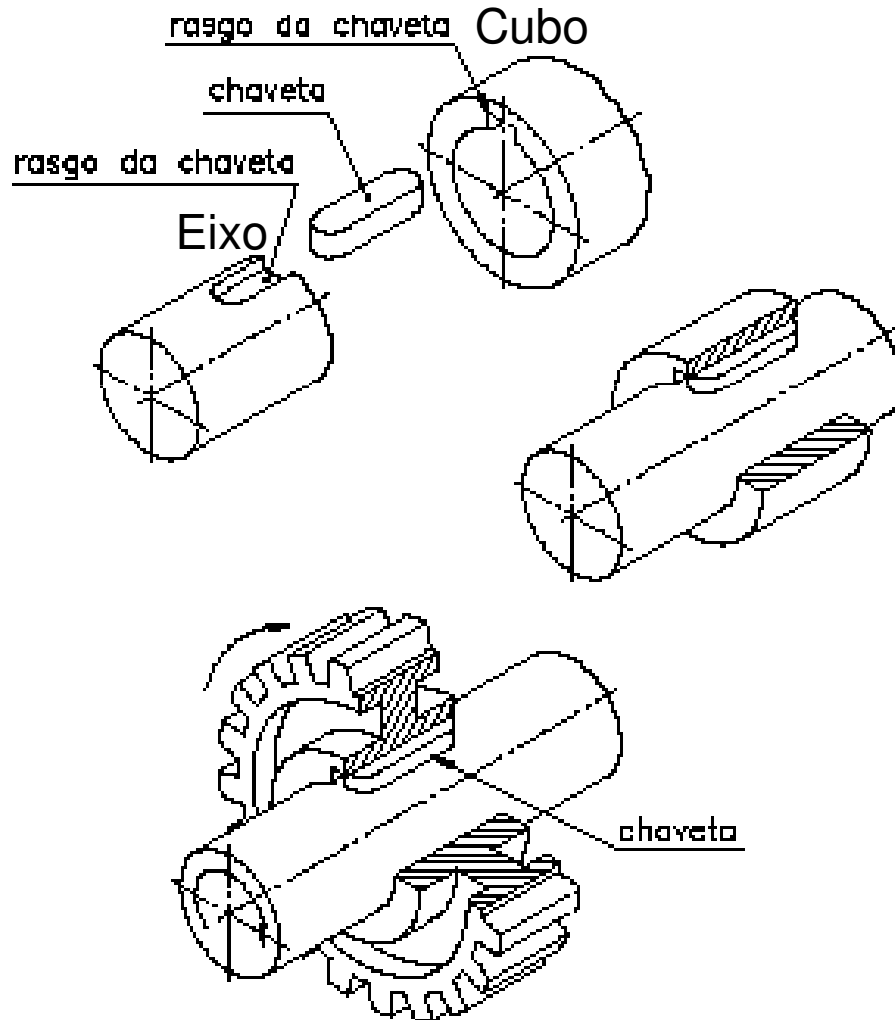
- Conjugados Leves a Moderados
- Desmontável facilmente
- Sem ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Necessita de usinagem simples do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Causa enfraquecimento eixo/cubo
- Utilizado como “fusível” mecânico de baixo custo
- Baixo custo



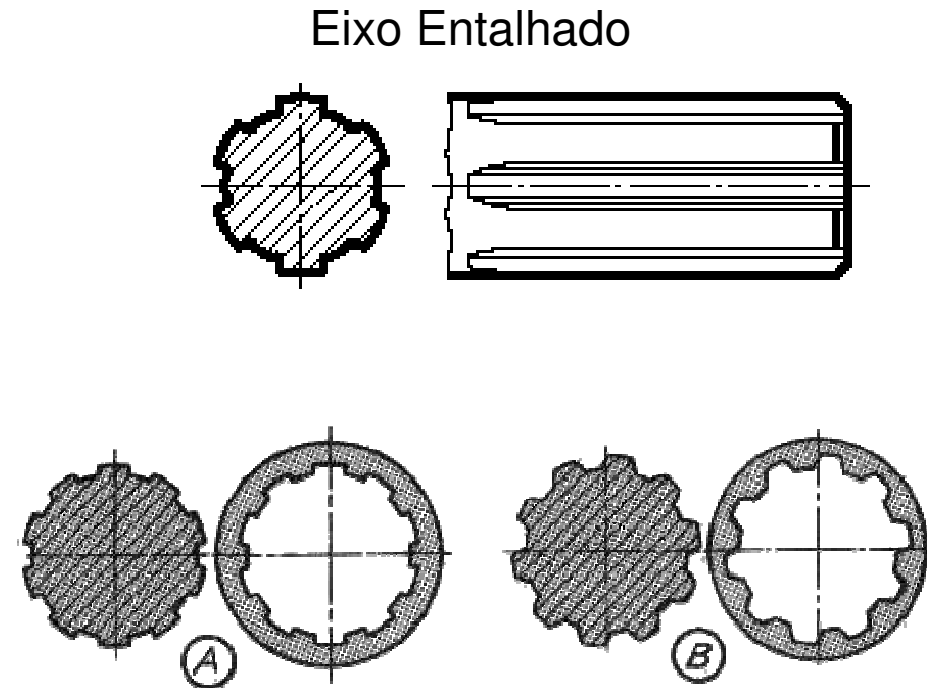
# 4.2 Fixação por Chavetas e Entalhados

SÃO AS FIXAÇÕES CUBO-EIXO MAIS UTILIZADAS NA INDUSTRIA

## FIXAÇÃO POR CHAVETA

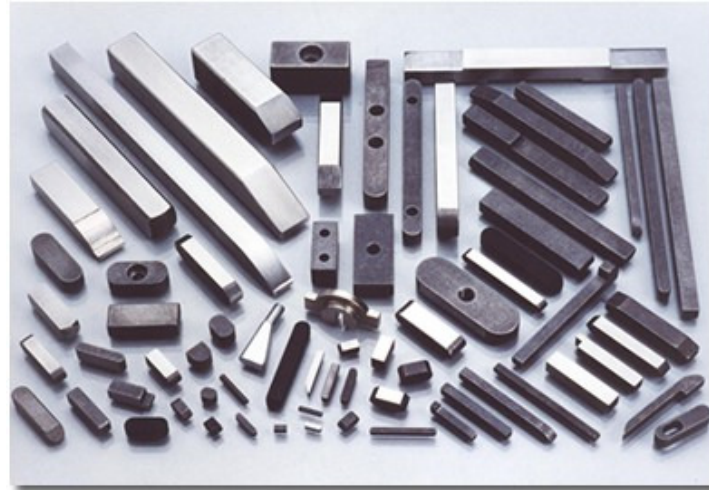


## FIXAÇÃO POR ENTALHADO



## 4.2.1 – Principais Tipos de Chavetas

- PLANAS



- INCLINADAS COM CABEÇA



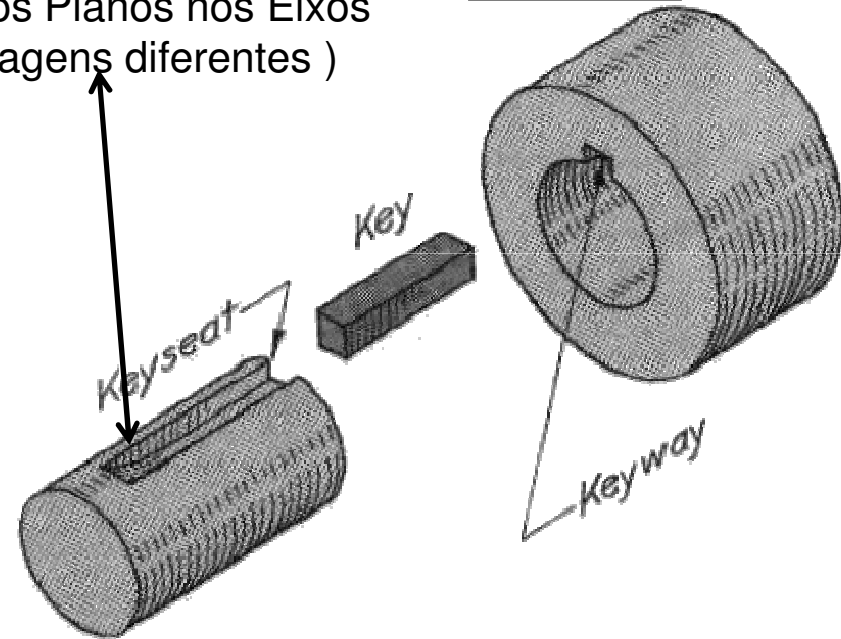
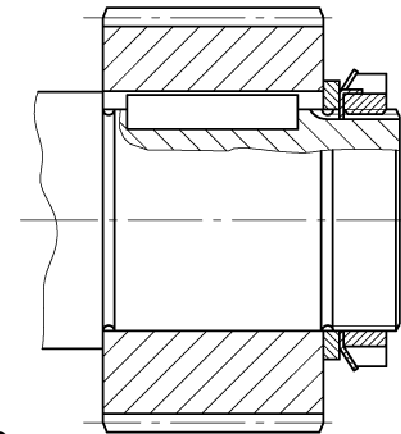
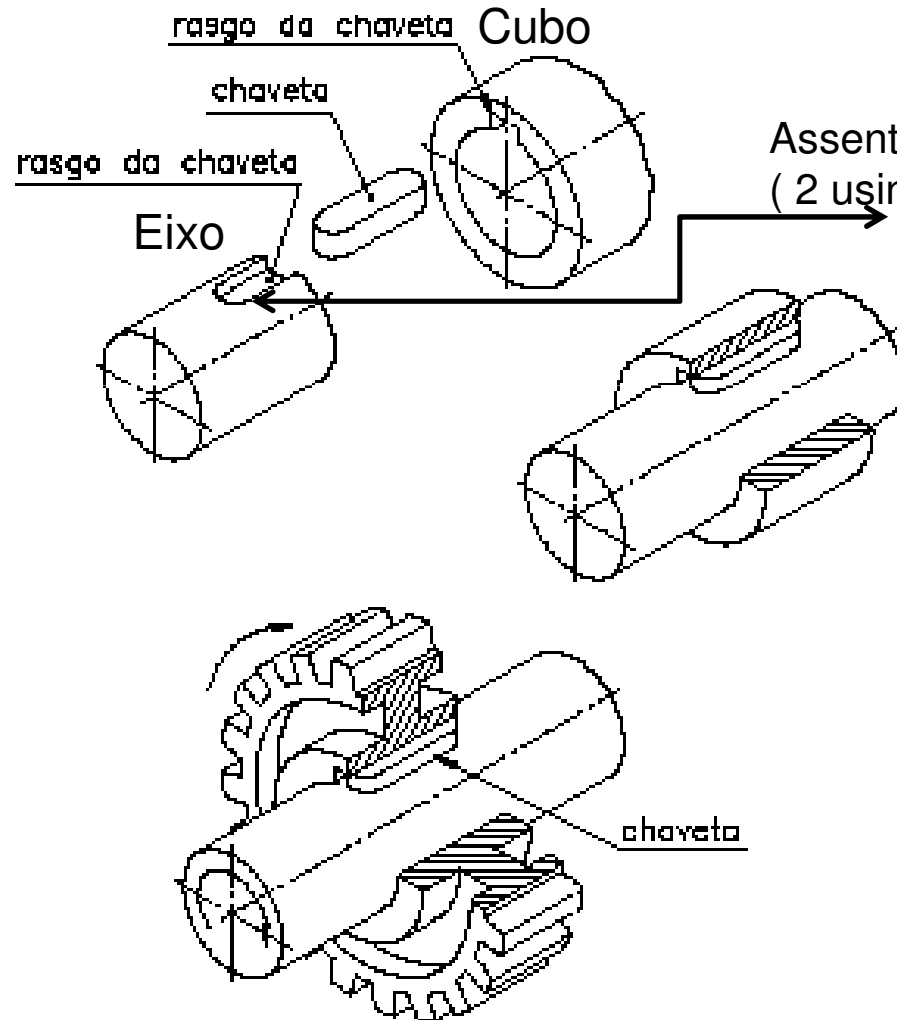
- MEIA – LUA OU “WOODRUFF”





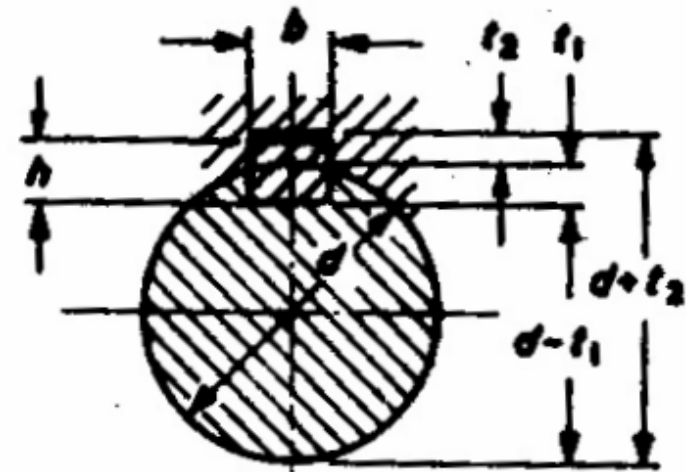
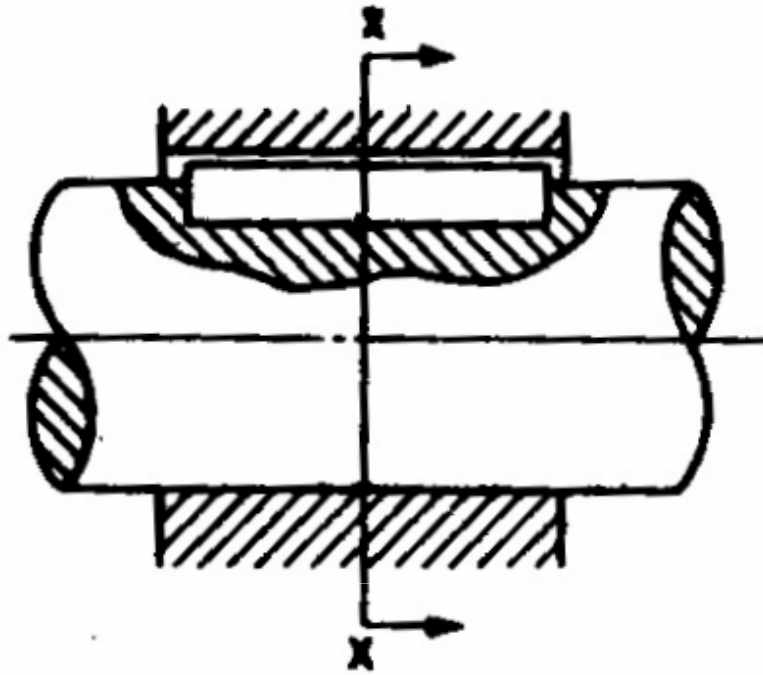
# 4.2.1 Fixação por Chaveta

## FIXAÇÃO POR CHAVETA TIPO PLANA

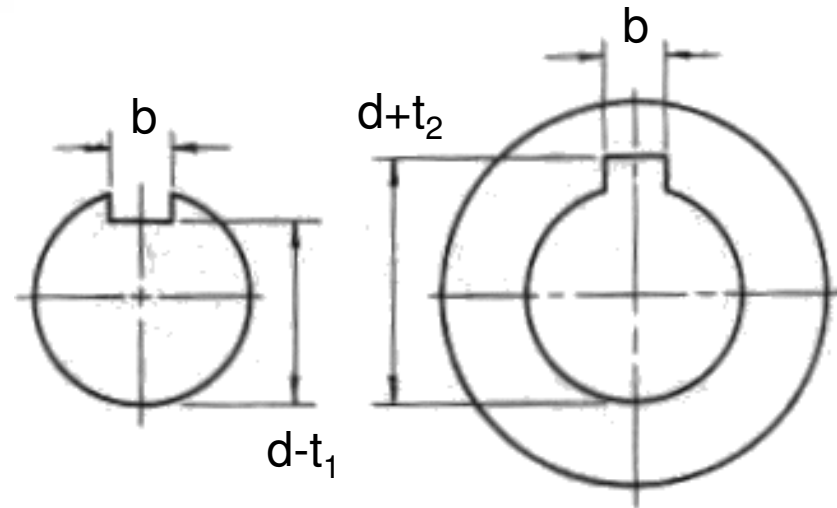
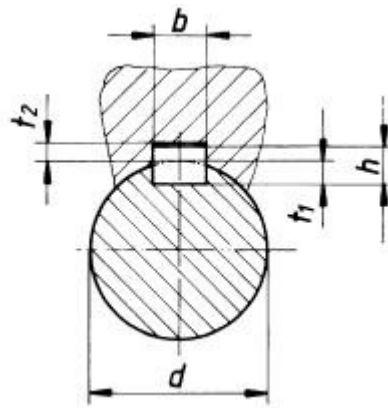
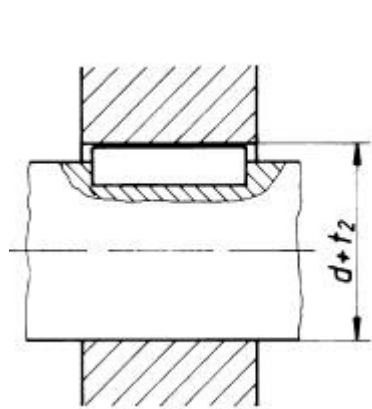


CHAVETA TIPO PLANA

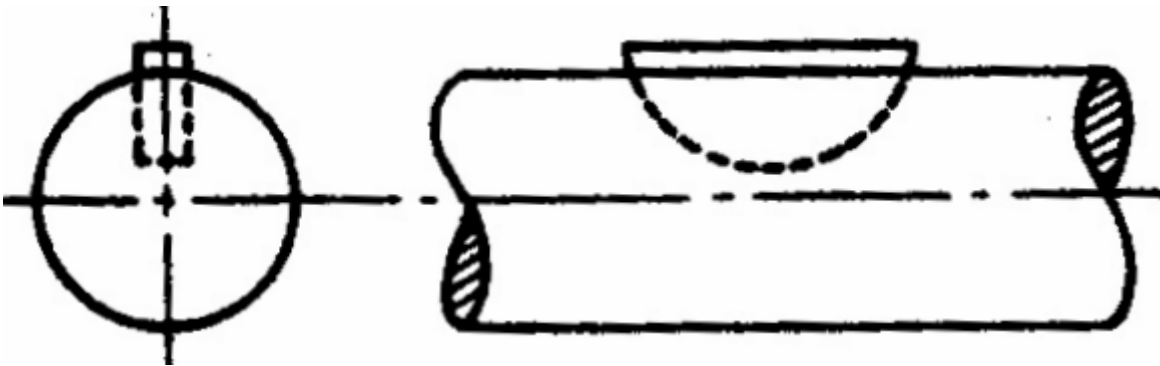
# CHAVETA PLANA ( DIMENSÕES DOS RASGOS )



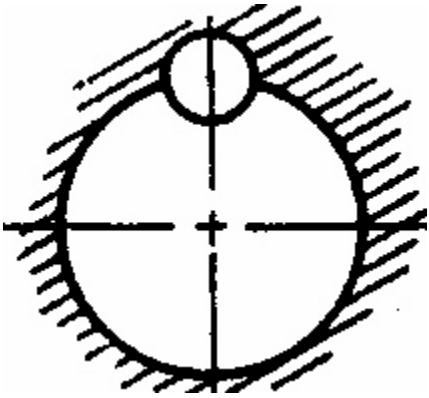
Secção X-X



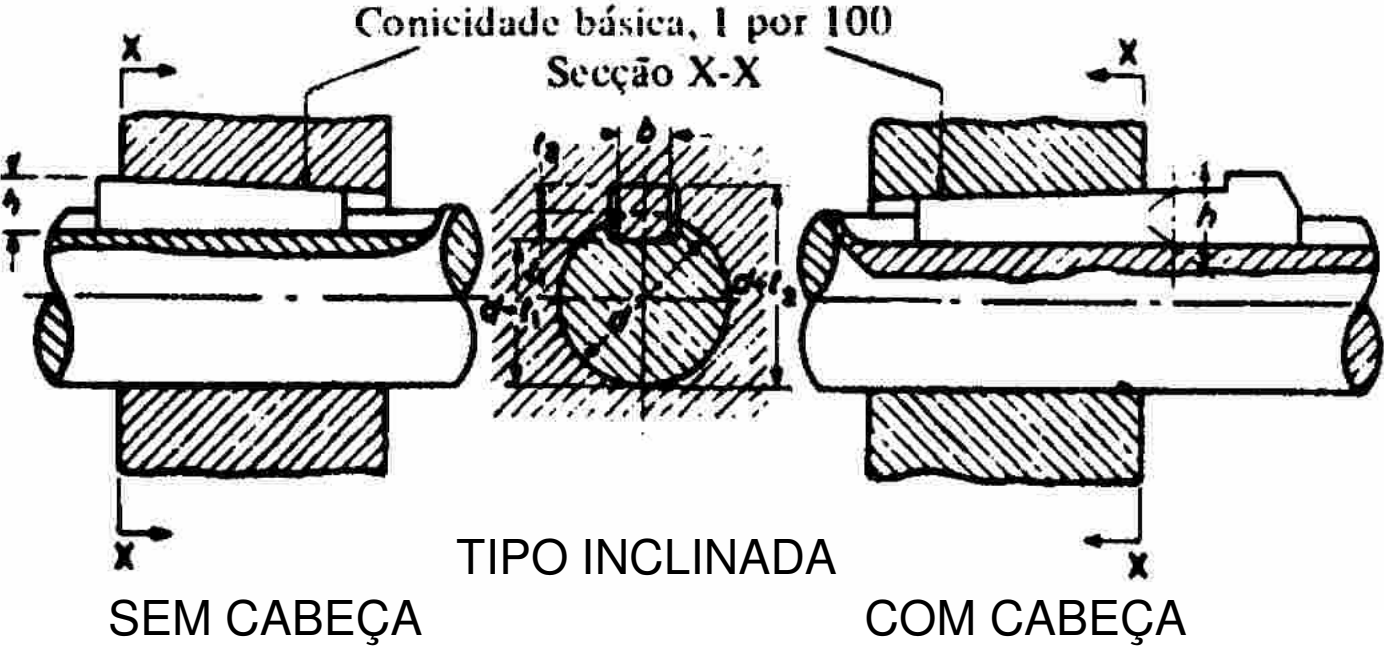
CHAVETAS



TIPO WOODRUFF (Meia-Lua/ Circular)



TIPO CILÍNDRICA

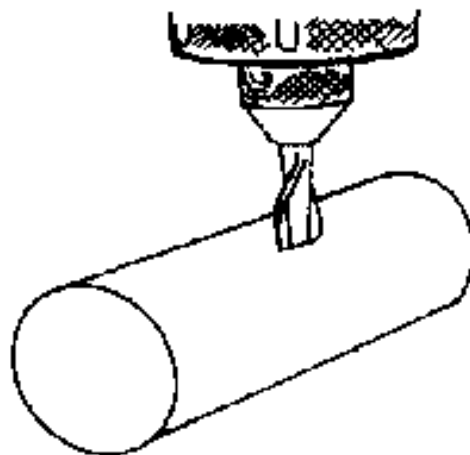


SEM CABEÇA

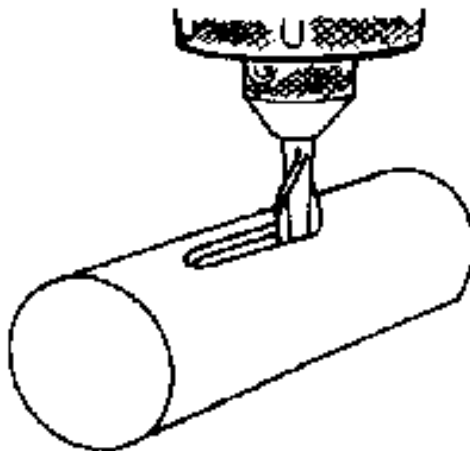
TIPO INCLINADA

COM CABEÇA

## FRESAMENTO DE RASGO DE CHAVETA COM FRESA DE TOPO



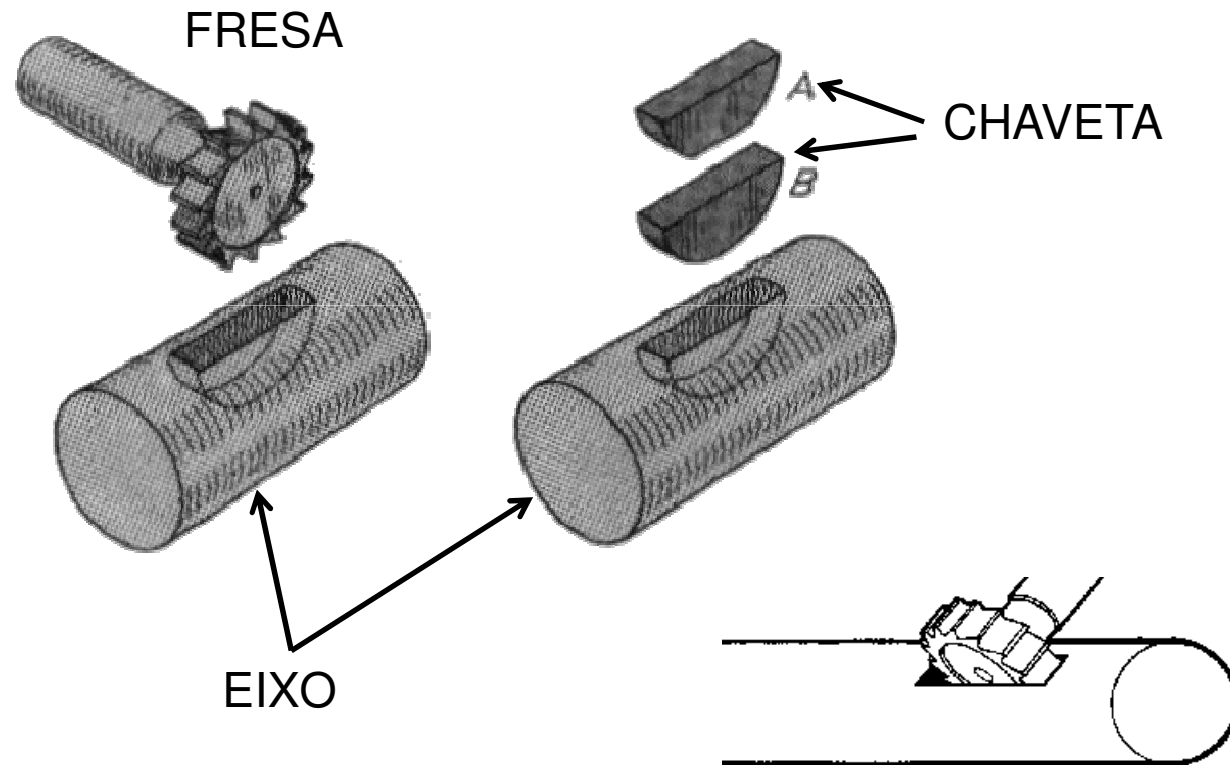
**CUTTER CENTERED OVER THE SHAFT**



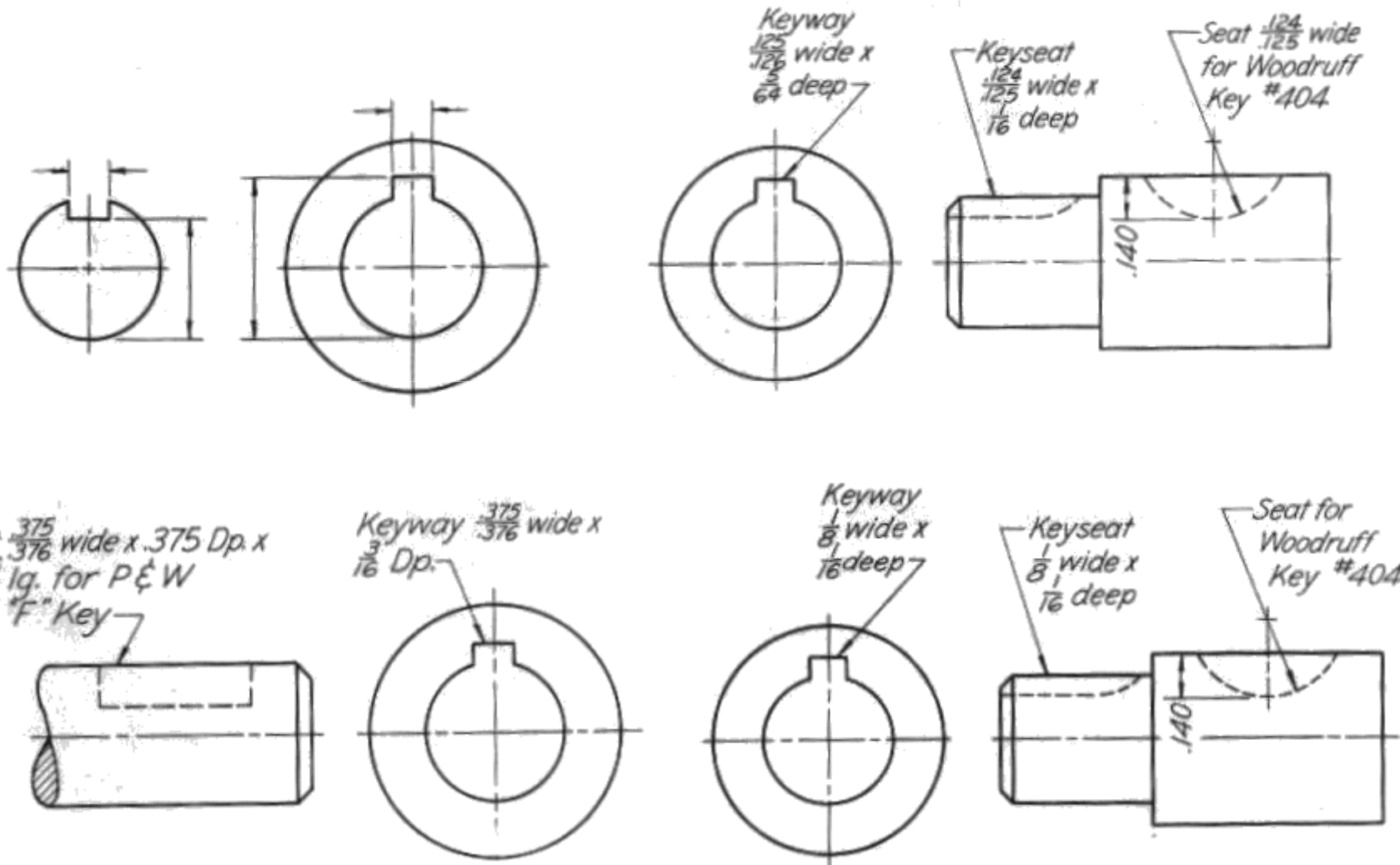
**AFTER CENTERING AND SETTING DEPTH,  
KEY IS MILLED TO REQUIRED LENGTH.**

---

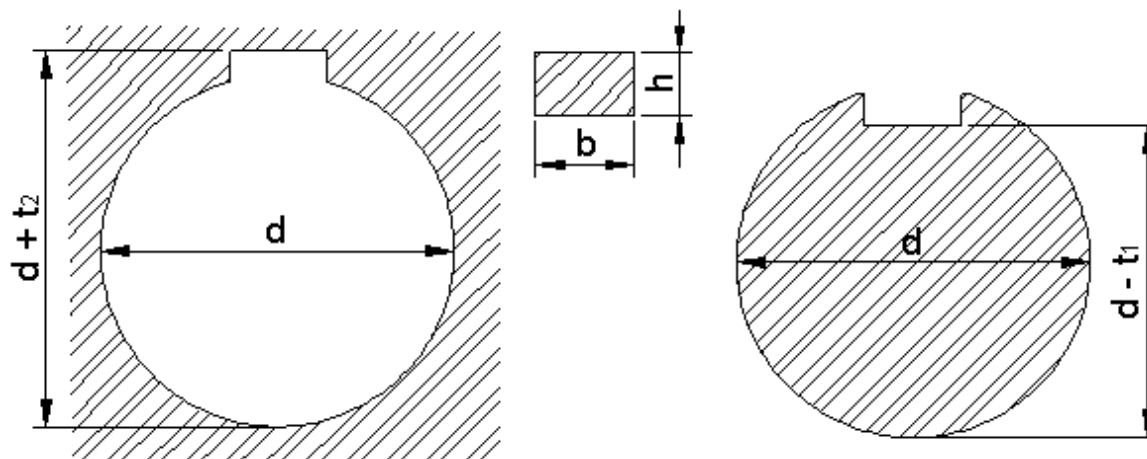
# FRESAMENTO DE ASSENTO DE CHAVETA MEIA-LUA / WOODRUFF



# FIXAÇÃO POR CHAVETA (Indicação de Dimensões)



## 4.2.2 - Norma Técnica – DIN 6885 (Chaveta Plana)

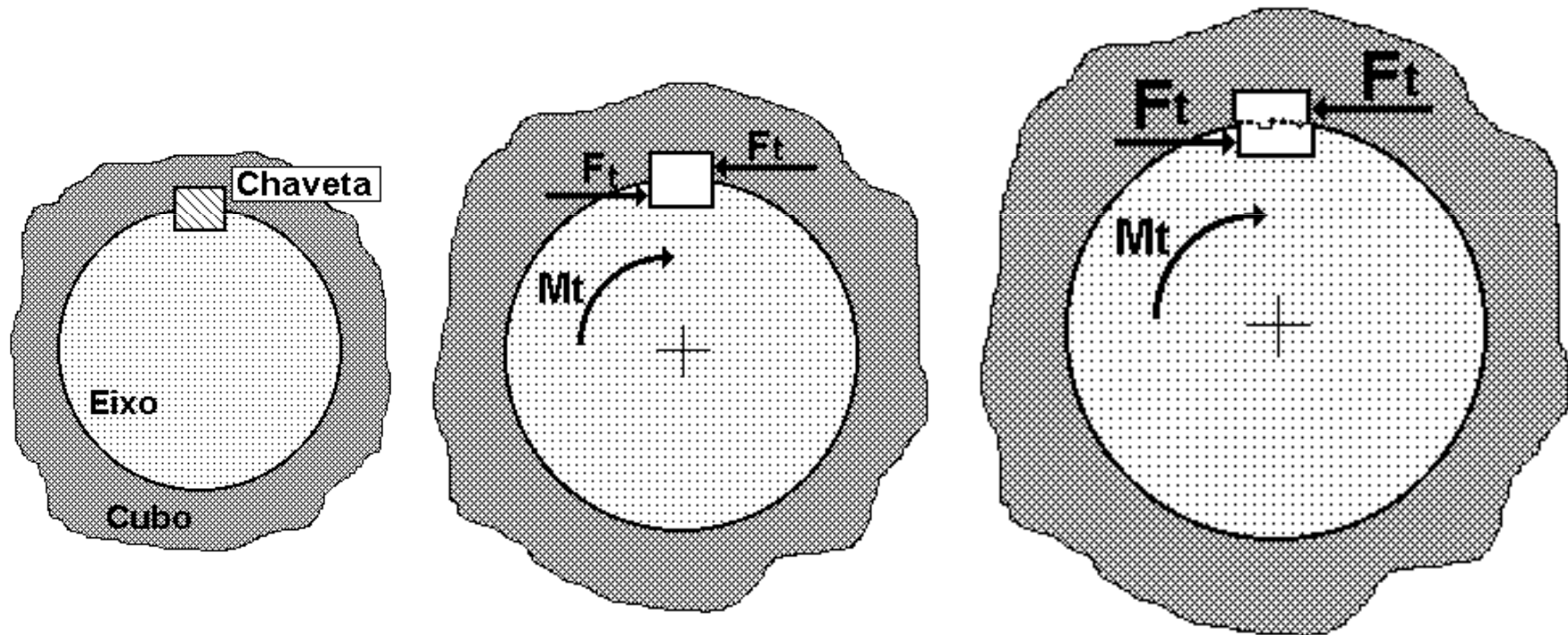


Eixo		Chaveta				Rasgo							
Diâmetro d		Seção b x h				Largura						Profundidade	
de	até	b	h 9	h	h 11	Valor	Eixo h9	Cubo D10	Eixo n9	Cubo JS9	Eixo / cubo p9P9	Eixo t1	Cubo t2
6	8	2	0	2	0	2	0	0,06	-0	0,01	-0,006	1,2	1
8	10	3	-0,03	3	-0,03	3	0	0,02	-0	-0,01	-0,031	1,8	1,4
10	12	4	0	4	0	4	0	0,078	0	0,02	-0,012	2,5	1,8
12	17	5	-0,03	5	-0,03	5	0	0,03	-0	-0,02	-0,042	3	2,3
17	22	6		6		6						3,5	2,8
22	30	8	0	7	0	8	0	0,098	0	0,02	-0,015	4	3,3
30	38	10	-0,04	8	-0,09	10	0	0,04	-0	-0,02	-0,051	5	3,3

## 4.2.3 – Dimensionamento ao Cisalhamento de Chavetas

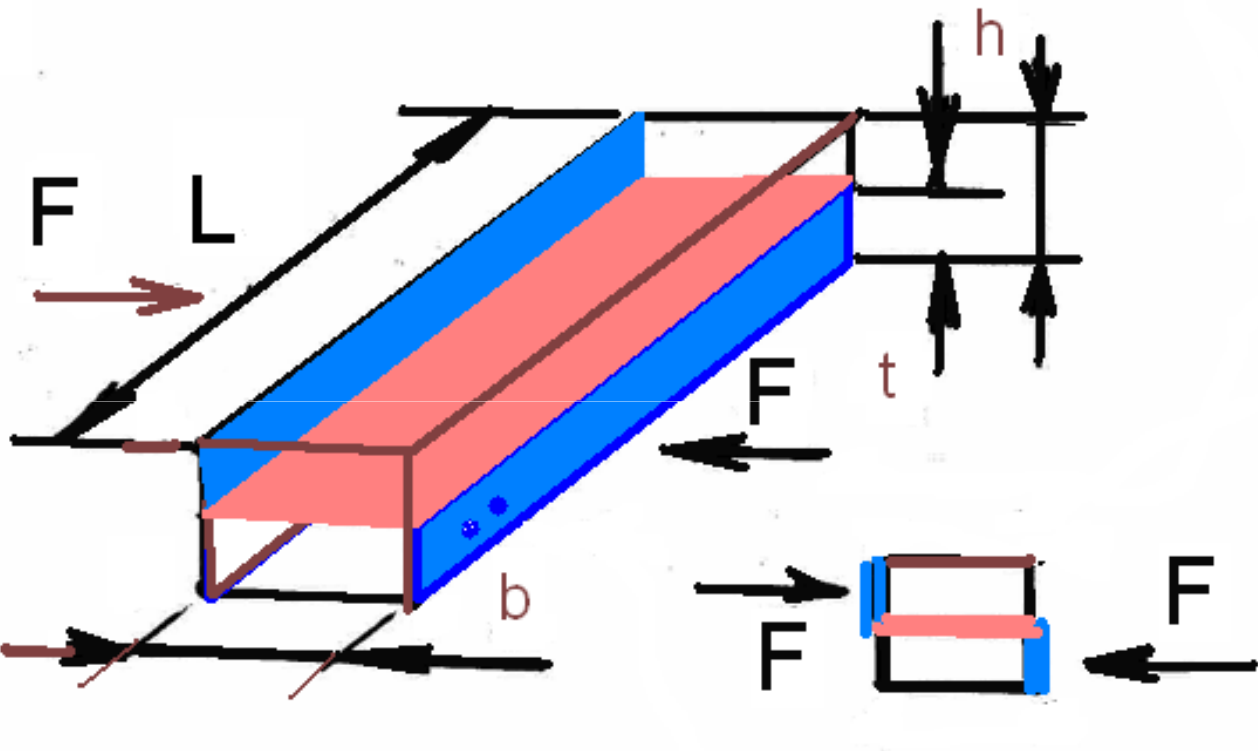
HIPÓTESE PARA CÁLCULO:

**RUPTURA POR CISALHAMENTO DA CHAVETA**





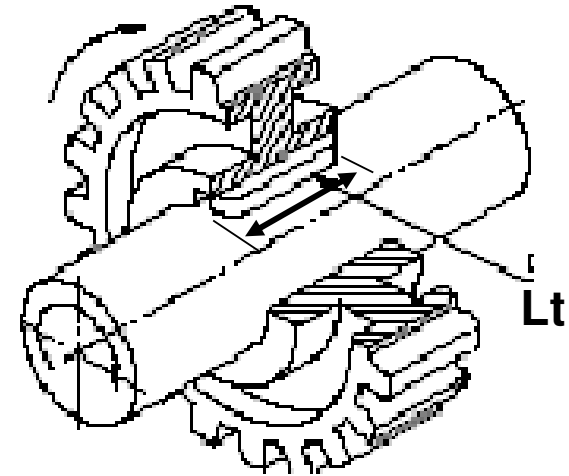
# CISALHAMENTO E COMPRESSÃO NA CHAVETA / RASGO



- Cisalhamento
- Compressão

Dados:

- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível ao cisalhamento do material da chaveta:  $t_a$



**Incógnita: Comprimento da chaveta (  $L_t$  )**

{ b(largura) e h(altura) da chaveta são normalizados = f(d)}:

Área da união:  $S_t = b \times L_t$

Força de Cisalhamento na União:  $F_t = 2 \cdot M_t / d$

Admitindo tensão de cisalhamento uniforme:  $t = F_t / S_t$

Sem ruptura do material  $t \leq t_a$  assim  $t_a \geq 2 \times (M_t / d) / b \times L_t$

Logo

$$L_t \geq \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot t_a \cdot b}$$

## 4.2.4 – Verificação quanto à Compressão de Chavetas

PODE OCORRER ESMAGAMENTO POR COMPRESSÃO DAS LATERAIS DO RASGO/CHAVETA.

Dados:

- Conjugado no eixo:  $M_t$
- Diâmetro do eixo:  $d$
- Tensão admissível à compressão do material da chaveta:  $\sigma_a$

**Incógnita: Comprimento da chaveta  $L_c$**

{b (largura) e h (altura) são normalizados = f(d)}:

Área da união:  $S_c = (h/2) \times L_c$  (aproximando  $t_1 = t_2$ )

Força de Compressão na União:  $F_c = 2 \cdot M_t / d$

Admitindo tensão de compressão uniforme)  $\sigma = F_c / S_c$

Sem deformação do material  $\sigma \leq \sigma_a$ , assim  $\sigma_a \leq [2 \times (M_t / d)] / [(h/2) \times L_c]$

$$\text{Logo } L_c \geq \frac{4 \cdot M_t}{d \cdot \sigma_a \cdot h}$$

Comprimento da Chaveta para resistir ao Cisalhamento=  $L_t$

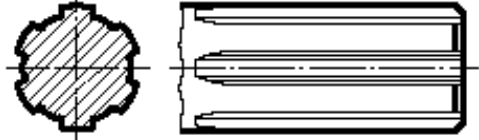
Comprimento da Chaveta para resistir ao Esmagamento=  $L_c$

**ADOPTA-SE O MAIOR ENTRE  $L_t$  e  $L_c$**

- QUANDO O COMPRIMENTO  **$L_{chaveta}$**  FOR MAIOR QUE O COMPRIMENTO  **$L_{cubo}$**  DISPONÍVEL, PODEM-SE COLOCAR ATÉ DUAS CHAVETAS OPOSTAS.
- Admite-se até um máximo de 03 chavetas, montadas a 120 graus.  
**PROBLEMA COM CHAVETAS “MULTIPLAS” – CARGA NÃO UNIFORME**  
**DEVIDO A ERROS DE FABRICAÇÃO / MONTAGEM**
- QUANDO FOR NECESSÁRIO UM COMPRIMENTO MAIOR DO QUE O CUBO DISPONÍVEL, UTILIZA-SE O ENTALHADO ou ESTRIADO, QUE EQUIVALE AO USO DE CHAVETAS “MULTIPLAS”.



## 4.2.5 Dimensionamento de Entalhados

- SIMILAR AO DIMENSIONAMENTO DE CHAVETAS 
- ASSOCIA-SE UM FATOR DE CORREÇÃO DA UNIFORMIDADE DA CARGA EM CADA DENTE DO ENTALHADO

PARA CISALHAMENTO O COMPRIMENTO:  $L_{et} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.ta.b.N}$

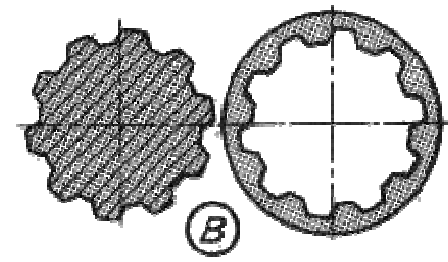
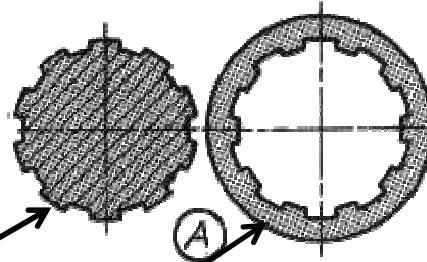
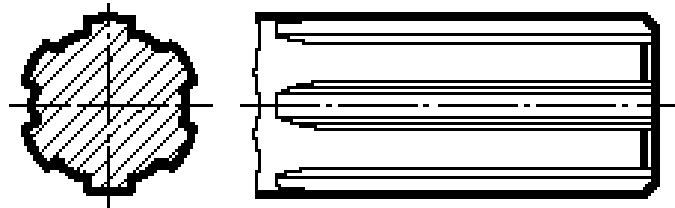
ONDE : **N** = NÚMERO DE DENTES DO ENTALHADO  
 **$\eta$**  = COEFICIENTE DE CORREÇÃO DA CARGA.  
EM GERAL ADOTA-SE  **$\eta = 1,25$**

PARA A COMPRESSÃO O COMPRIMENTO:  $L_{ec} \geq \frac{2.Mt.\eta}{d.\sigma_a.he.N}$

ADOta-SE O MAIOR COMPRIMENTO ENTRE  **$L_{et}$**  e  **$L_{ec}$**

# FIXAÇÃO POR ENTALHADO

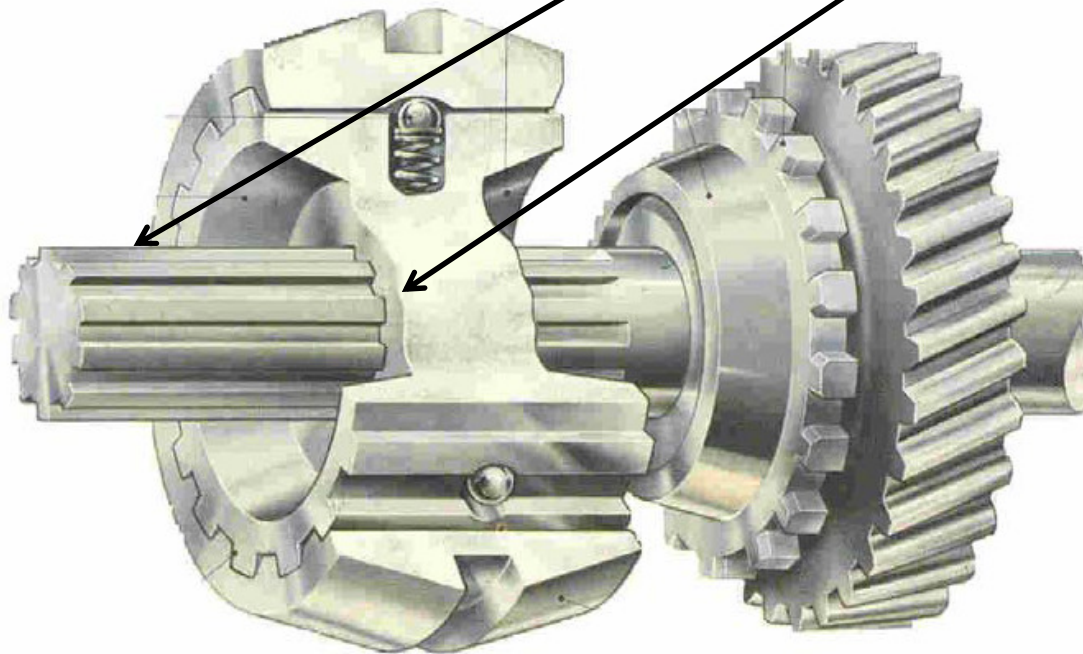
Eixo Entalhado



Eixo Entalhado e Cubo

(A) Flanco reto

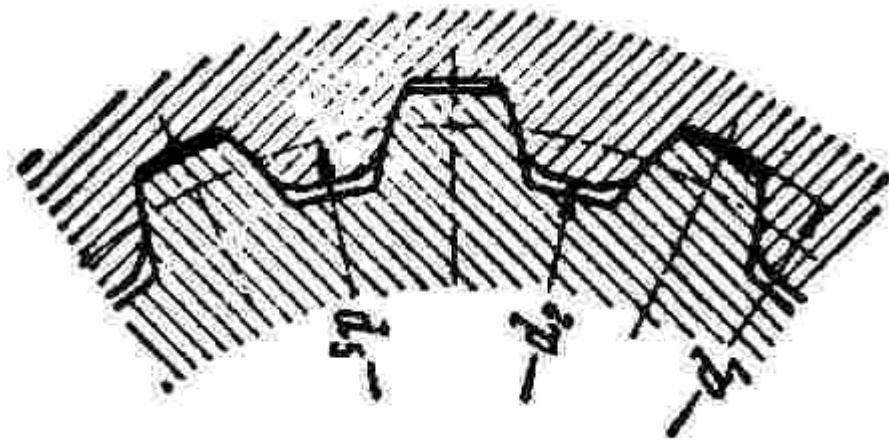
(B) Flanco evolvente



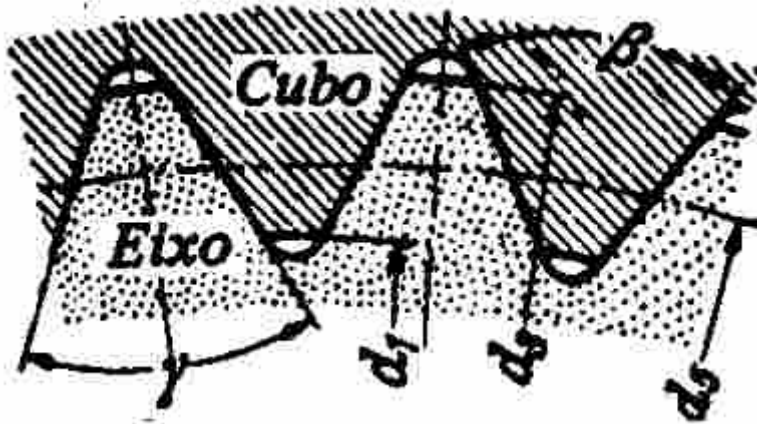
# TIPOS DE ENTALHADOS



PERFIL RETO



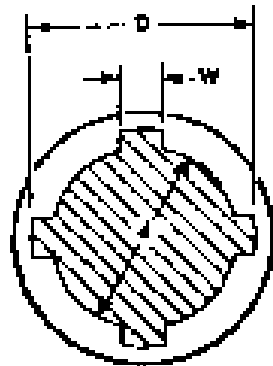
PERFIL DE EVOLVENTE



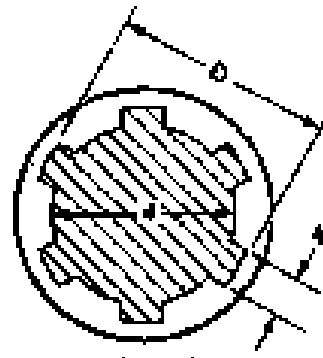
PERFIL TRIANGULAR



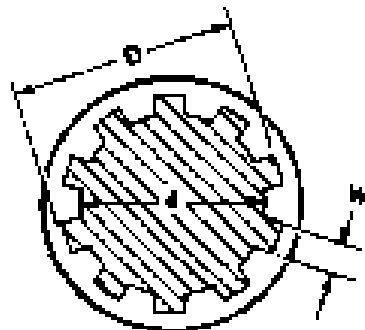
# FRESAMENTO DE EIXO ENTALHADO



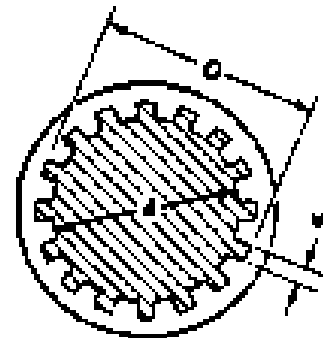
4-SPLINE



8-SPLINE



10-SPLINE

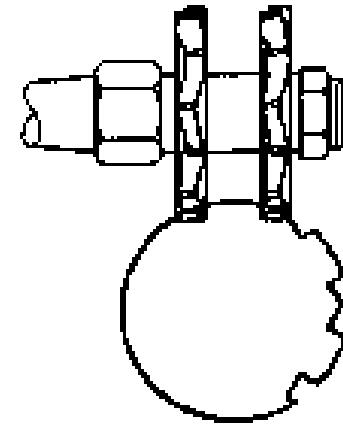


16-SPLINE

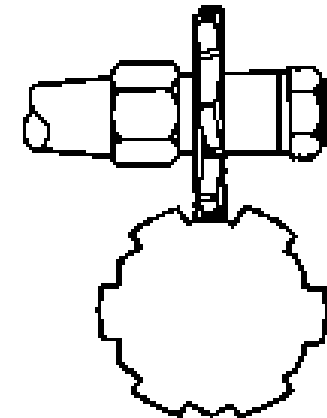
D= MAJOR DIAMETER

$\phi$ = MINOR DIAMETER

W= WIDTH OF SPLINE



STRADDLE MILLING  
8 SPLINES



FINISHING TO  
MINOR DIAMETER

## 4.2.6 Fixação Cubo-Eixo com Chavetas e Entalhados

### CARACTERÍSTICAS :

- Conjugados Moderados a Elevados
- Desmontável facilmente
- Sem ajuste axial e angular entre o cubo e o eixo
- Necessita de usinagem media /alta complexidade do eixo e do cubo
- Gera concentradores de tensão
- Causa pouco enfraquecimento eixo/cubo
- Pode permitir deslocamento axial entre cubo e eixo
- Custo médio a elevado

## **5. CONSIDERAÇÃO FINAL**

### **FIXAÇÕES CUBO-EIXO**

**A RUPTURA DE UMA UNIÃO CUBO-EIXO,  
QUANDO E SE OCORRER  
DEVE LOCALIZAR-SE SEMPRE  
NO ELEMENTO DE FIXAÇÃO  
E NÃO NO EIXO OU NO CUBO.**