



Departamento  
de Engenharia  
de Produção



EESC-USP

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

---

**SEP 0284 – FUNDAMENTOS DE PROCESSOS DE**  
**PRODUÇÃO II – USINAGEM DOS METAIS**

**Aula 3 – Planejamento de processos de usinagem**

*Prof. Eraldo Jannone da Silva*  
*Prof. Reginaldo Teixeira Coelho*

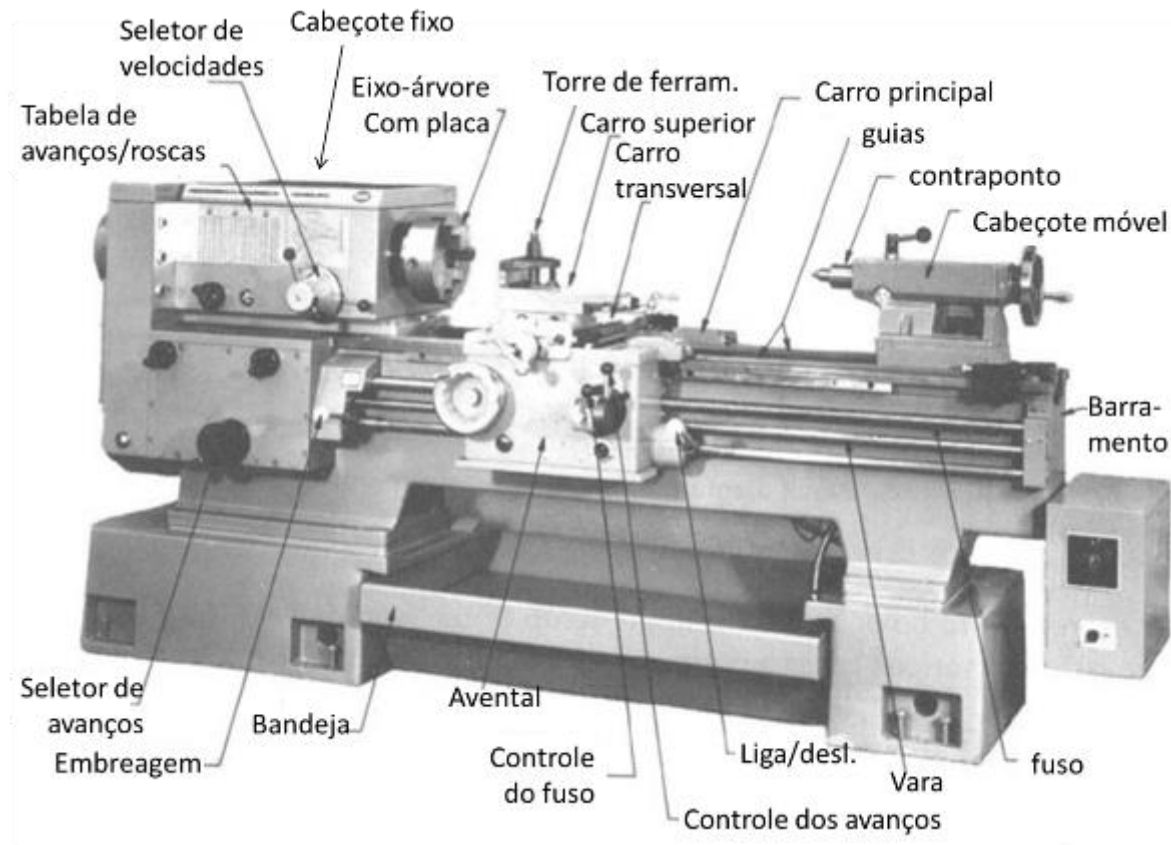


EESC-USP

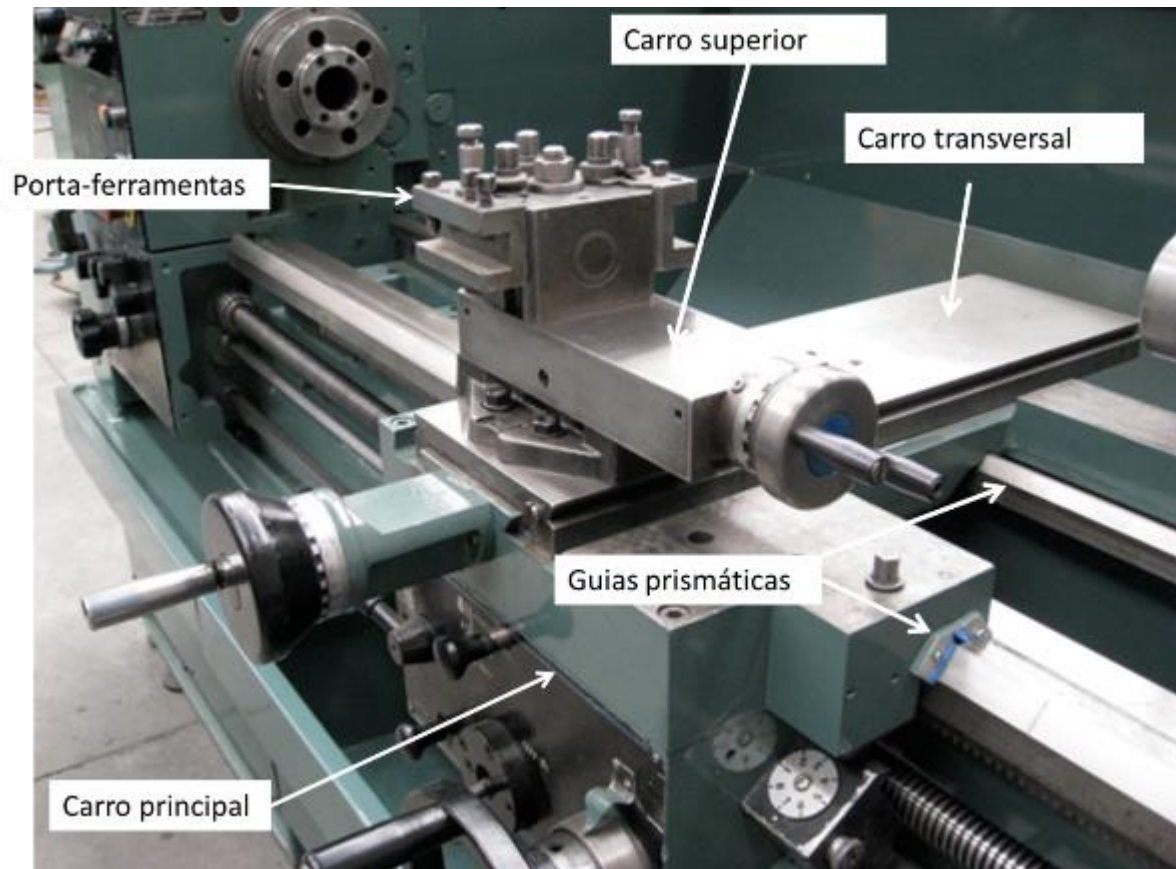
# Peças rotacionais - Torneamento



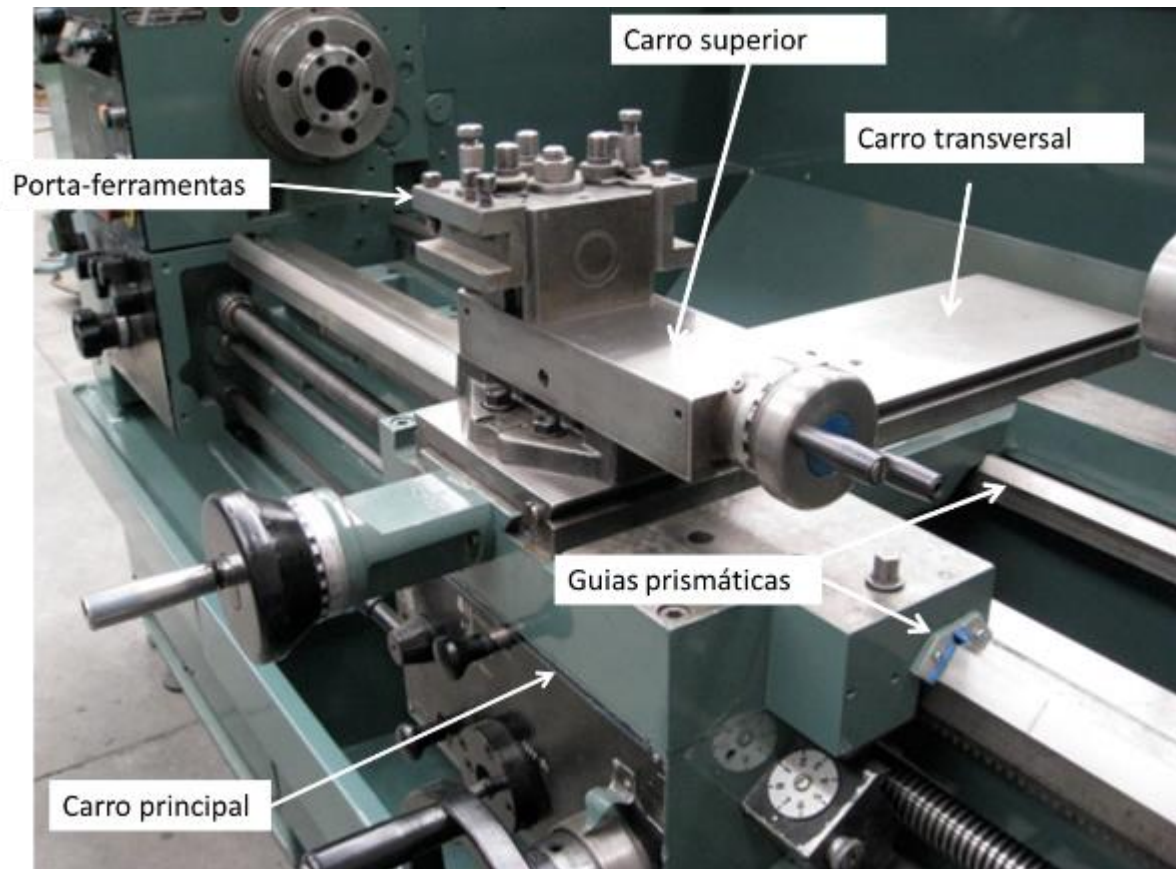
# Torno Universal - Terminologia



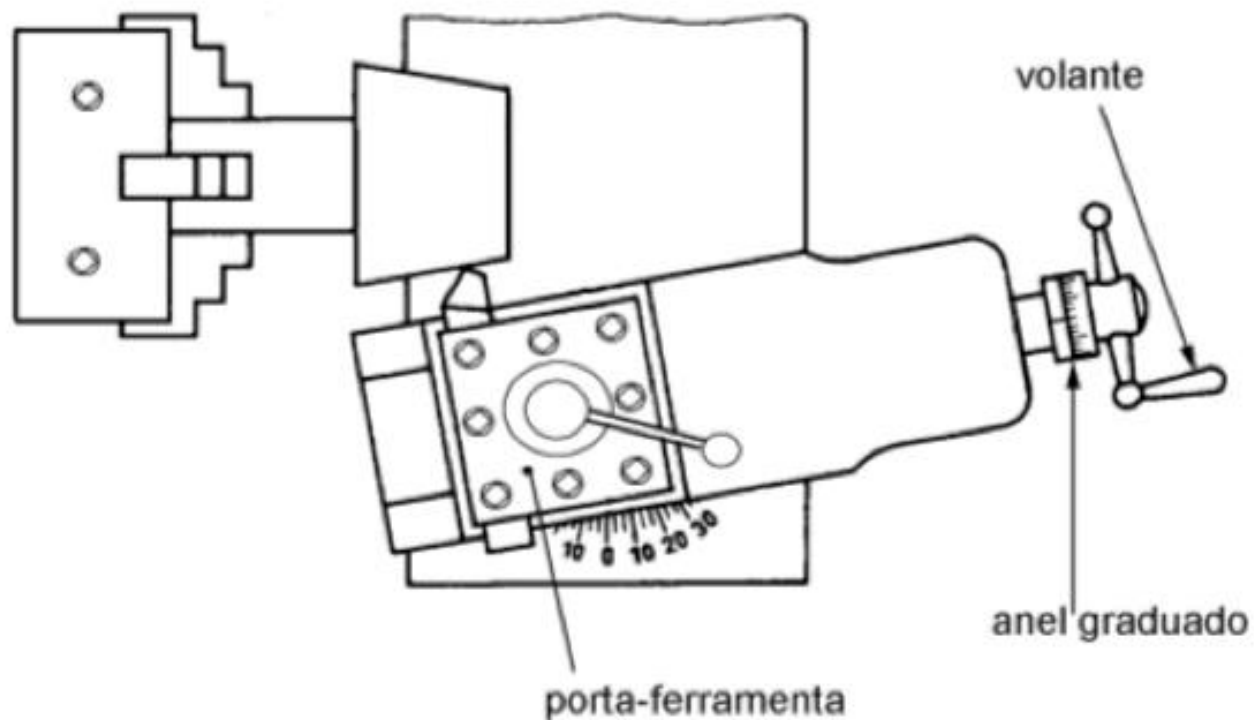
# Torno Universal - Terminologia



# Torno Universal - Terminologia

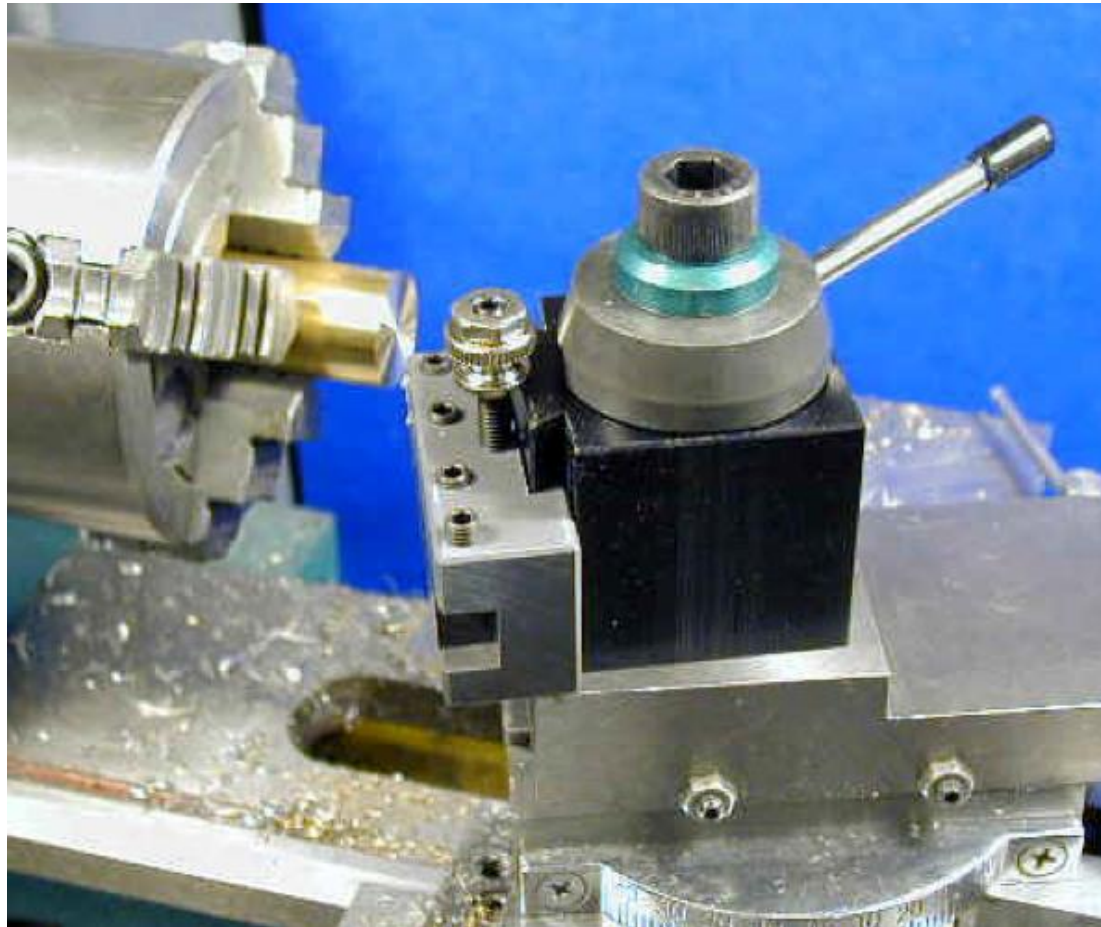


# Torno universal - Recursos



Exemplo de como tornear um cone usando o carro superior.

# Torno universal - Recursos



Exemplo de ferramenta fixada no porta-ferramentas de um torno universal

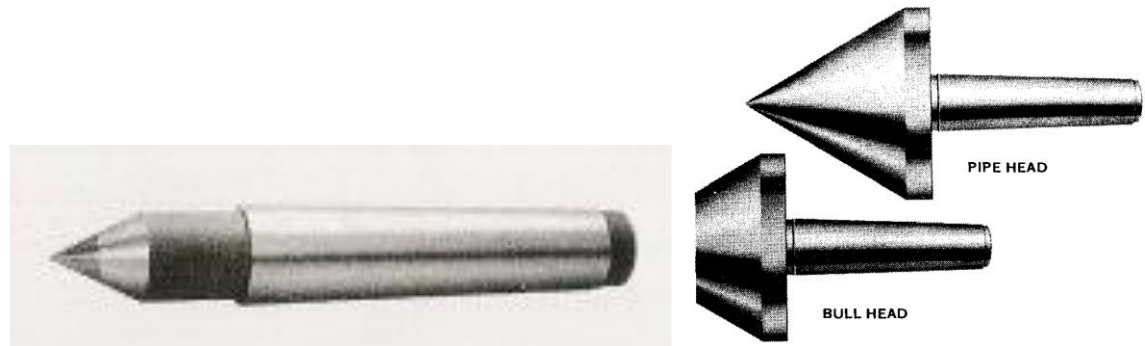
# Torno universal – Sistemas de Fixação



Placa de 3 castanhas com fechamento simultâneo



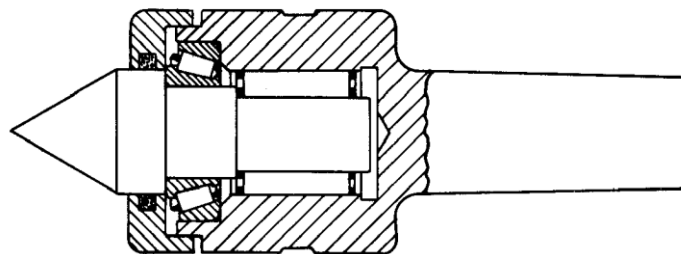
# Torno universal – Sistemas de Fixação



Contrapontos fixos



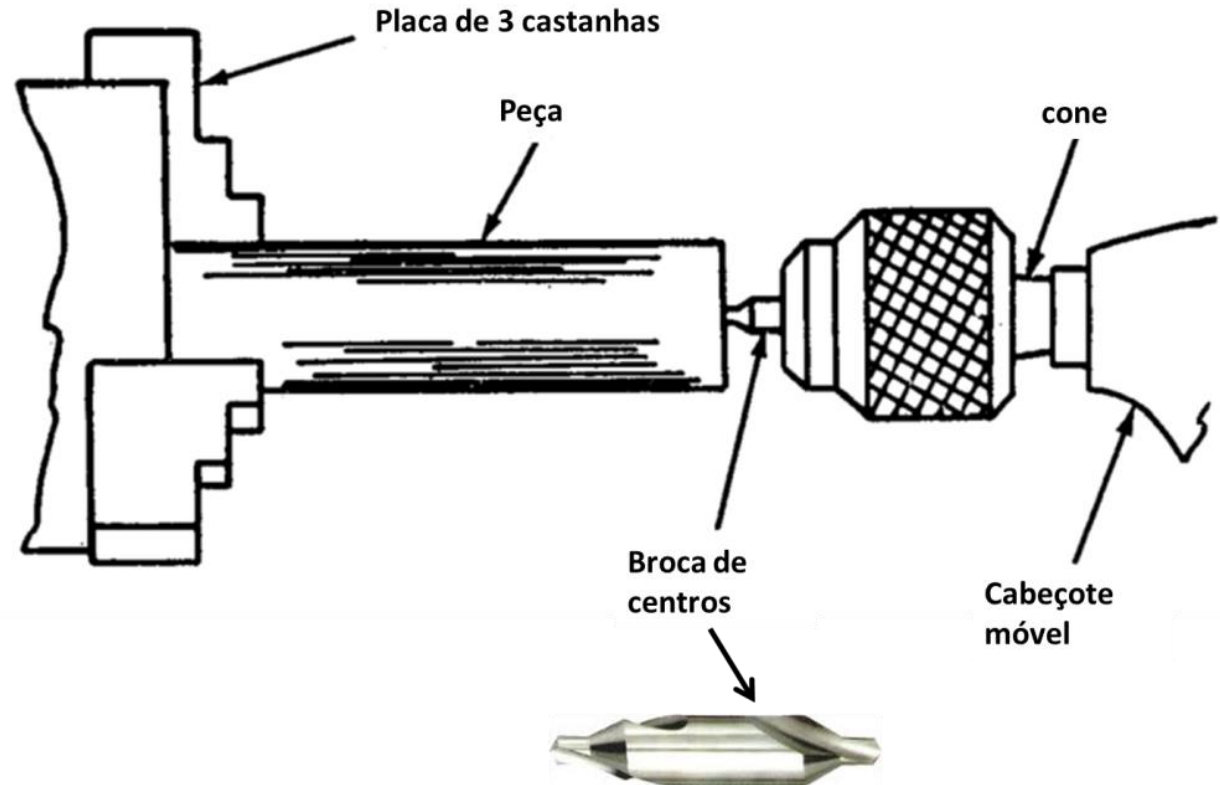
Contrapontos rotativos



# Torno universal – Sistemas de Fixação



EESC-USP

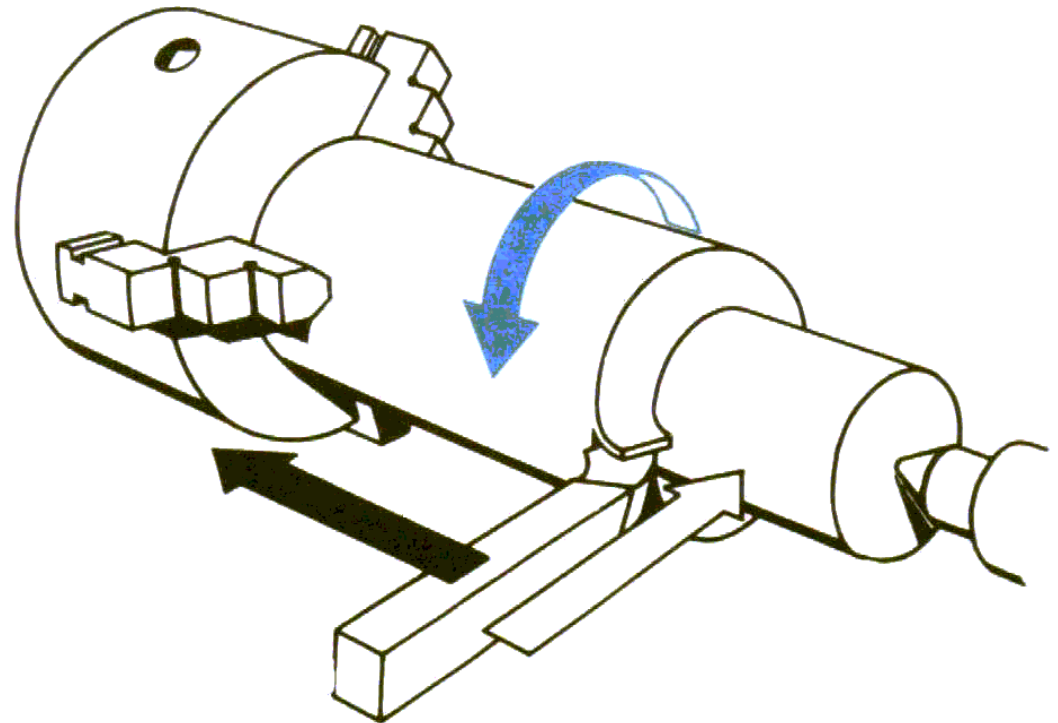


Para uso do contaponto faz-se o furo de centro

# Torno universal – Sistemas de Fixação



Fixação por placa de 3 castanhas

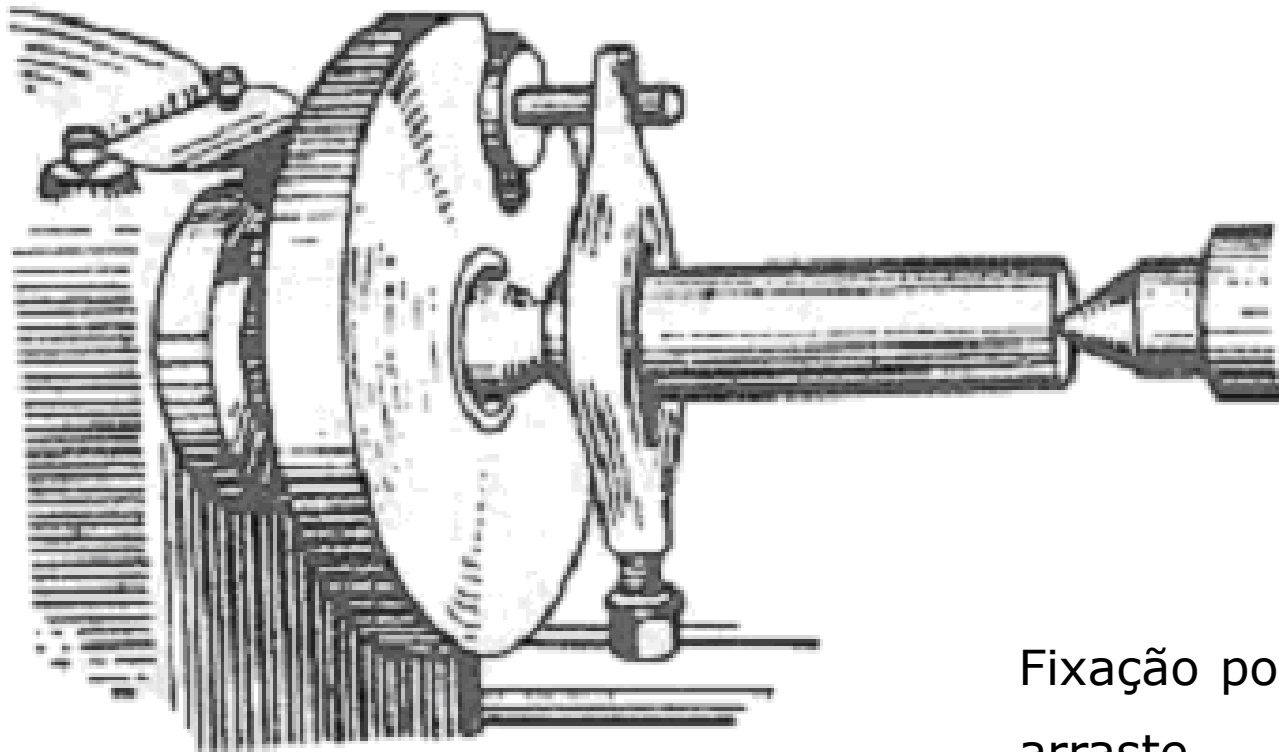


Fixação por placa de 3 castanhas e contraponto

# Torno universal – Sistemas de Fixação



EESC-USP

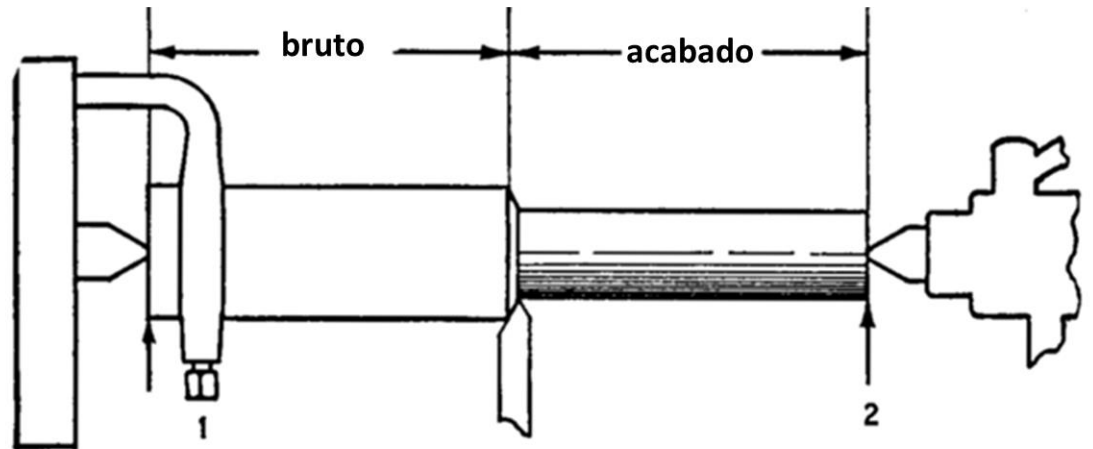


Fixação por placa de arraste

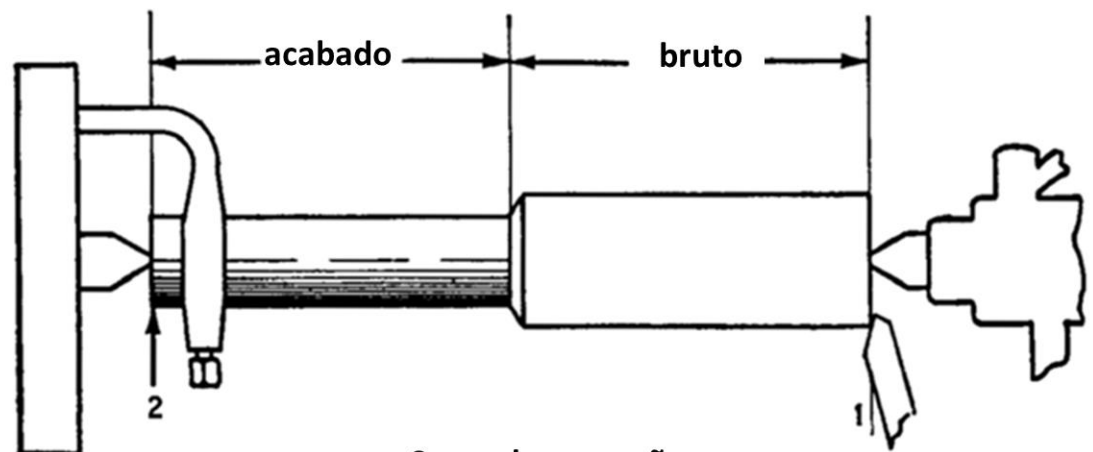
# Torno universal – Sistemas de Fixação



EESC-USP



Primeira operação



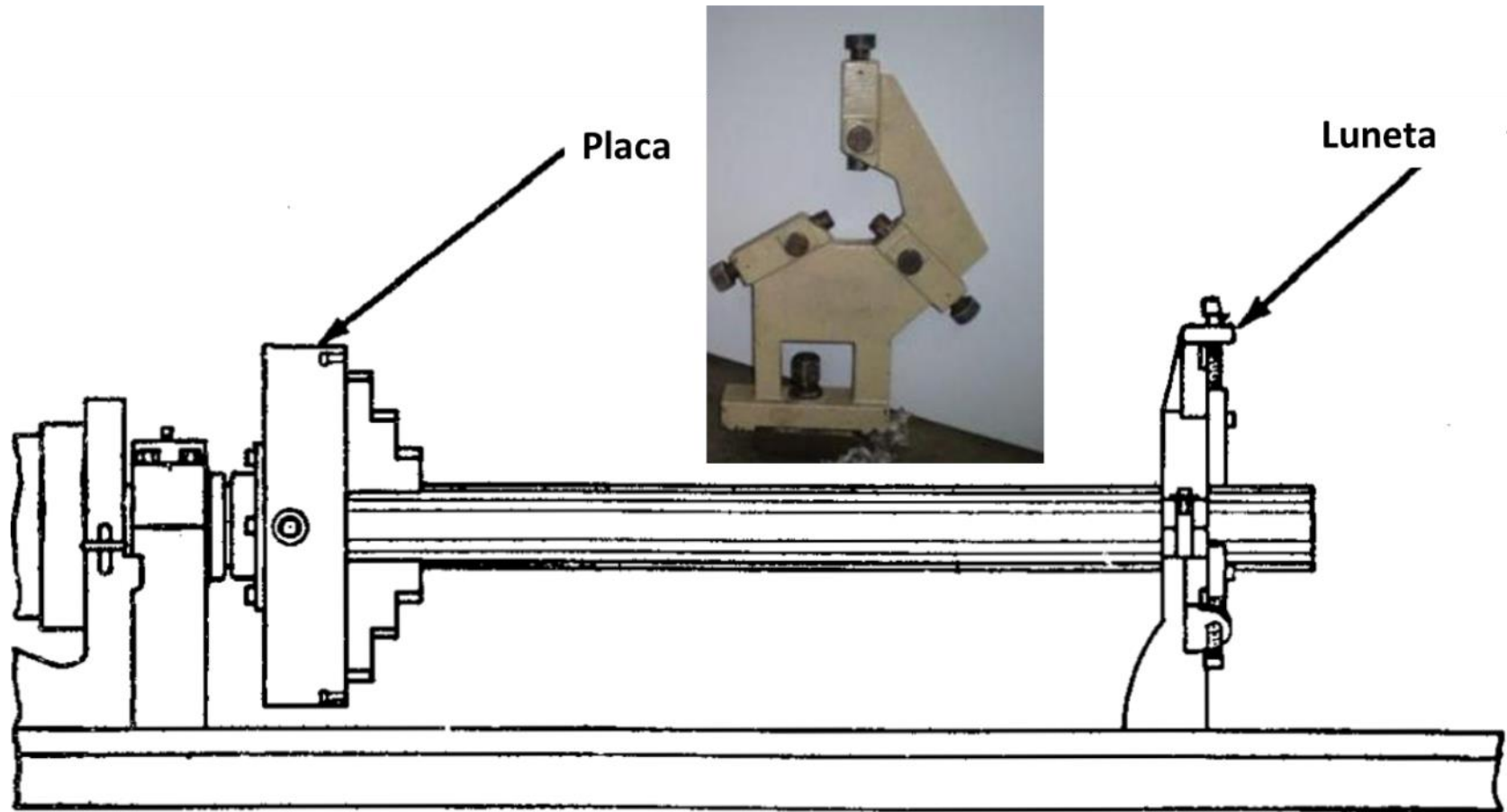
Segunda operação

Sequência de operações com  
fixação por placa de arraste

# Torno universal – Sistemas de Fixação



EESC-USP

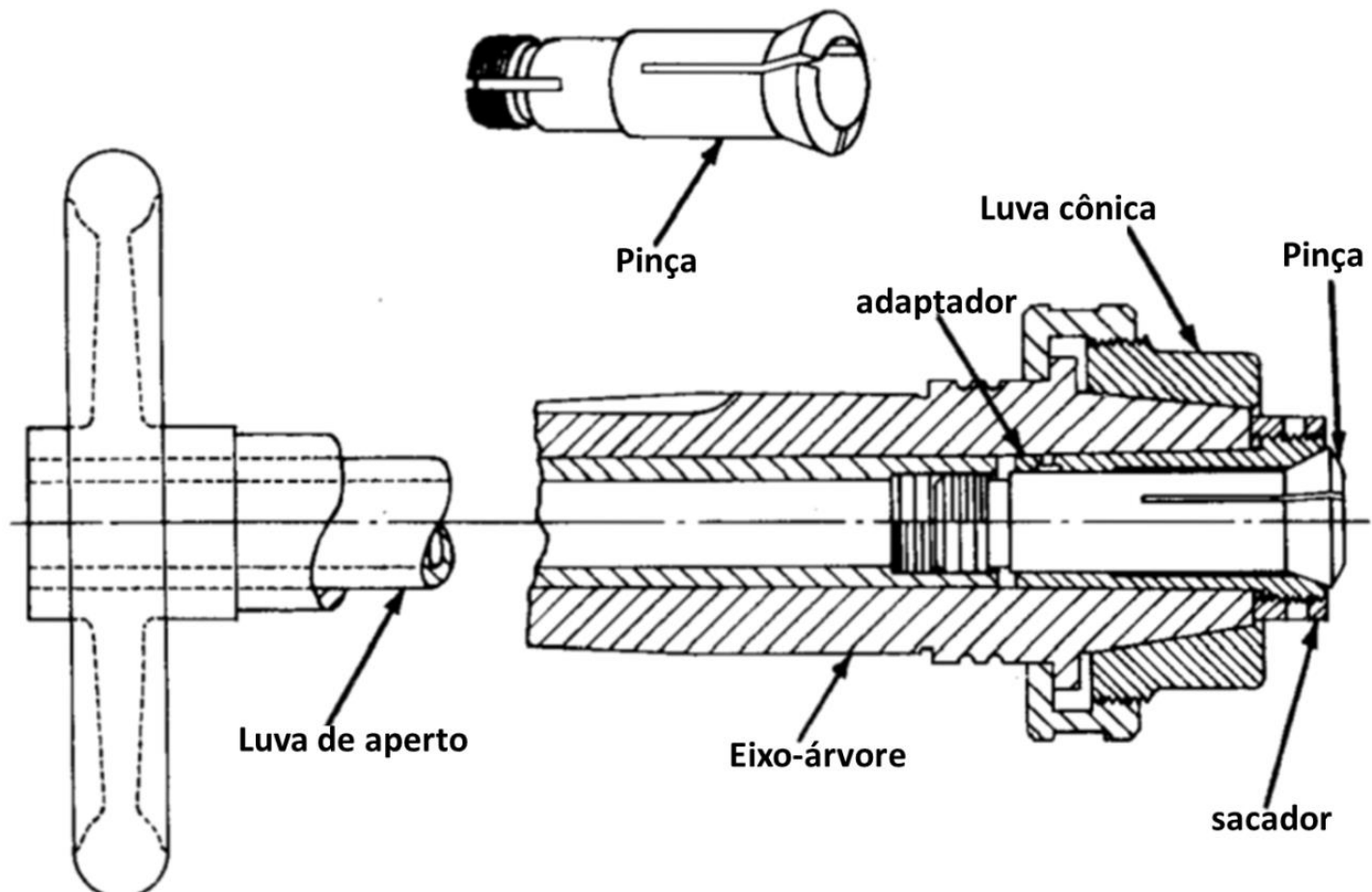


Fixação com auxílio de Luneta

# Torno universal – Sistemas de Fixação



EESC-USP



Fixação por Pinças

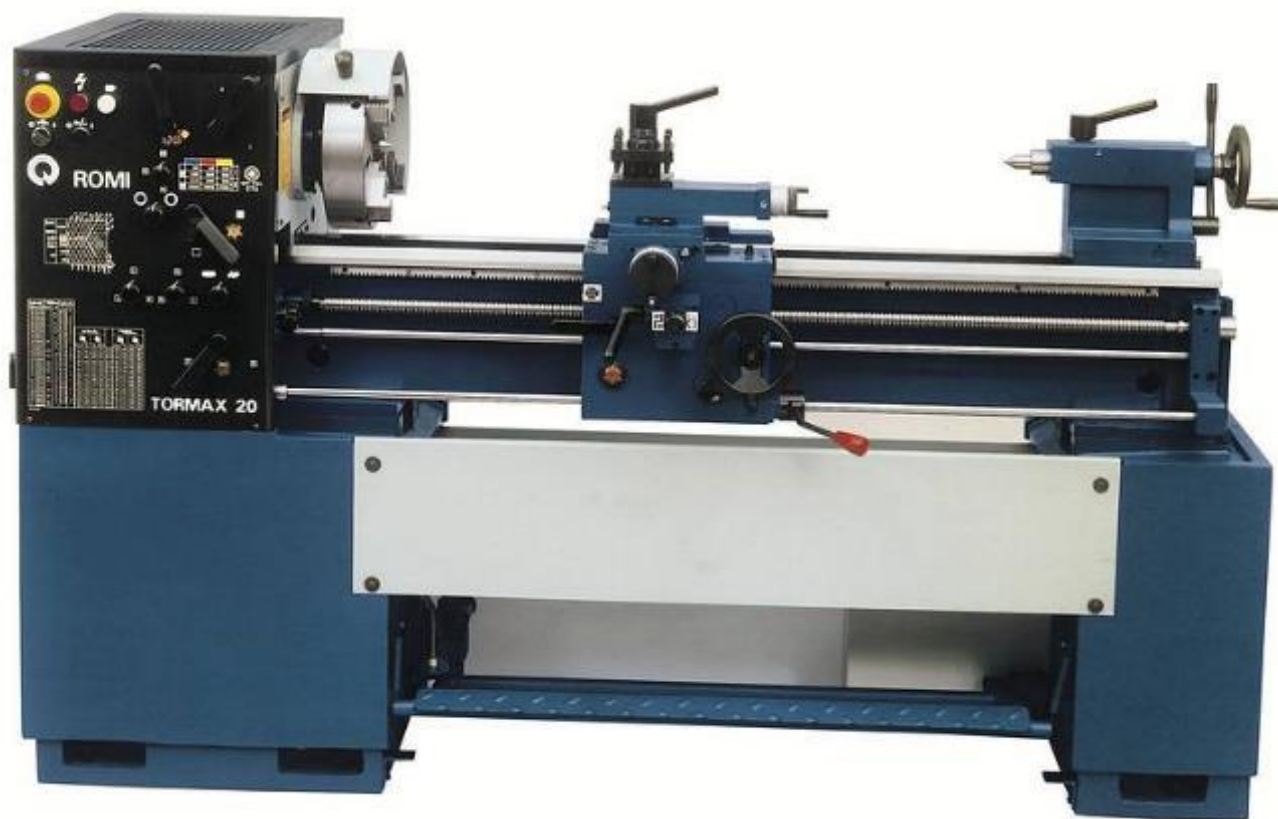
# Outros tipos de tornos

---

- Paralelo;
- Revolver;
- Semi-automático;
- Automático;
- Copiador;
- De perfilar;
- Frontal;
- Vertical;
- Centro de torneamento.



# Torno - Universal



# Torno CNC

---



EESC-USP



# Torre de Ferramentas de torno CNC



EESC-USP



# Torno Revolver



# Torno Automático



# Torno Copiador



EESC-USP



# Torno Frontal



EESC-USP



# Torno Vertical



Foto ilustrativa  
Equipado com opcionais



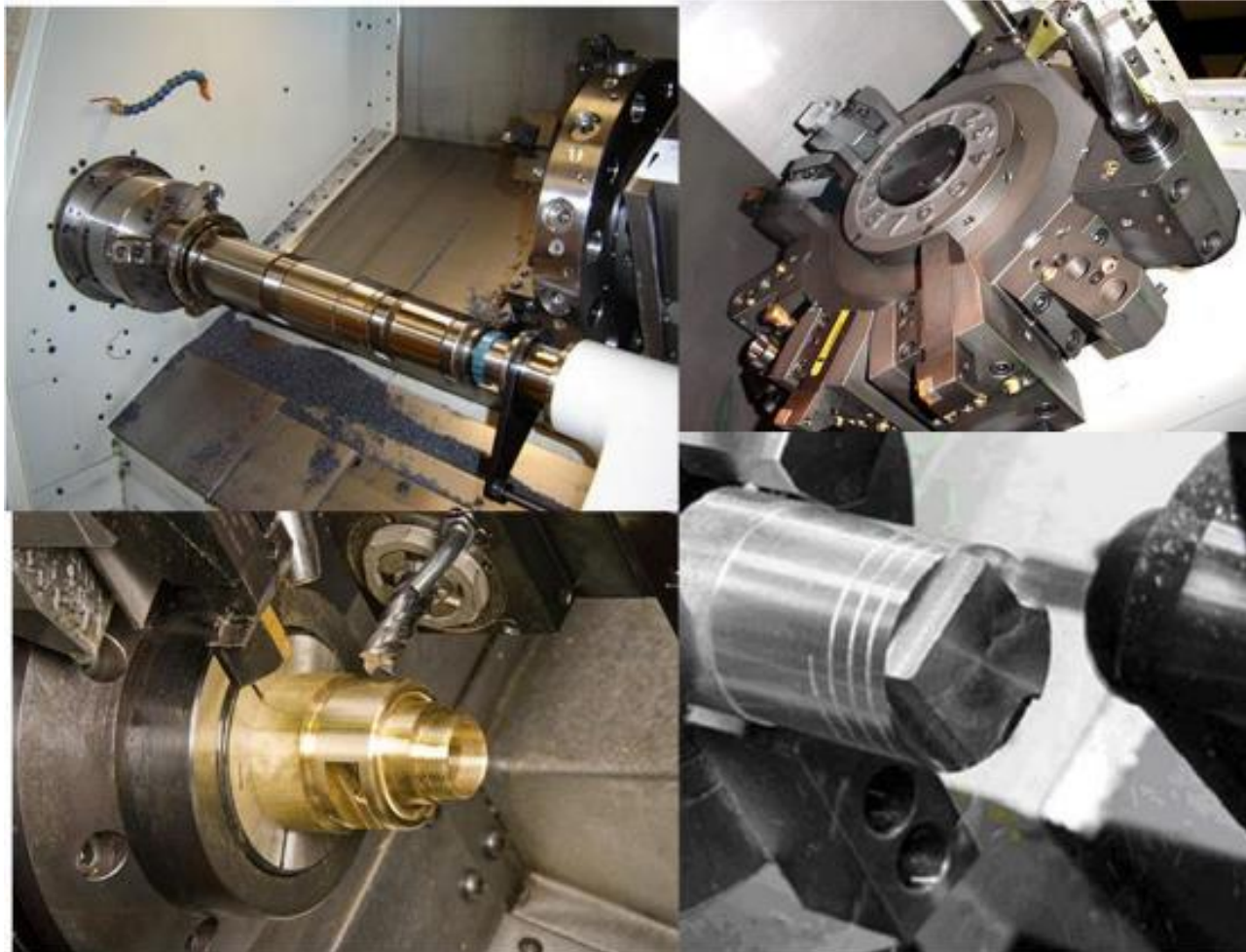
# Centro de Torneamento



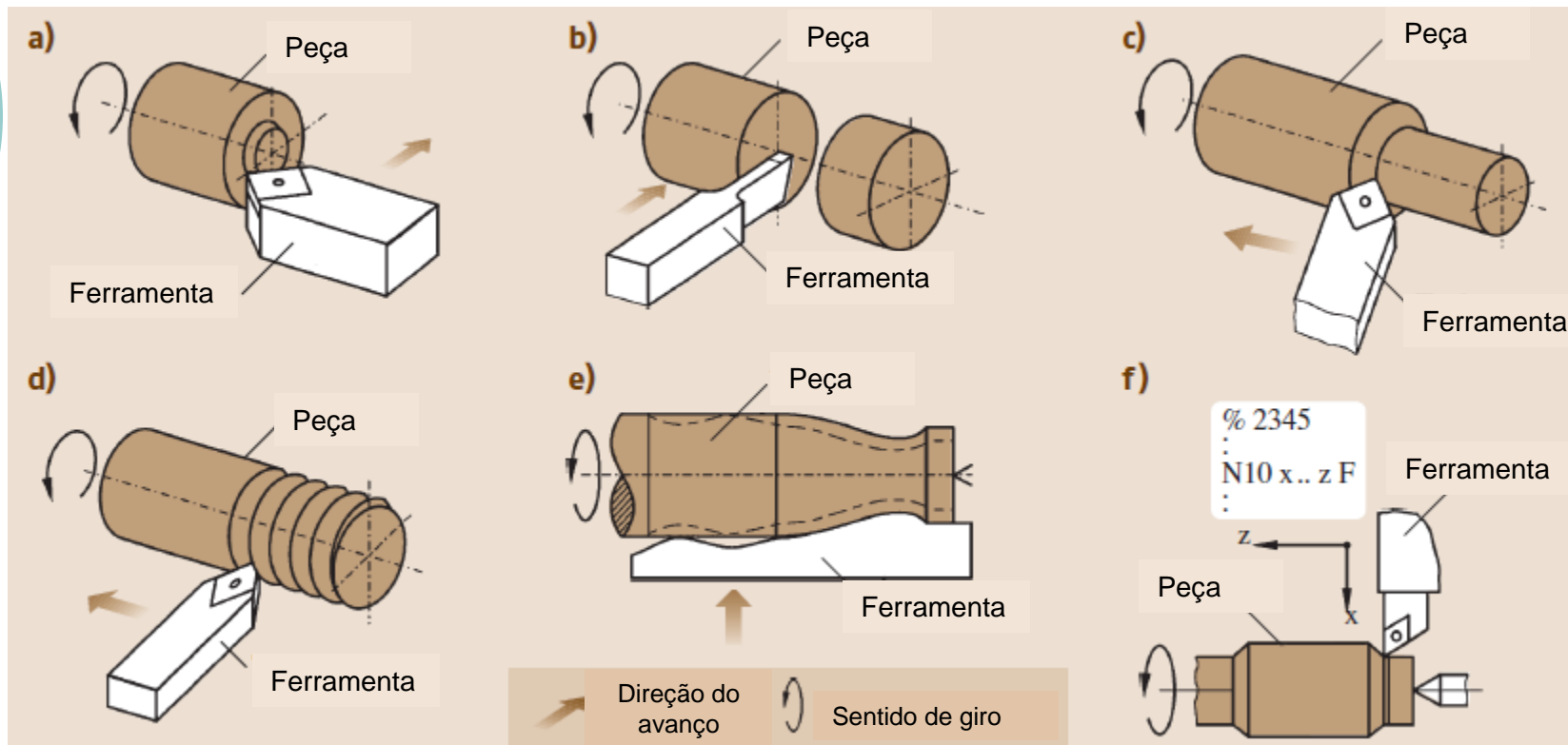
EESC-USP



# Recursos do Centro de Torneamento

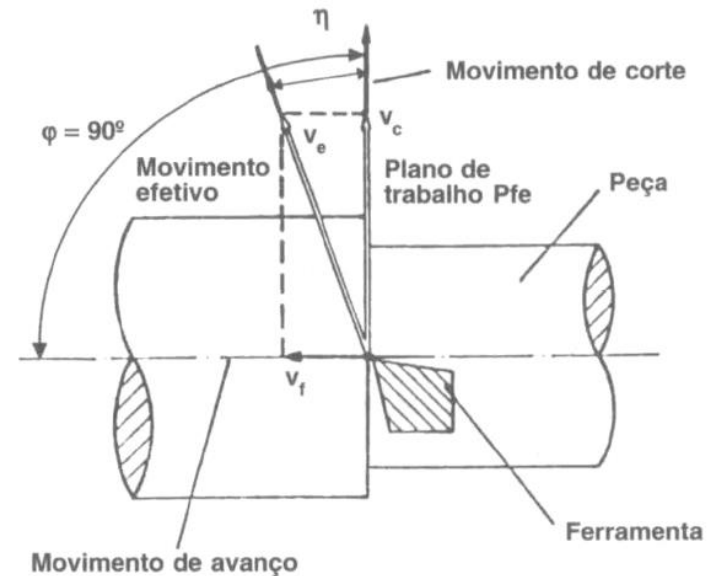
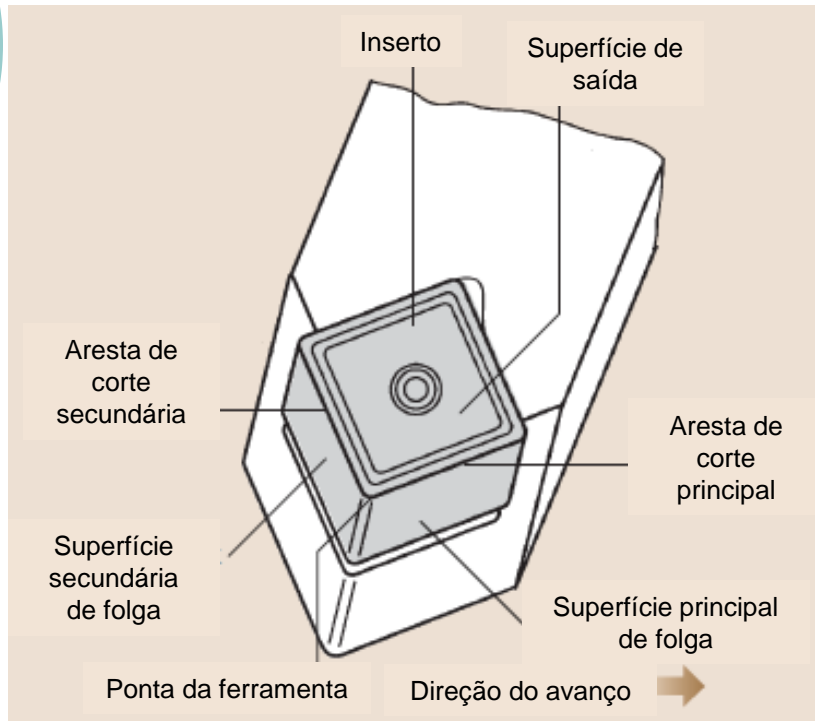


# Torno universal – Principais operações



Processos de torneamento: (a) faceamento, (b) sangramento, (c) torneamento cilíndrico externo (d) roscamento, (e) torneamento de perfil (contorno da ferramenta é duplicado na peça, f) perfilamento

# Ferramenta de torno – Terminologia

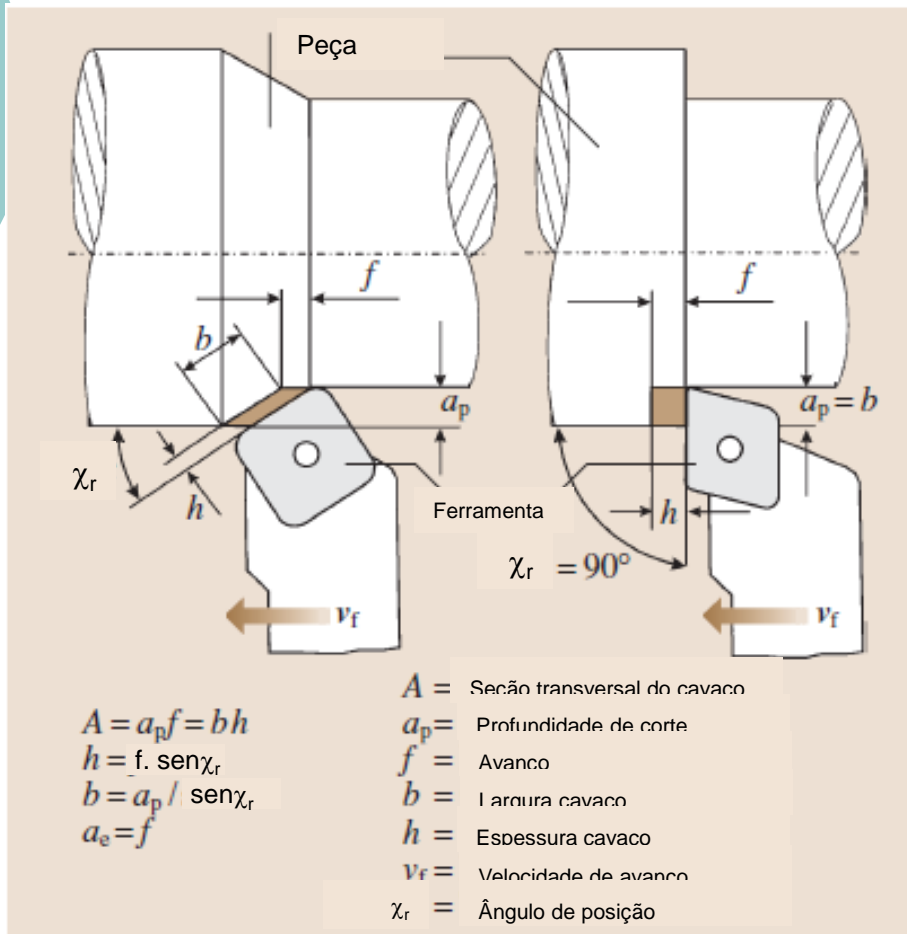


$\phi$  = ângulo da direção de avanço

$\eta$  = ângulo da direção de efetiva

Fonte: Tecnologia da Usinagem dos Materiais

# Principais Parâmetros de Corte



$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

Onde:

$d$  = diâmetro da peça ou da ferramenta em mm;

$n$  é o número de rotações por minuto (rpm).

$$v_f = f \cdot n \text{ [mm/min]}$$

Onde:

$f$  = avanço em mm/rev (mm por revolução);

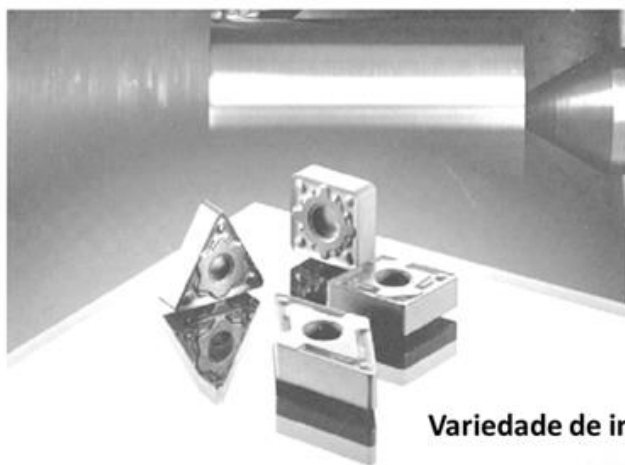
$n$  é o número de rotações por minuto.

$$Q_w = a_p \cdot v_c \cdot f \text{ [mm}^3\text{/min]}$$

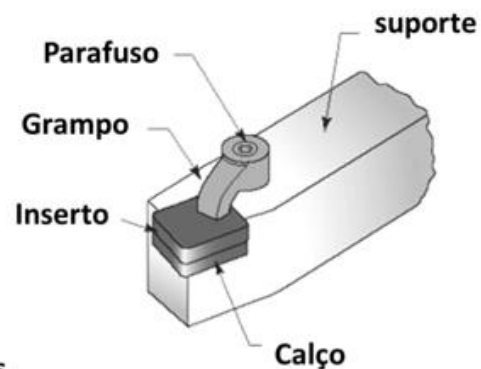
$Q_w$  = taxa de remoção de material

# Ferramentas indexadas

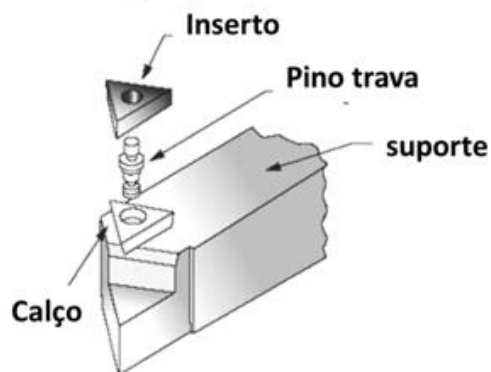
Insertos de diversas geometrias – alguns tipos de fixação no suporte para torneamento



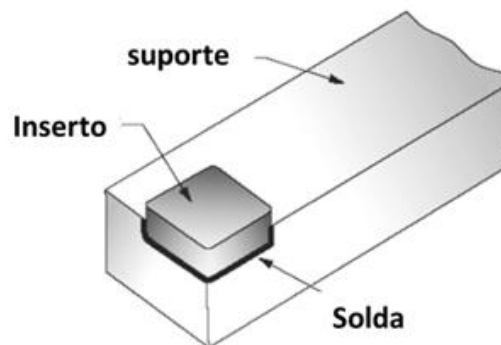
*Sistema de fixação por cima*



*Sistema de fixação central*



*Sistema de fixação central*



# Ferramentas de torno

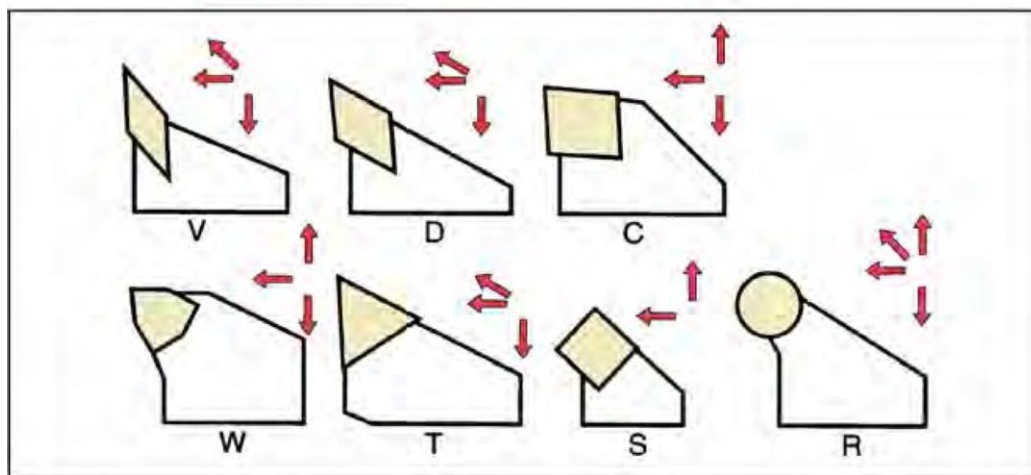
---



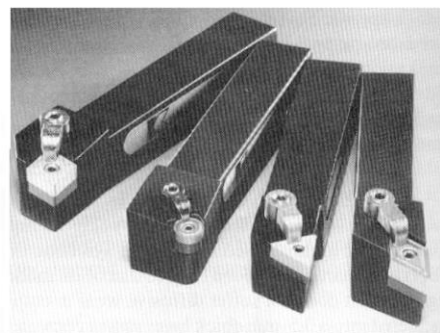
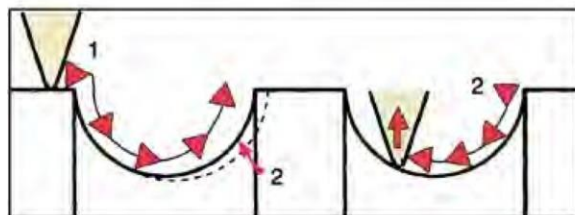
Exemplo de uma ferramenta especial para torneamento interno



# Ferramentas de Torneamento










Exemplos de geometrias de suportes e de insertos indexáveis para torneamento





# Ferramentas de Torneamento

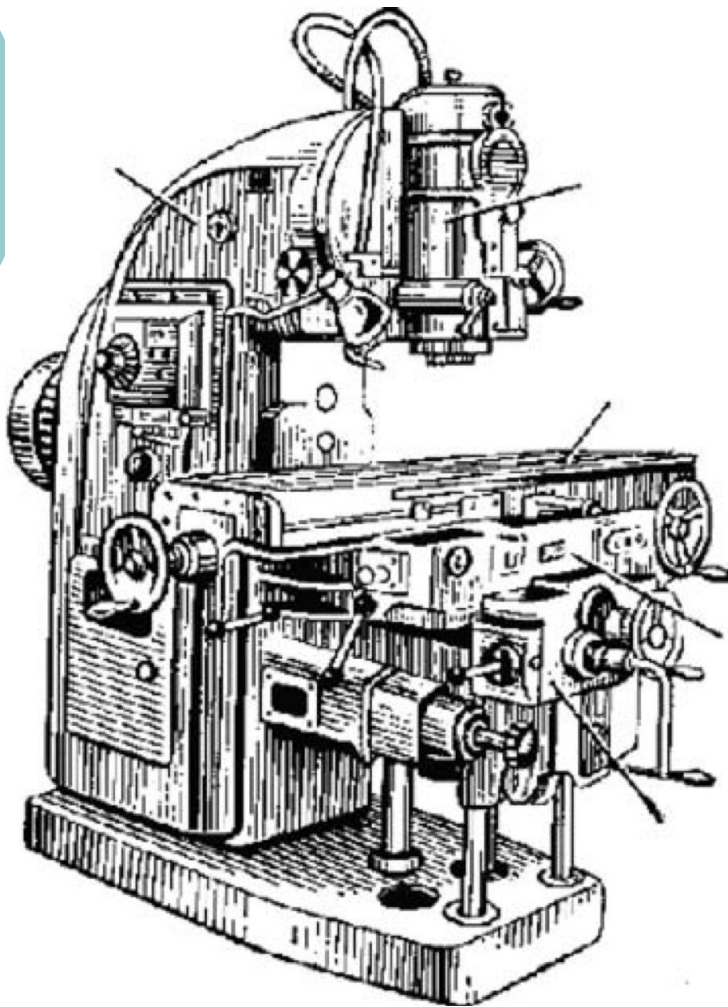
Factors affecting choice of insert shape	R	90	80	80	60	55	35
							
Roughing (strength)	●	●	●	○	○		
Light roughing/Semi-finishing (No. of edges)		○	●	●	●	●	
Finishing (No. of edges)			○	○	●	●	●
Turning and Facing (feed directions)			●	○	○	●	●
Profiling (Accessibility)			○	○	○	●	●
Operational versatility	○		●	○	○	●	○
Limited machine power			○	○	●	●	●
Vibration tendencies (reduction)				○	●	●	●
Hard material	●	●					
Intermittent Machining	●	●	○	○	○		
Large entering angle			●	●	●	●	●
Small entering angle	●	●		●	●		

● Most suitable      ○ Suitable

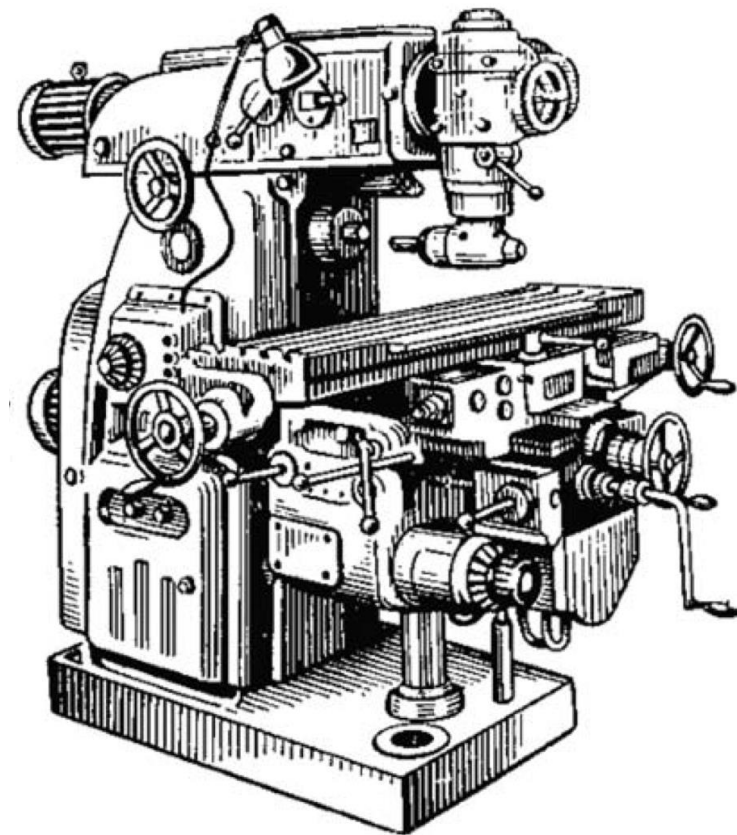
# Fresamento – Peças prismáticas



# Fresadoras

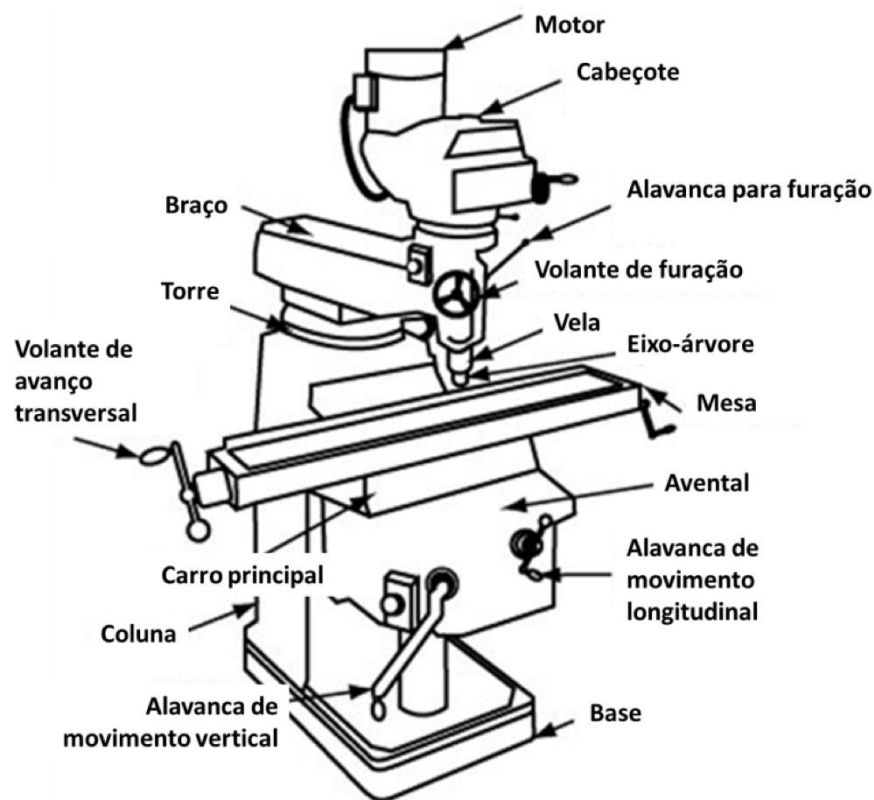


Fresadora Vertical



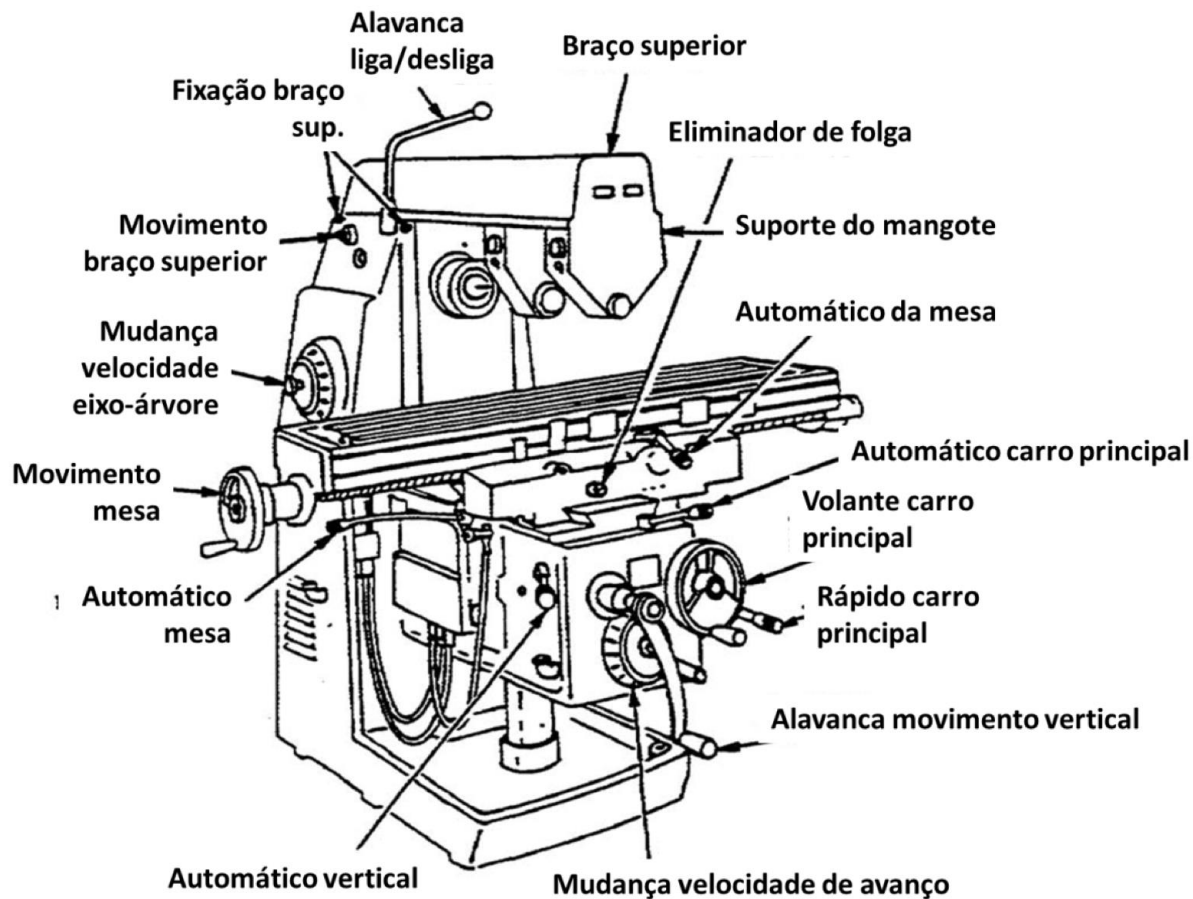
Fresadora Horizontal

# Fresadoras



Fresadora Ferramenteira

# Fresadoras



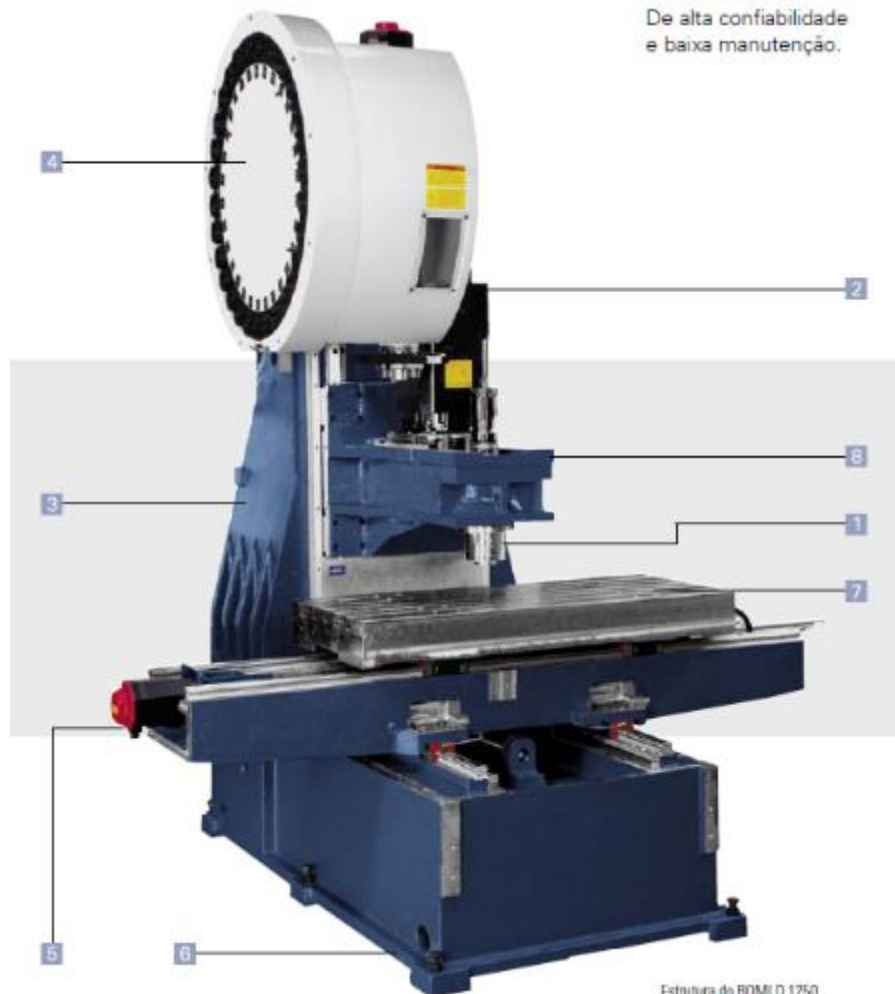
Fresadora Universal

# Centro de Usinagem



# Centro de usinagem

**de ferramentas**  
De alta confiabilidade  
e baixa manutenção.



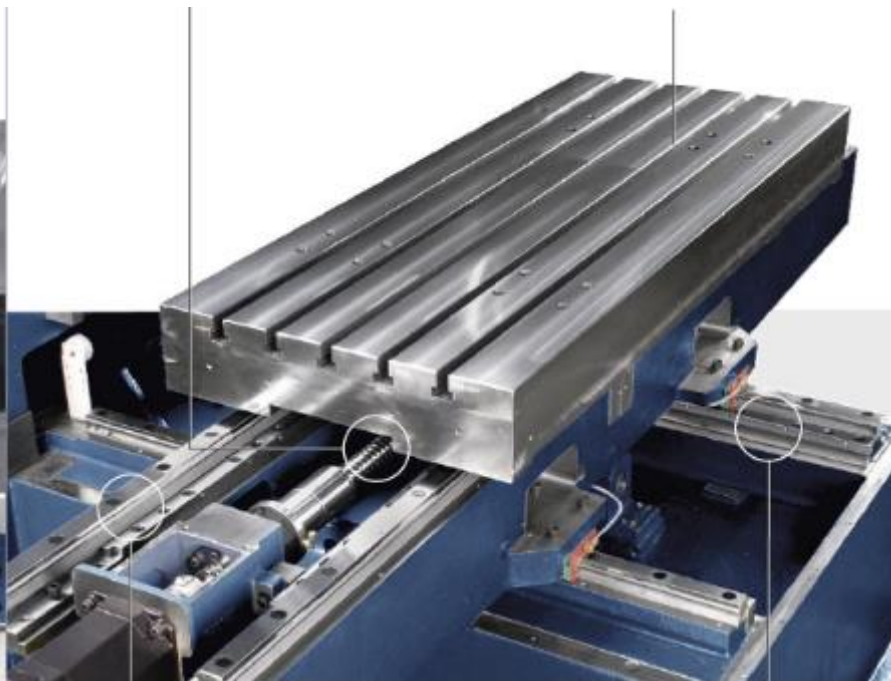
Estrutura do ROMI D 1250

# Centro de usinagem

Trocador de ferramentas com braço automático, com capacidade para 30 ferramentas - eixo-órbita cone ISO-40 (ROMI D 800 / ROMI D 800AP / ROMI D 1000AP / ROMI D 1250 / ROMI D 1250AP / ROMI D 1500) ou capacidade para 24 ferramentas - eixo-órbita cone ISO-50 (ROMI D 1500)



Trocador automático de ferramentas, com capacidade para 20 ferramentas (ROMI D 600)



## Guias lineares

Permitem deslocamentos rápidos, precisos e altas acelerações, graças ao baixo coeficiente de atrito entre os trilhos e as sapatas.

## Benefícios das guias lineares

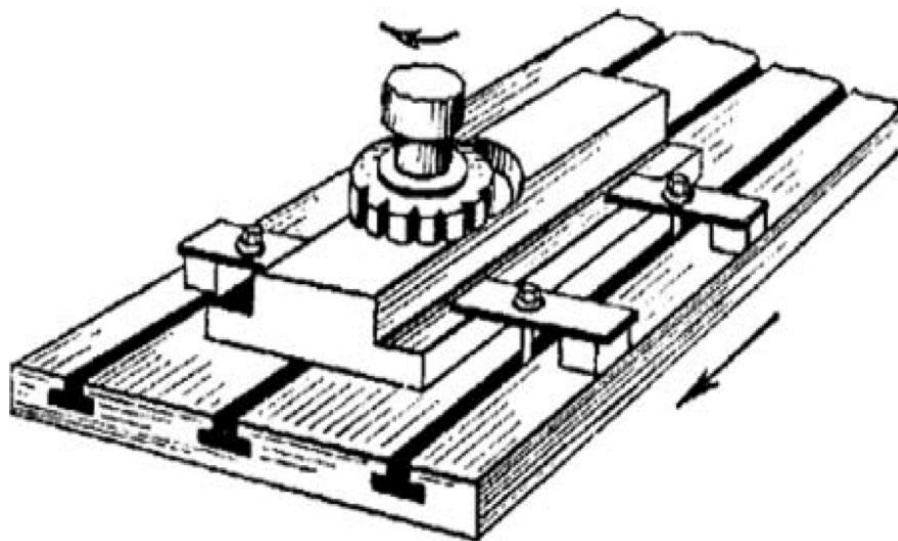
## Trava nos trilhos das guias

Benefício: aumento da rigidez da máquina. Facilidade de manutenção para alinhamento do trilho.



# Fresamento - Fixação de peças

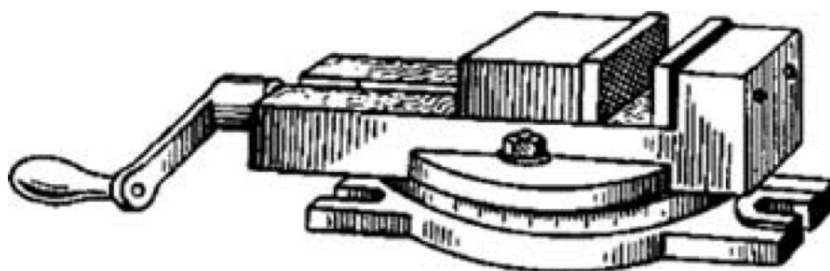
Fixação sobre a mesa



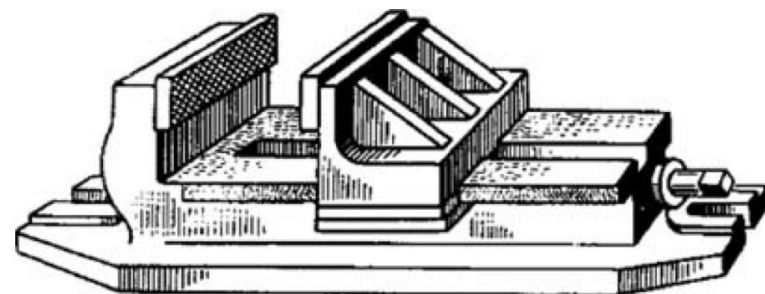
Fixação usando morsa



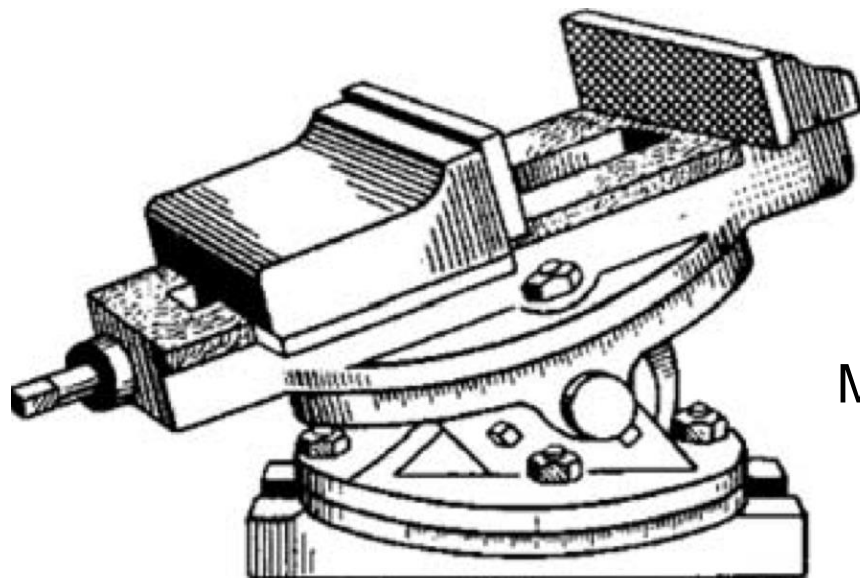
# Fresamento - Fixação de peças



Morsa giratória plana



Morsa fixa (universal)

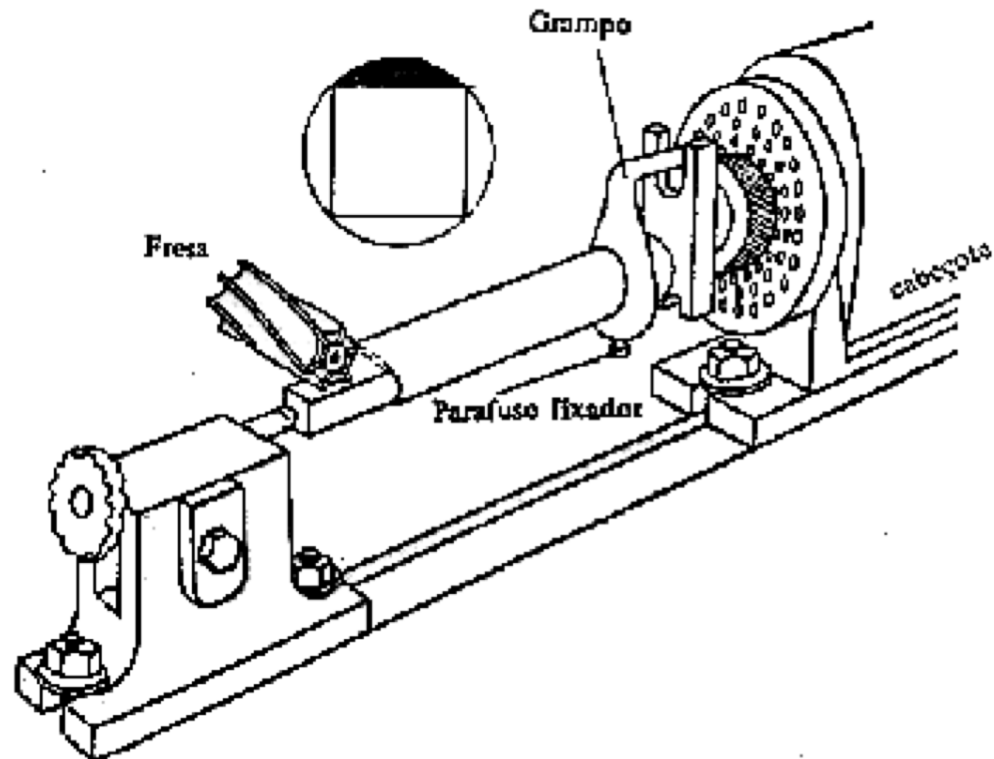


Morsa giratória 2 eixos

# Fresamento - Fixação de peças

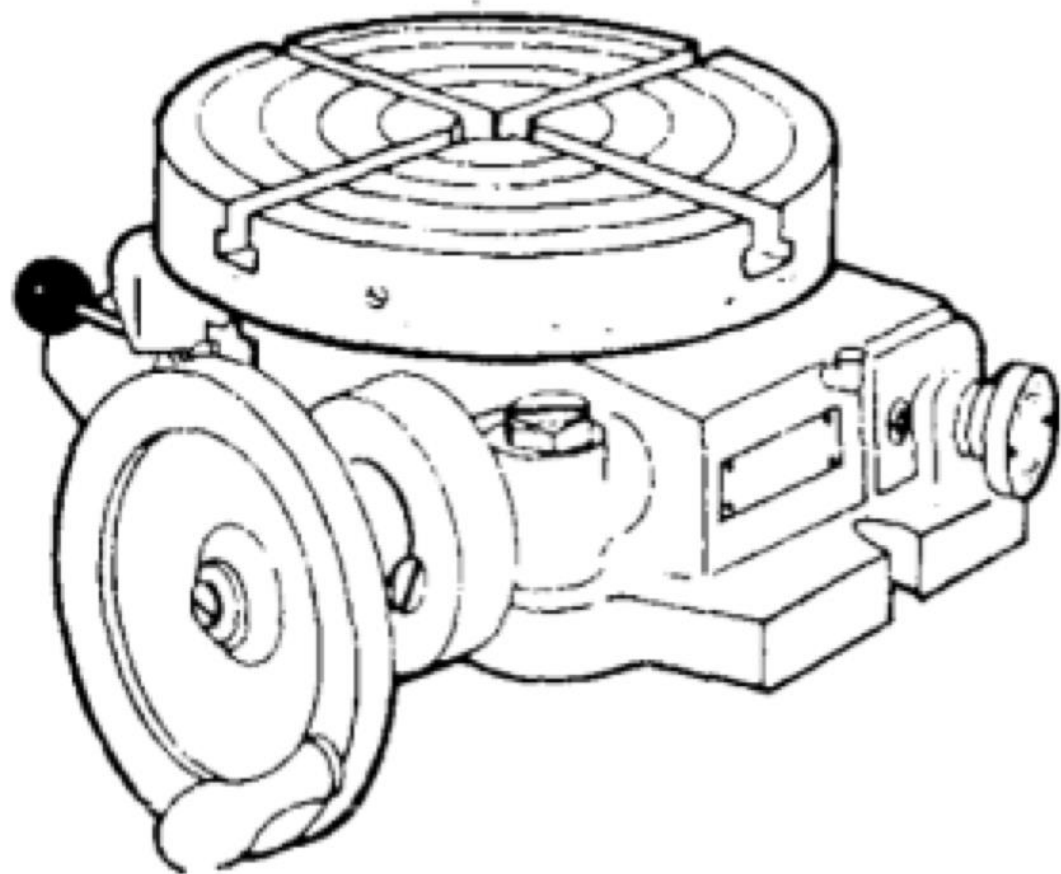


EESC-USP



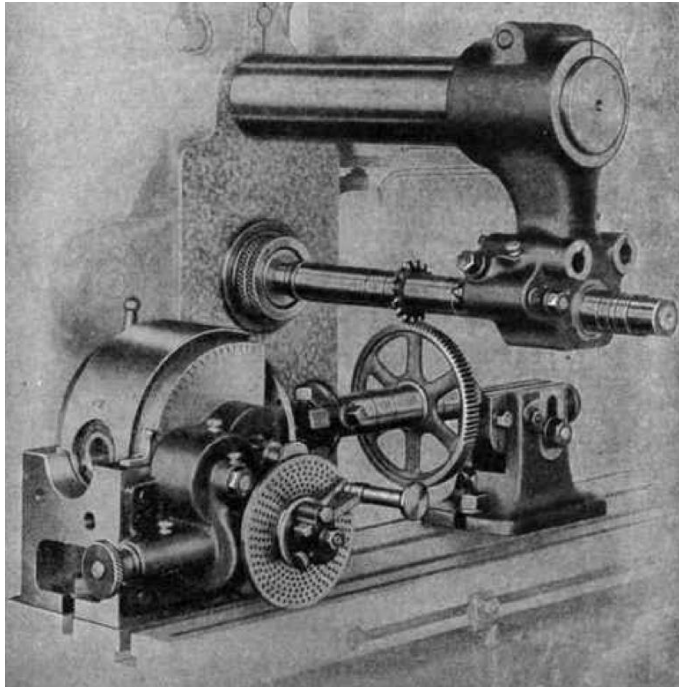
Fixação usando cabeçote divisor e contaponto

# Fresamento - Fixação de peças



Fixação usando cabeçote divisor

# Fresamento - Fixação de peças

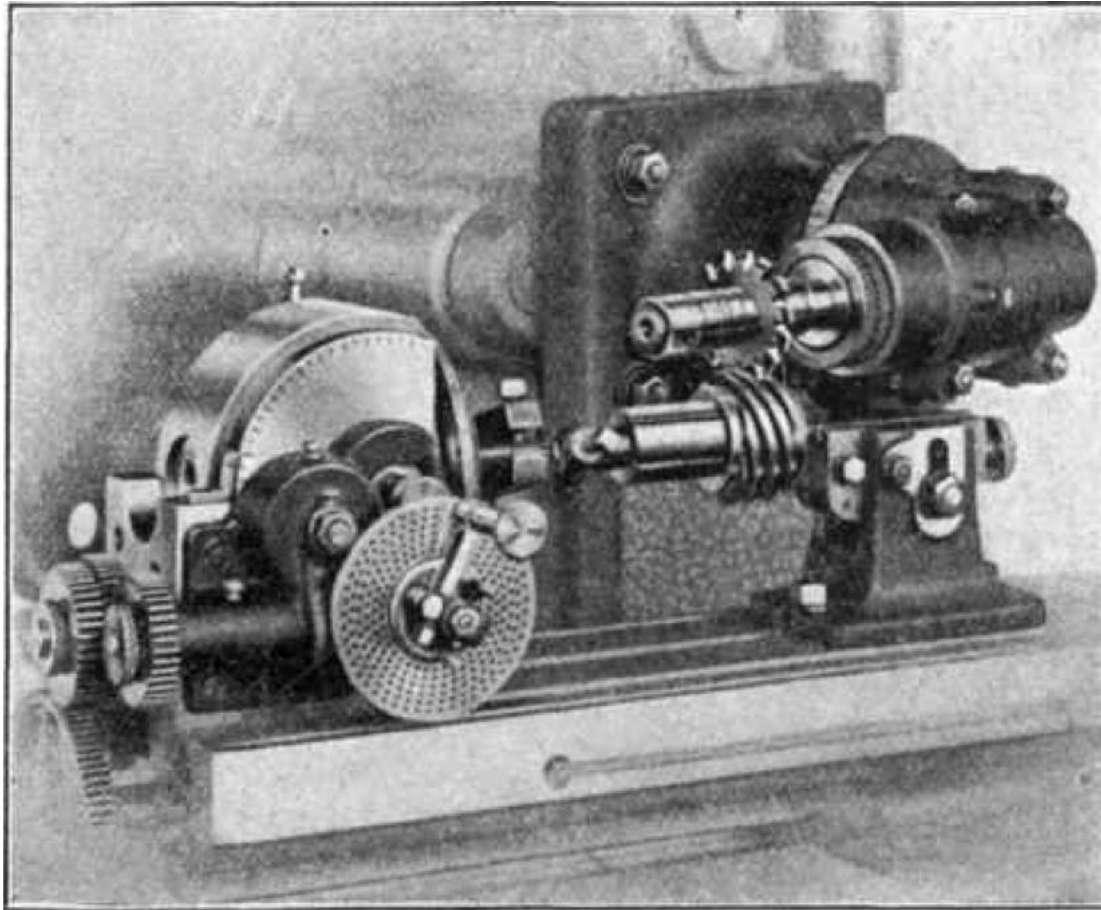


Fixação para corte de engrenagens dentes retos



Fixação para corte de engrenagens dentes cônicos

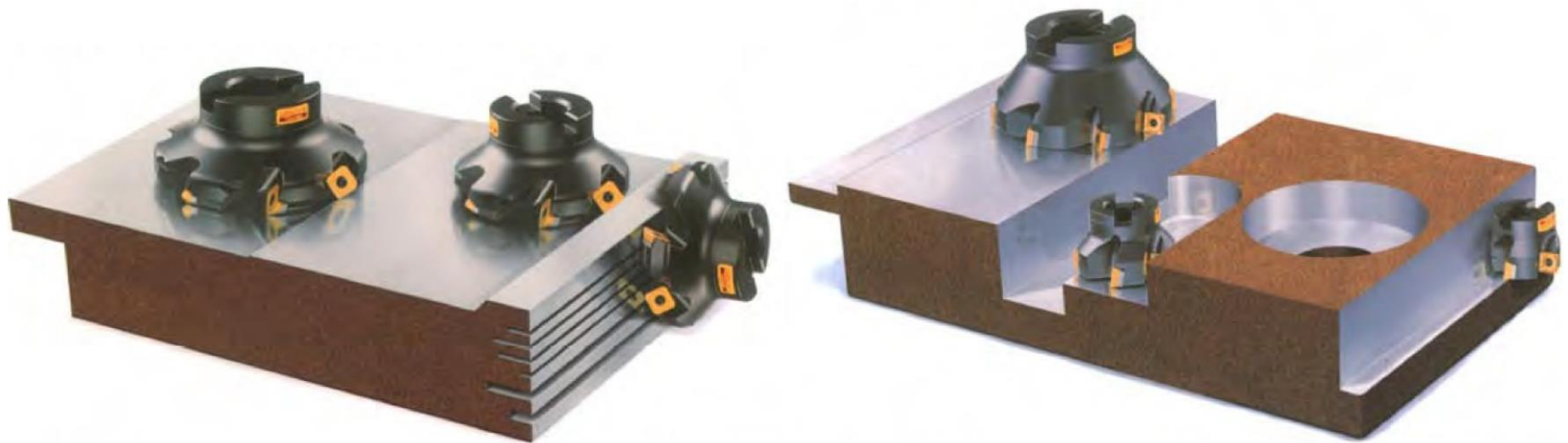
# Fresamento - Fixação de peças



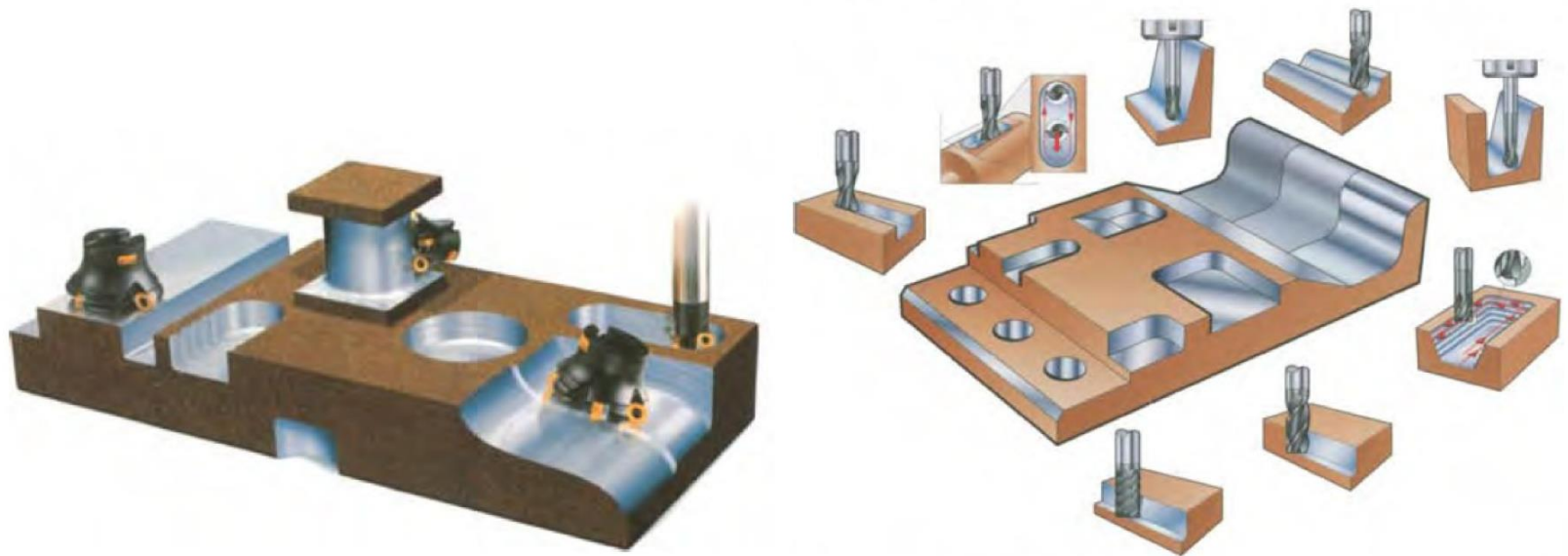
Fixação para corte de rosca sobre eixos

# Fresamento – Operações principais

## Fresamento Frontal e Lateral



# Fresamento – Operações principais



Fresamento de perfis com cortadores e fresas maciças



# Fresamento – Ferramentas de corte



EESC-USP



Fresas de  
aço rápido  
(HSS)  
maciças



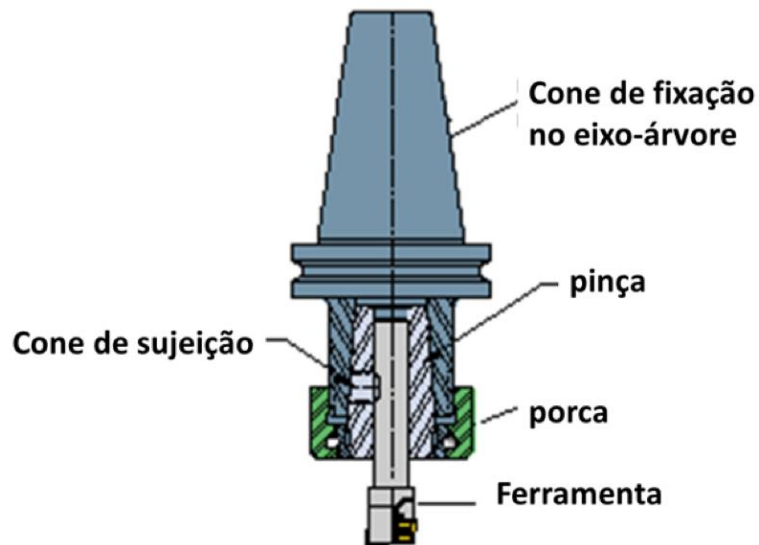
Fresas de metal duro  
(WC) e seus  
cortadores



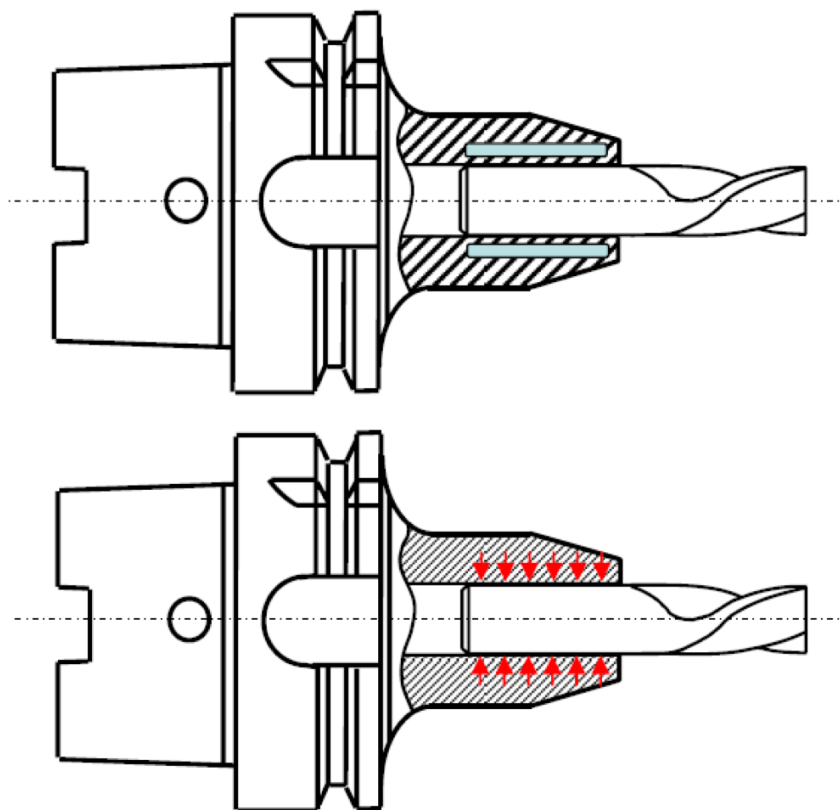
Fresas de  
Metal duro  
(WC)  
maciças

# Ferramentas de corte - Fixação

## Fixação por meio de pinças

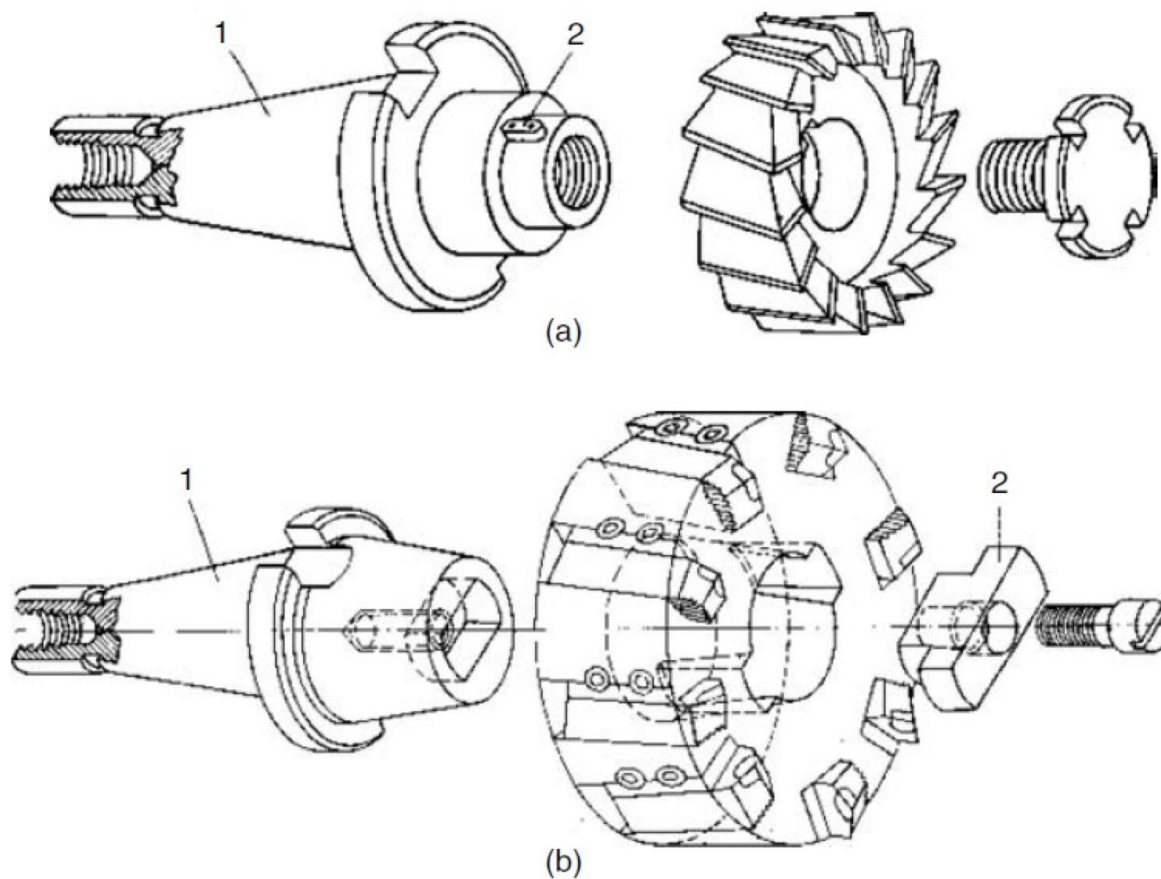


# Ferramentas de corte - Fixação



Fixação usando mandris de contração térmica

# Ferramentas de corte - Fixação



Fixação usando Cortadores (Cabeçotes)

# Ferramentas de corte - Fixação



(a) BT50



(b) CAT50



(c) ISO30



(d) HSK50A

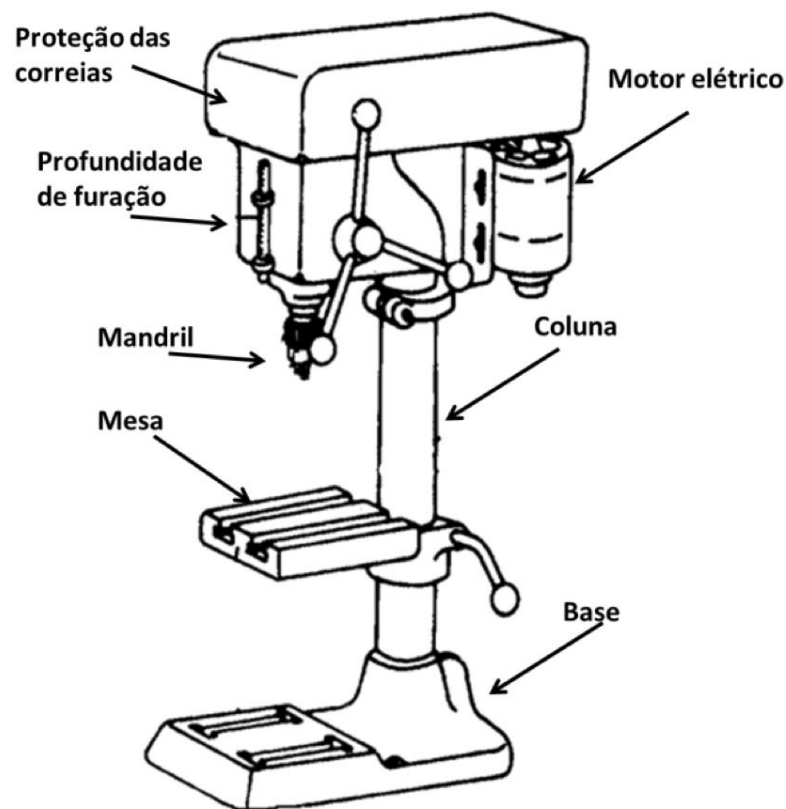
Vários tipos de cone de conexão ao eixo-árvore

# Furação

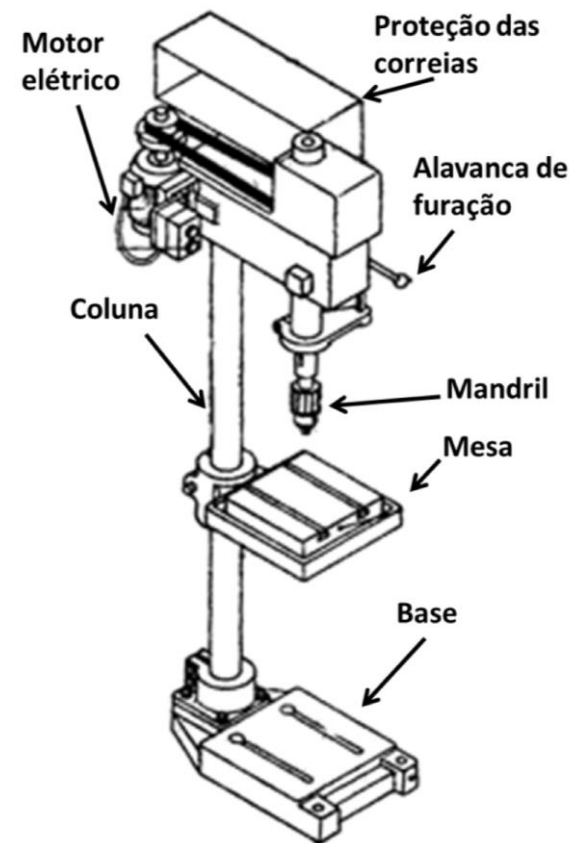
Peças típicas fabricadas com furação



# Furação - Máquinas

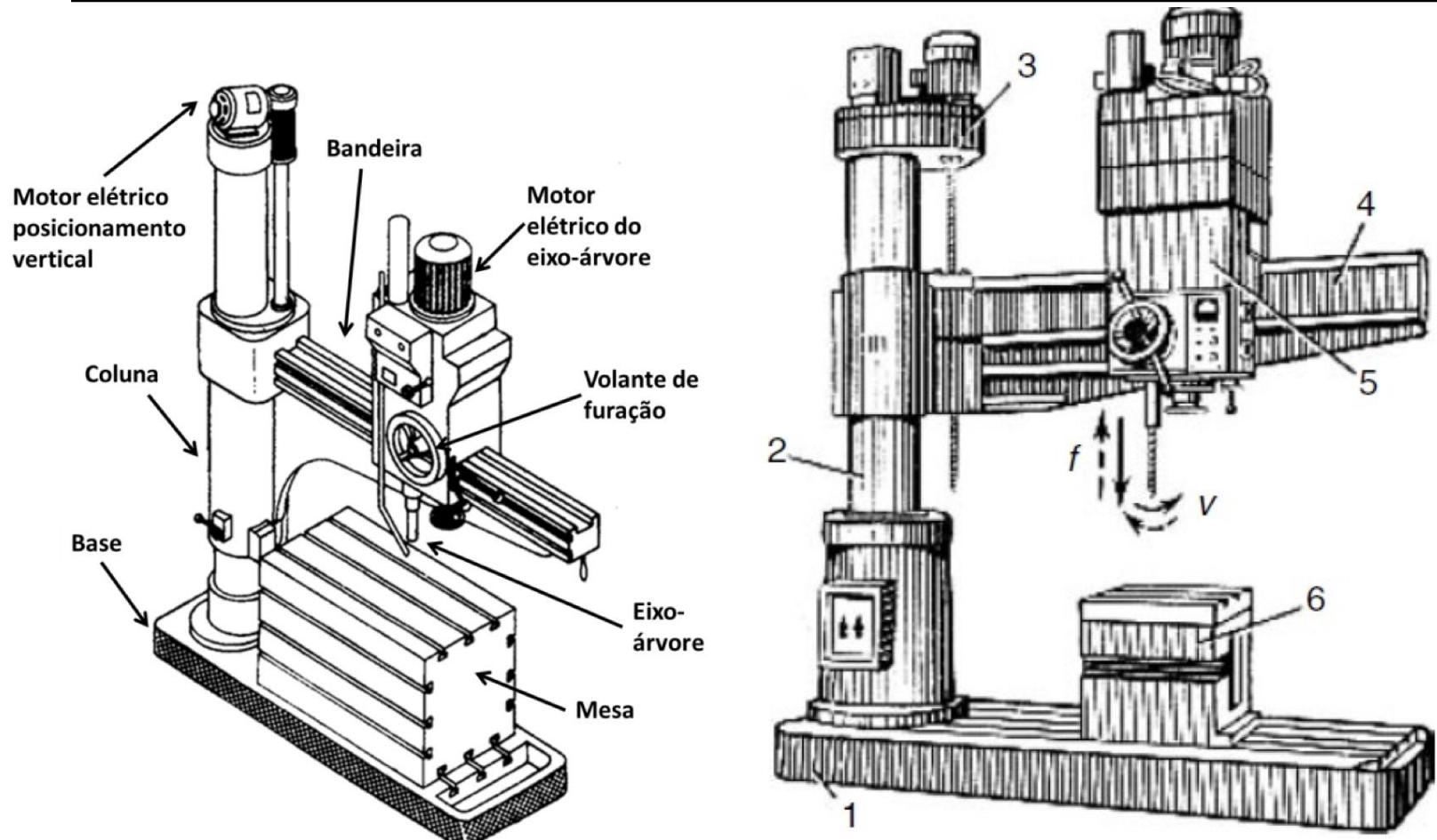


Furadeira de bancada



Furadeira de Coluna

# Furação - Máquinas



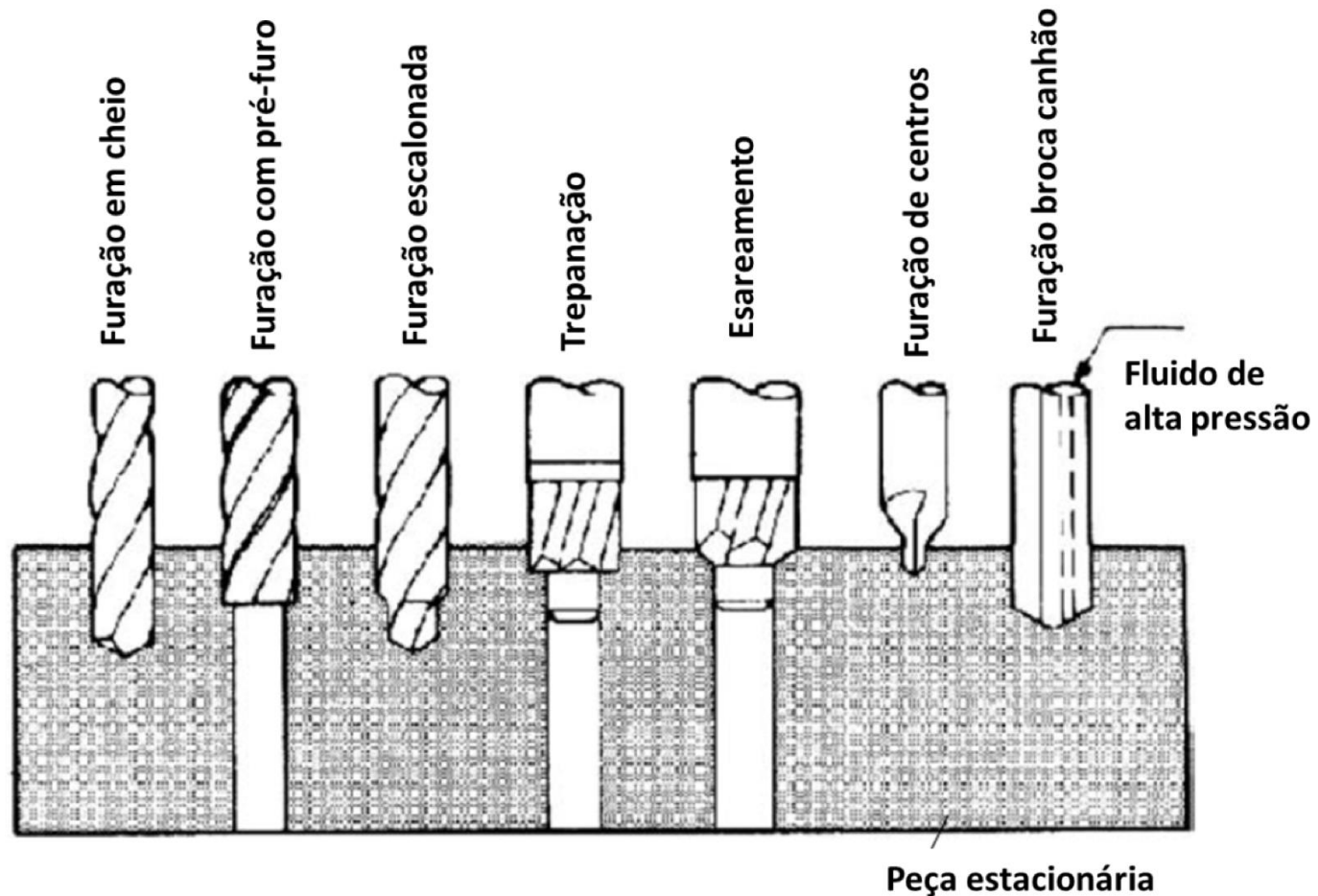
Furadeira Radial



# Furação – Operações principais

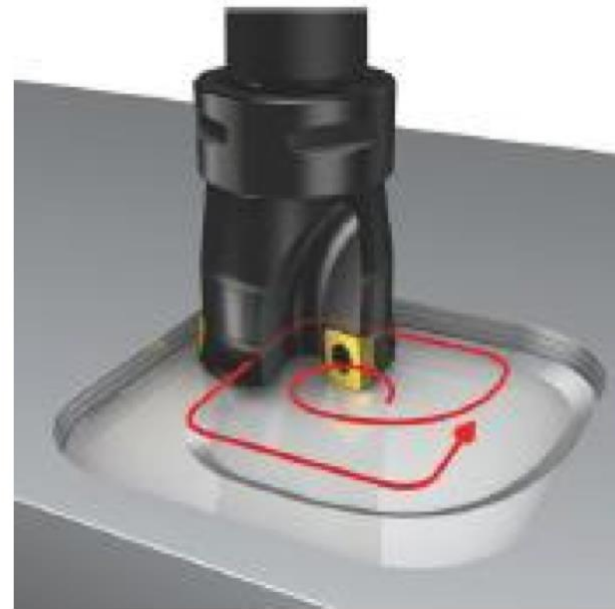
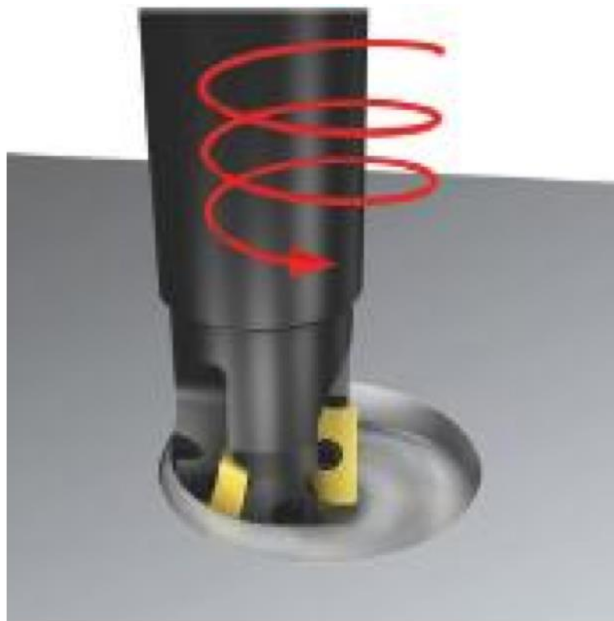


EESC-USP



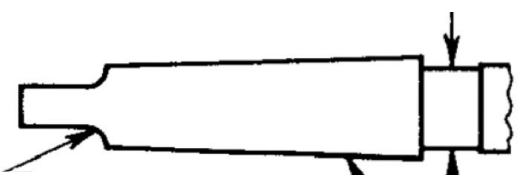
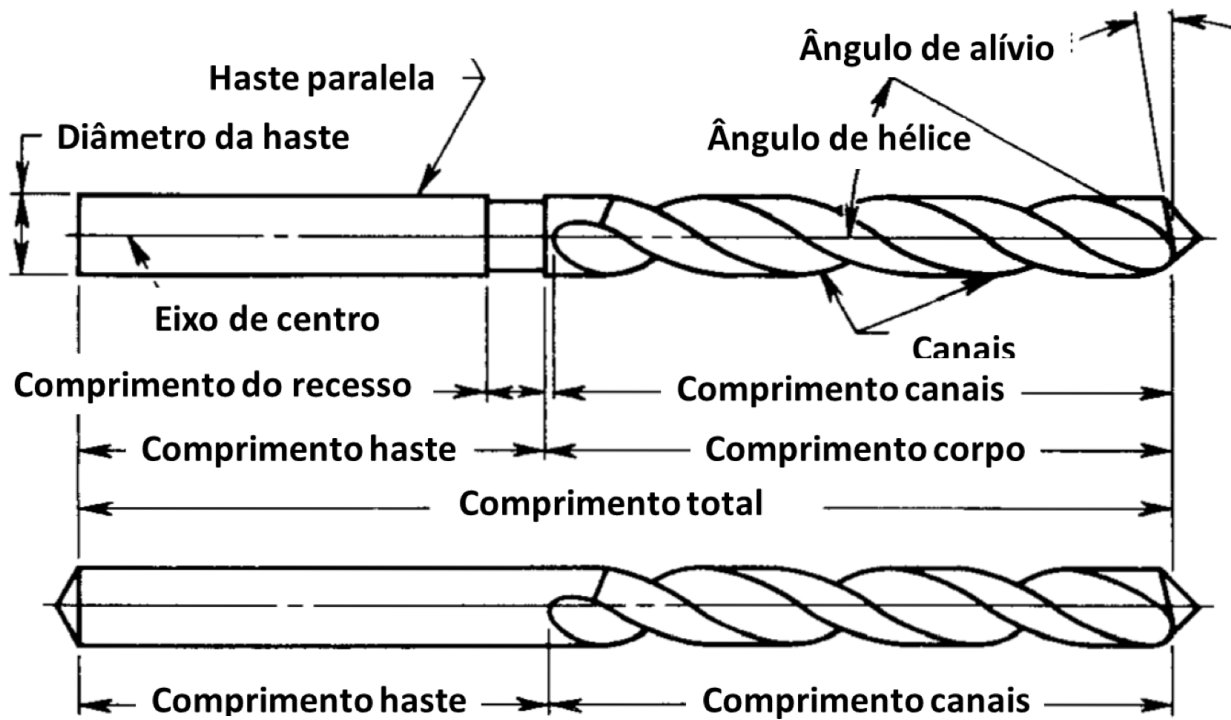
# Furação – Operações especiais

## Furação por interpolação helicoidal



# Furação - Ferramentas

Broca helicoidal de haste paralela



Recesso  
Haste em cone Morse

# Furação – Tipos de Ferramentas



Broca com 3 facas



Broca com 4 facas



Broca do tipo espada



Broca haste longa



Broca rígida



Haste cone morse

# Furação - Ferramentas

---

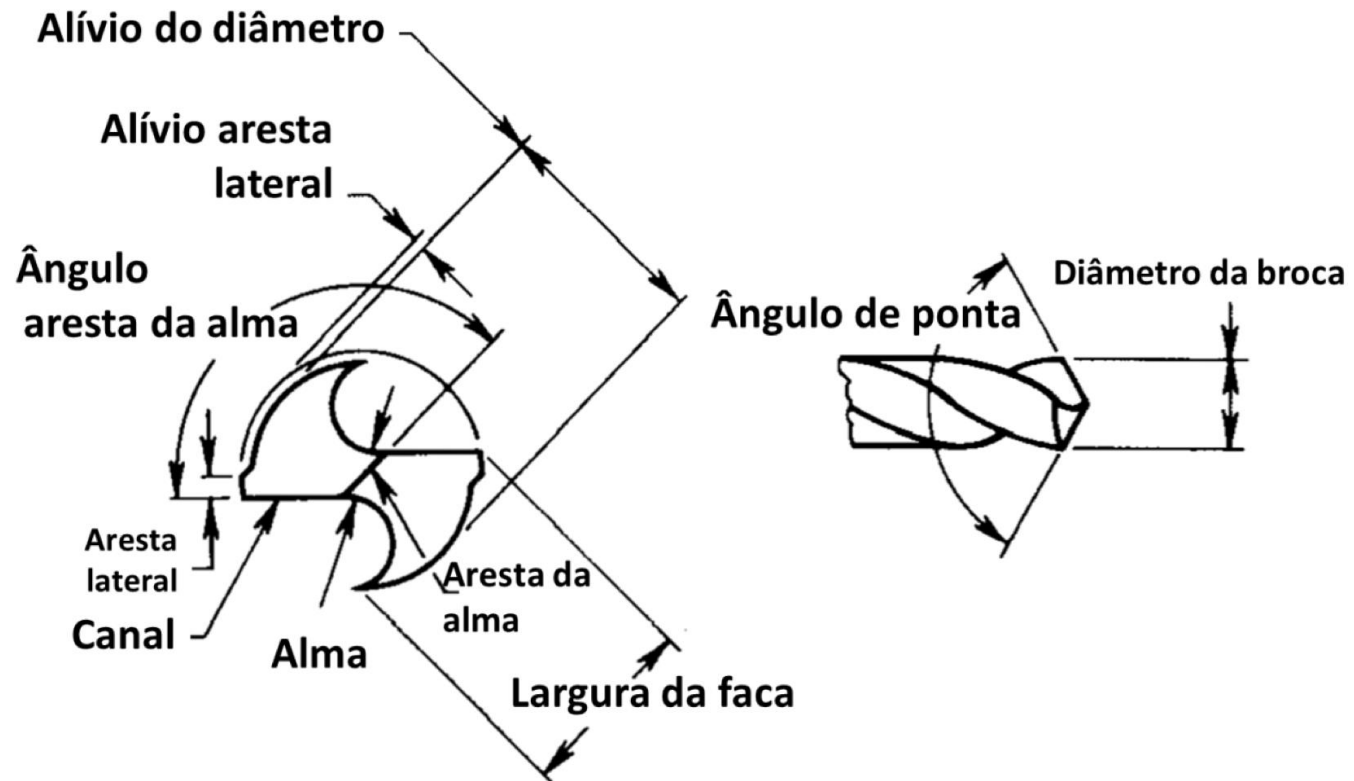
Borcas com inserts intercambiáveis



# Furação - geometria das aresta de corte



EESC-USP

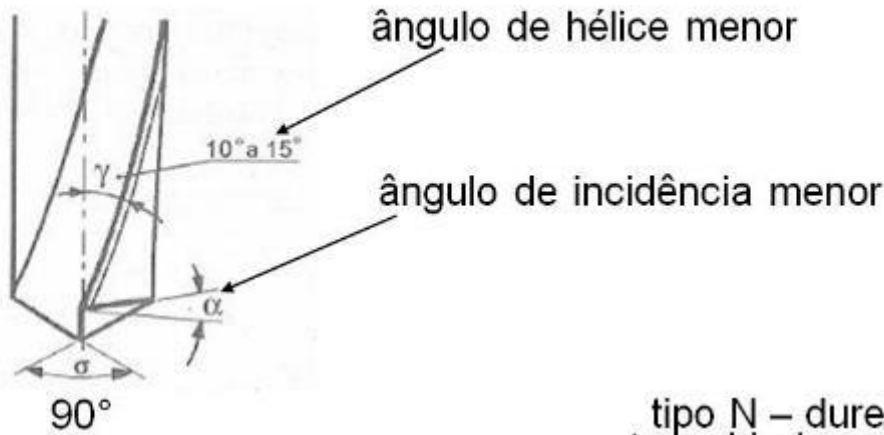


Geometria típica de uma broca helicoidal

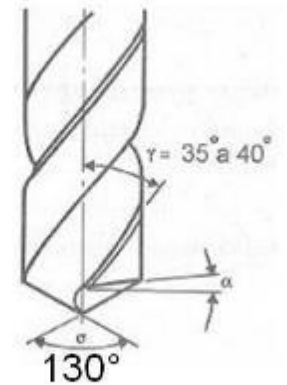


# Furação - geometria das aresta de corte

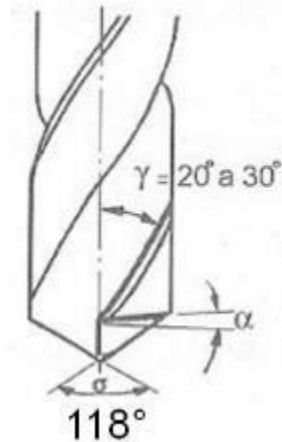
tipo H – materiais duros e tenazes



tipo W – macios cavaco longo



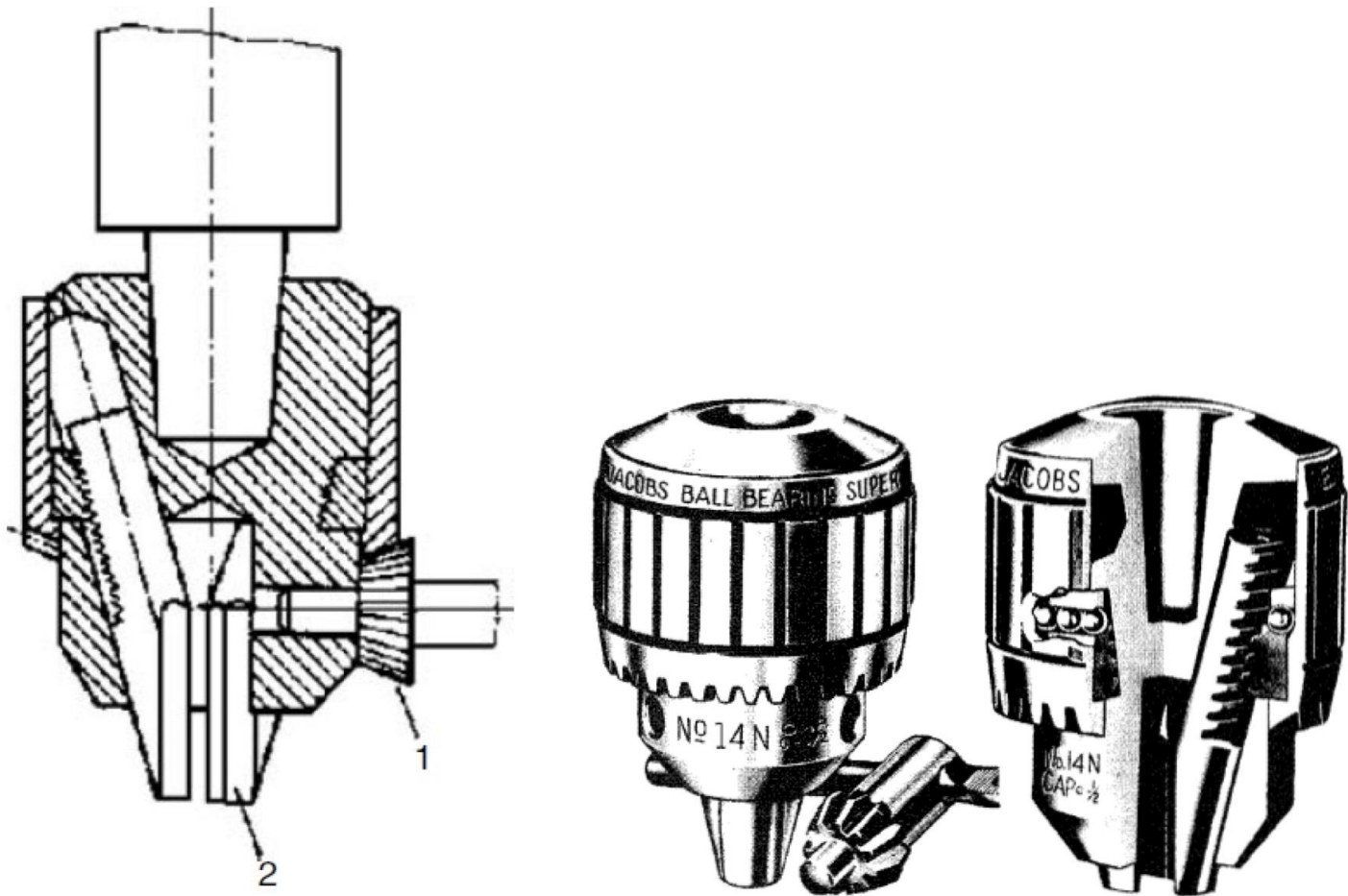
tipo N – dureza e tenacidade normais



mais barata \$\$

ângulo de ponta maior

# Furação – Fixação das Ferramentas

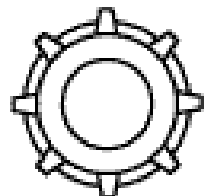


Mandril de fixação

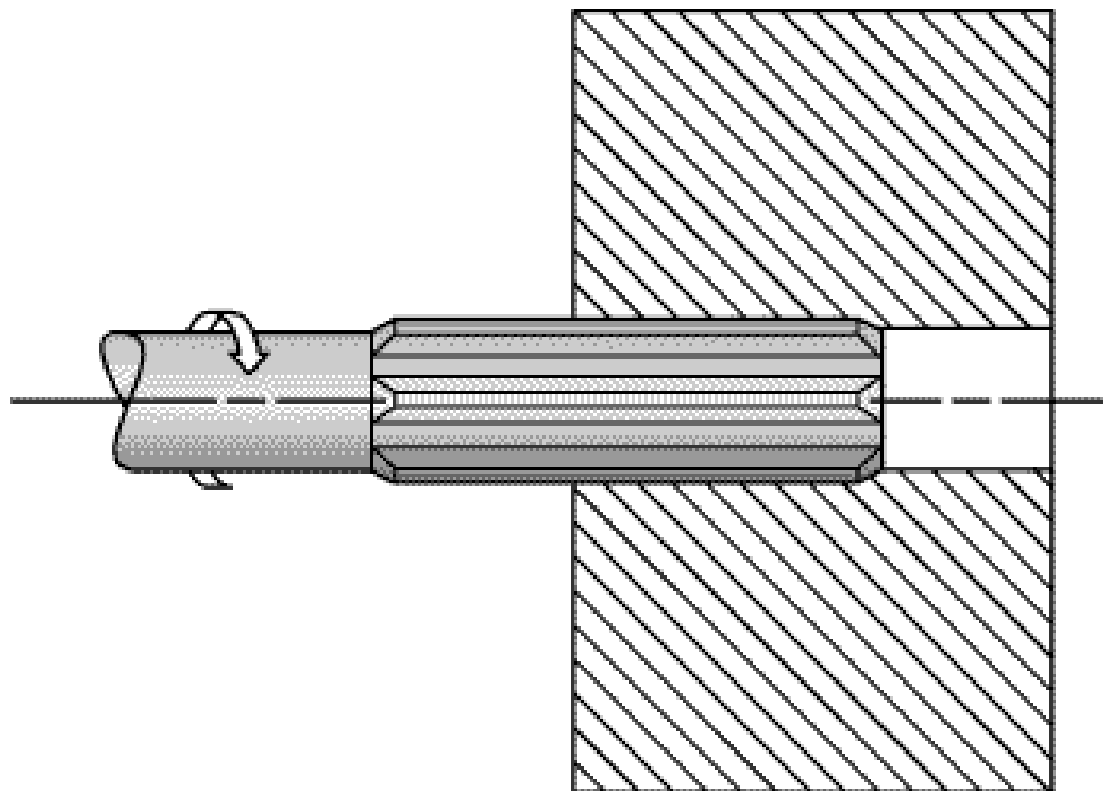


# Alargamento

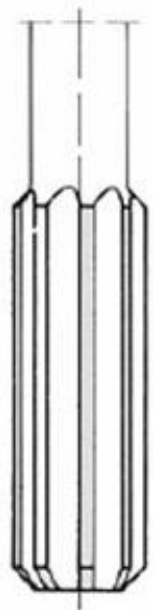
---



END VIEW  
OF REAMER



# Alargamento - Ferramentas



Canais retos



Canais retos com entrada  
helicoidal à esquerda



Canais helicoidais  
à direita ( $\approx 10^\circ$ )



Canais helicoidais  
à esquerda ( $\approx 10^\circ$ )



Canais helicoidais  
à esquerda para  
desbaste ( $\approx 45^\circ$ )

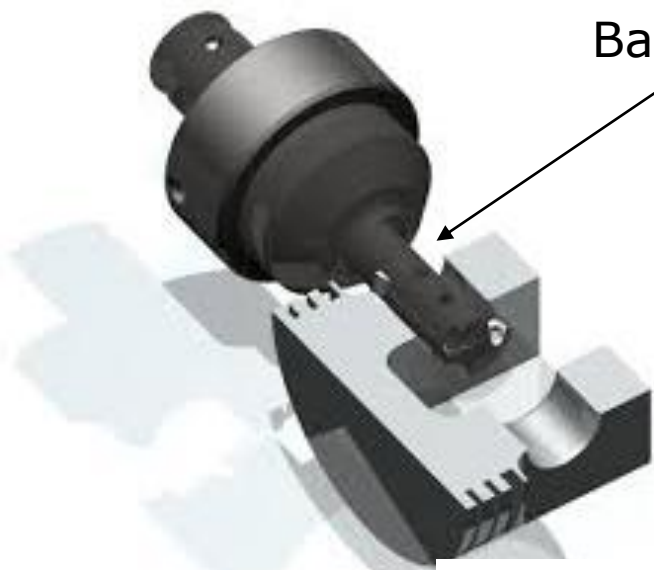
# Alargamento - Ferramentas



Alargador expansivo manual

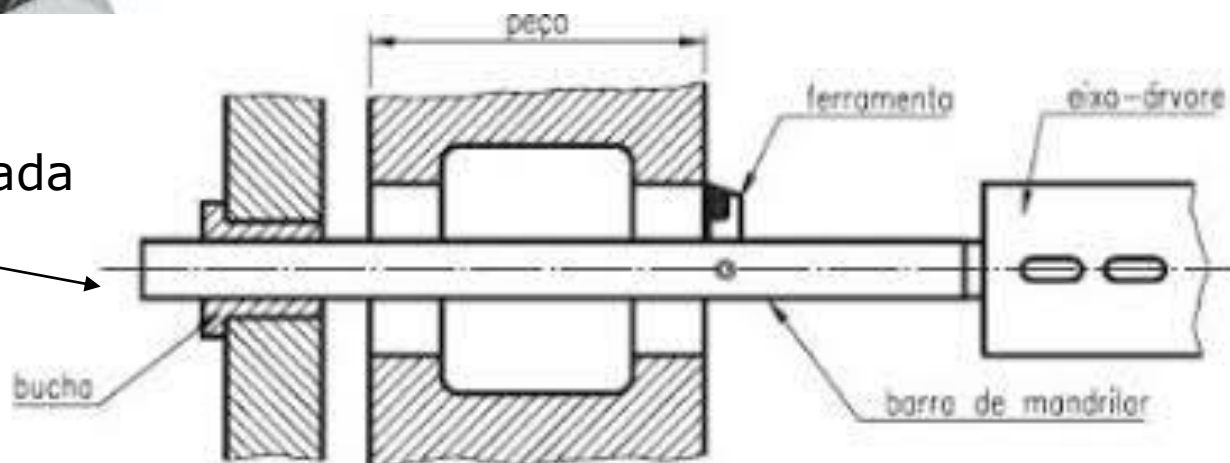


# Mandrilamento - Operações

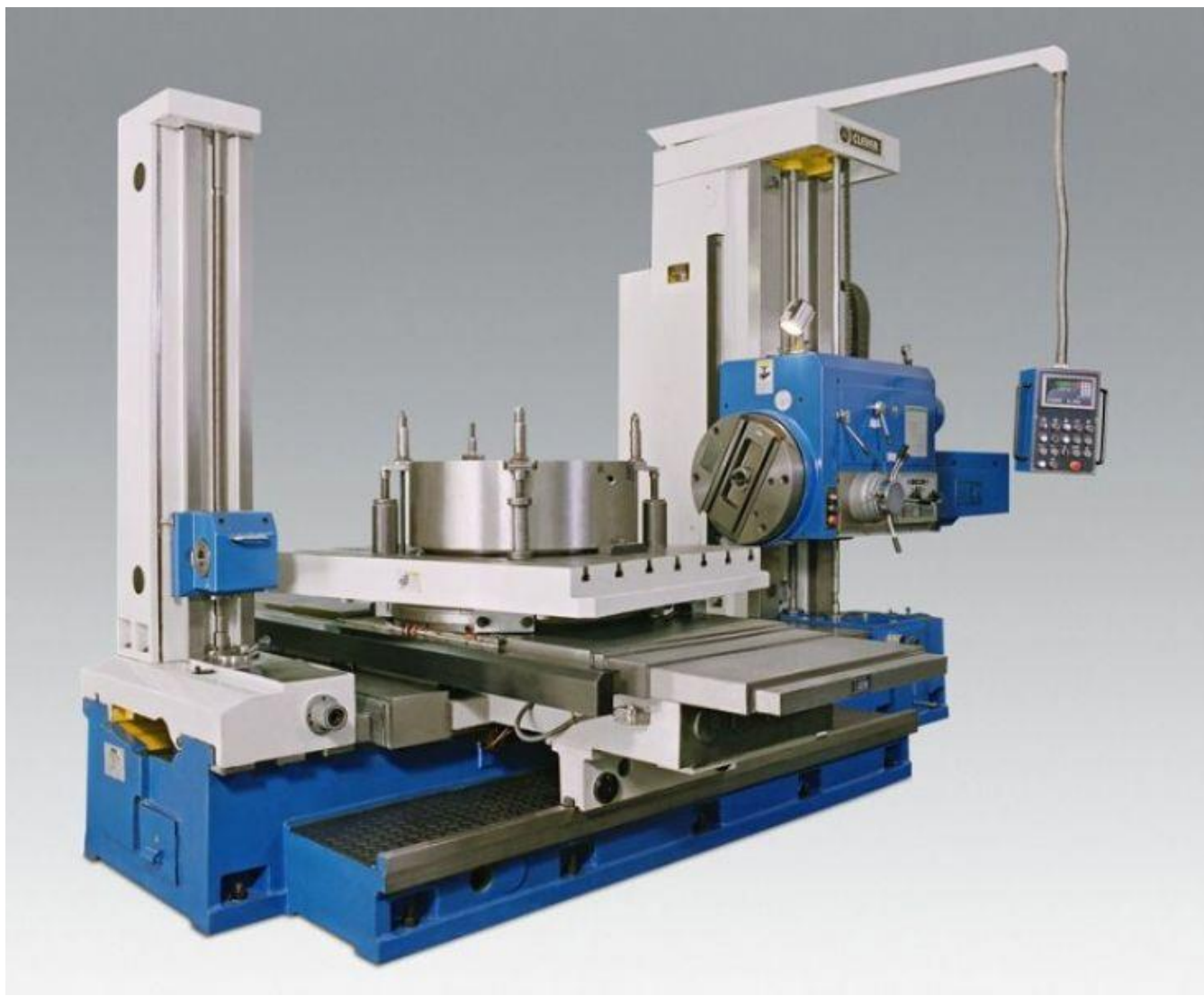


Barra de mandrilar em balanço

Barra de mandrilar apoiada



# Mandrilamento - máquinas



# Mandrilamento - Ferramentas



Cabeçotes expansivos para mandrilamento

# Planejamento de processos - Detalhamento



Plano de Processo de Fabricação (Macro)¶  
SEP-285 — Práticas em Processos de Produção¶

Form-PP1¶

Código peça¶		Denominação da peça¶	Data¶			
Código peça em bruto¶	Especificação peça em bruto¶					
Código conjunto¶	Denominação conjunto¶	volume produção da peça¶				
<u>Processista (aluno)¶</u>		Equipe-(a)¶				
<b>OP¶</b>	<b>Descrição Operação<sup>(b)</sup>¶</b>		<b>Máquina¶</b>	<b>TP¶</b>	<b>TH¶</b>	<b>TM¶</b>
¶	¶		¶	¶	¶	¶
¶	¶		¶	¶	¶	¶
¶	¶		¶	¶	¶	¶
¶	¶		¶	¶	¶	¶

# Planejamento de processos - Detalhamento



Plano de Operações [1]  
SEP-285 -- Práticas em Processos de Produção [1]

Form-PP2 [1]



Código peça <sup>α</sup>	Denominação da peça <sup>α</sup>	data <sup>α</sup>		
Código peça em bruto <sup>α</sup>	Especificação da peça em bruto <sup>α</sup>			
Código do conjunto <sup>α</sup>	Denominação do conjunto <sup>α</sup>	Volume de produção da peça <sup>α</sup>		
OP <sup>α</sup>	Processista (aluno) <sup>α</sup>	Equipe (a) <sup>α</sup>		
	Descrição da Operação <sup>α</sup>	Máquina <sup>α</sup>		
S-OP <sup>α</sup>	Descrição sub- <u>operação</u> (a) <sup>α</sup>	ferramental (b) <sup>α</sup>	condições (c) <sup>α</sup>	T (d) <sup>α</sup>
1				
2				
3				
4				
5				



# Planejamento de processos - Detalhamento



Croquis de Operação e Sub-Operações  
SEP-285--Práticas em Processos de Produção

Form-PP3

+		código peça	denominação da peça	data
		Código peça em bruto	Especificação da peça em bruto	
		Código do conjunto	Denominação do conjunto	Volume de produção da peça
OP		Processista (aluno)		Equipe (a)
		Descrição da Operação		Máquina
S-OP		Croquis Sub-Operação		
1 2 3 4 5 6 7 8				

# Planejamento de processos - Detalhamento



EESC-USP

SIMBOLOGIA PARA CROQUIS RESPECTIVOS ÀS FIXAÇÕES DE PEÇAS EM MÁQUINAS

- |  |                         |  |                                  |
|--|-------------------------|--|----------------------------------|
|  | Fixação rígida          |  | Ponto e contra-ponto             |
|  | Apoio em face           |  | Fixação por dentes de engrenagem |
|  | Localização por eixo    |  | Centro de arraste                |
|  | Placa e pino de arraste |  |                                  |

Technology type Type of surface	Type of contact on surface Function of technological element	Projections							
Function	Symbol	support	complete	free					
Exact positioning Datum origin Definition of axis	surface Triangle black								
Clamping of part Prepositioning Opposition against vibrations and deformations	surface Triangle white								
Nature of surface	Symbol								
Surface machined		one line							
Surface raw		two lines							
Technological type	Symbols								
Fixed support									
Fixed centering									
System with clamping									
System with concentric clamping									
Irreversible fixed support									
Reversible support									
Sliding positioning									
Nature of contact	flat	curved	serrated	free	pan	swing bar	vee	fixed center	tuning center
Symbol									