

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO:

- Apresentação dos processos de fabricação em metal-mecânica:
- Teoria de Usinagem de operação e acabamento
- Processo de Torneamento, Fresamento, Furação, Retificação, Brunimento, aplainamento, serramento,, alargamento, mandrilamento, roscamento, denteamento, brochamento, processos abrasivos.
- Processos de conformação dos metais
- Teoria da Soldagem processos e suas aplicações: tipos de processos de soldagem mais utilizados nas indústrias de transformação (TIG, MIG, MAG, Arco Submerso e Oxicorte).
- Processos de fundição.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA:

FERRARESI, D. – Fundamentos da Usinagem dos Metais. – São Paulo: MM Editora, 1995

ANSELMO, E. D.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N.L. – Tecnologia da Usinagem dos Materiais – 6ª edição, Editora ArtLiber.

RESENDE, M.O. – Princípios de Processos de Produção – São Carlos Vol. I, 1992

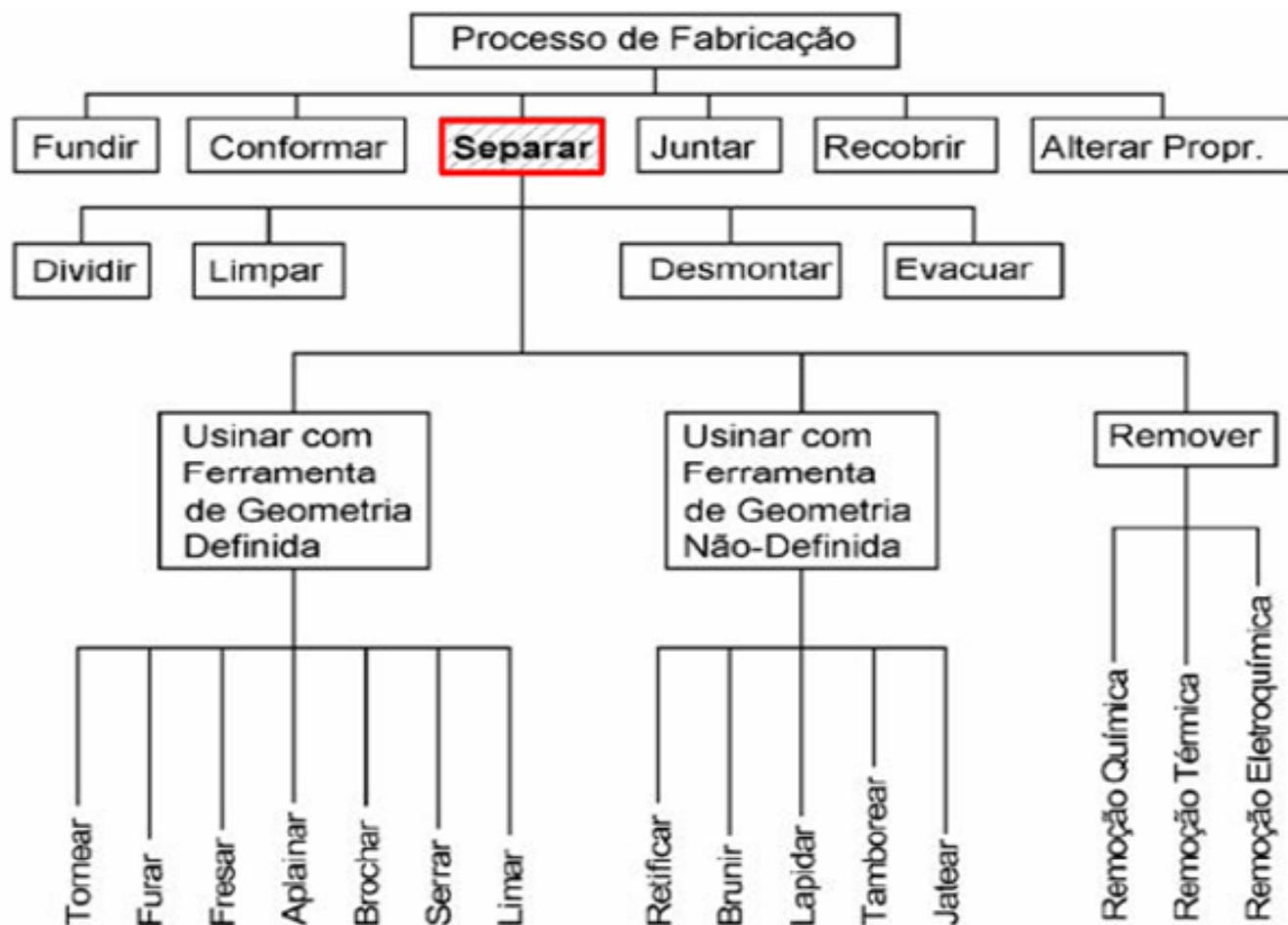
RESENDE, M.O. – Princípios de Processos de Produção – São Carlos Vol. II, 2001

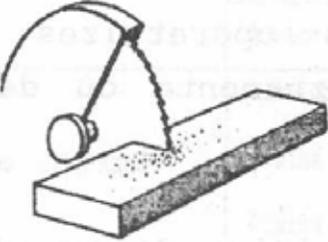
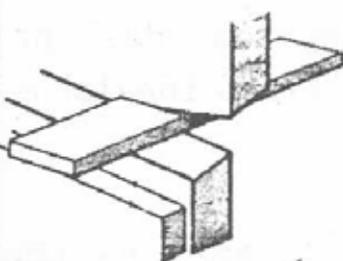
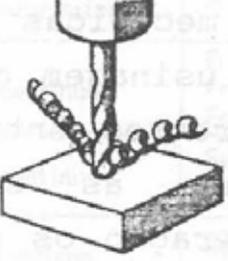
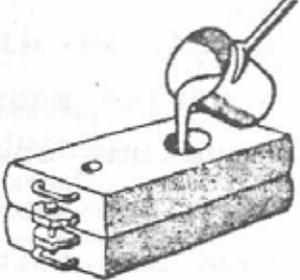
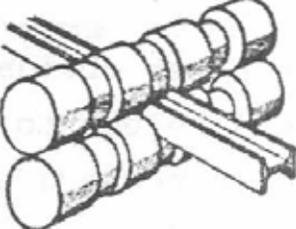
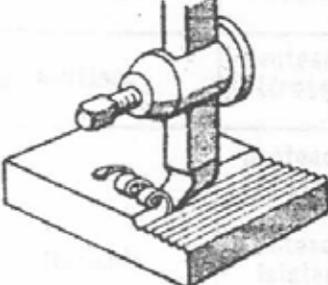
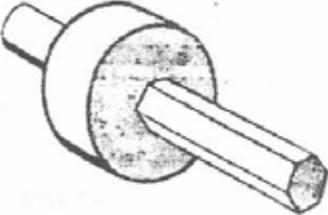
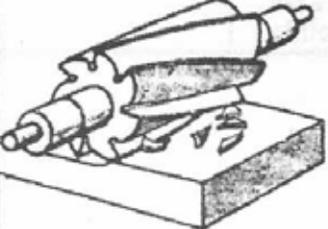
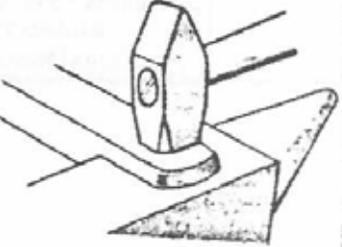
RESENDE, M.O. – Princípios de Processos de Produção – São Carlos Vol. III, 1997

ALTAN e GEGEL – Conformação de metais : fundamentos e aplicações – EESC - USP, 1999.

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

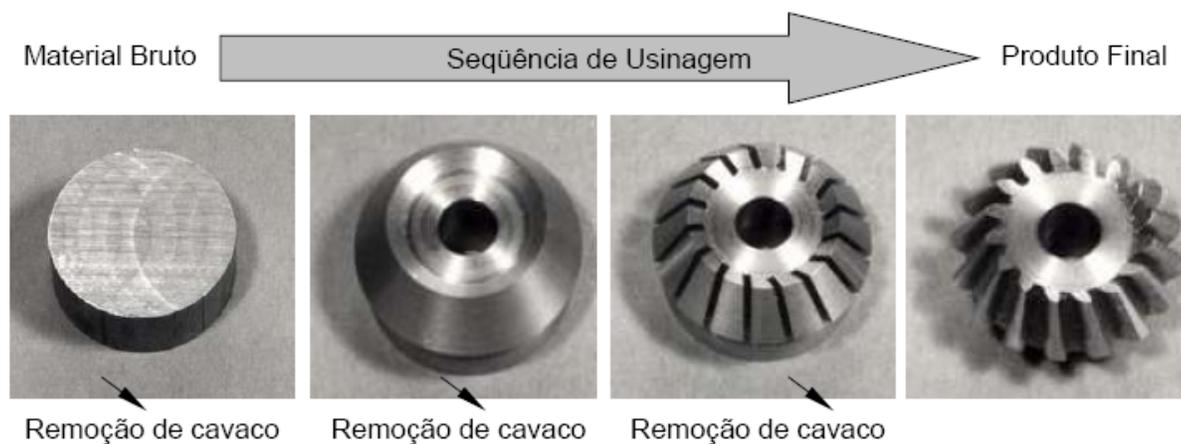
Operações (mecânicas, elétricas, químicas, etc) para conferir à peça as suas características de forma, ou dimensão ou acabamento ou ainda uma combinação qualquer destes três itens



COM ARRANCAMENTO DE CAVACO			SEM ARRANCAMENTO DE CAVACO
	SERRAR	CORTAR	
	FURAR	FUNDIR	
	TORNEAR	LAMINAR	
	PLAINAR	TREFILAR	
	FRESAR	FORJAR	

CAVACO: porção de material da peça retirada pela ação da ferramenta de corte

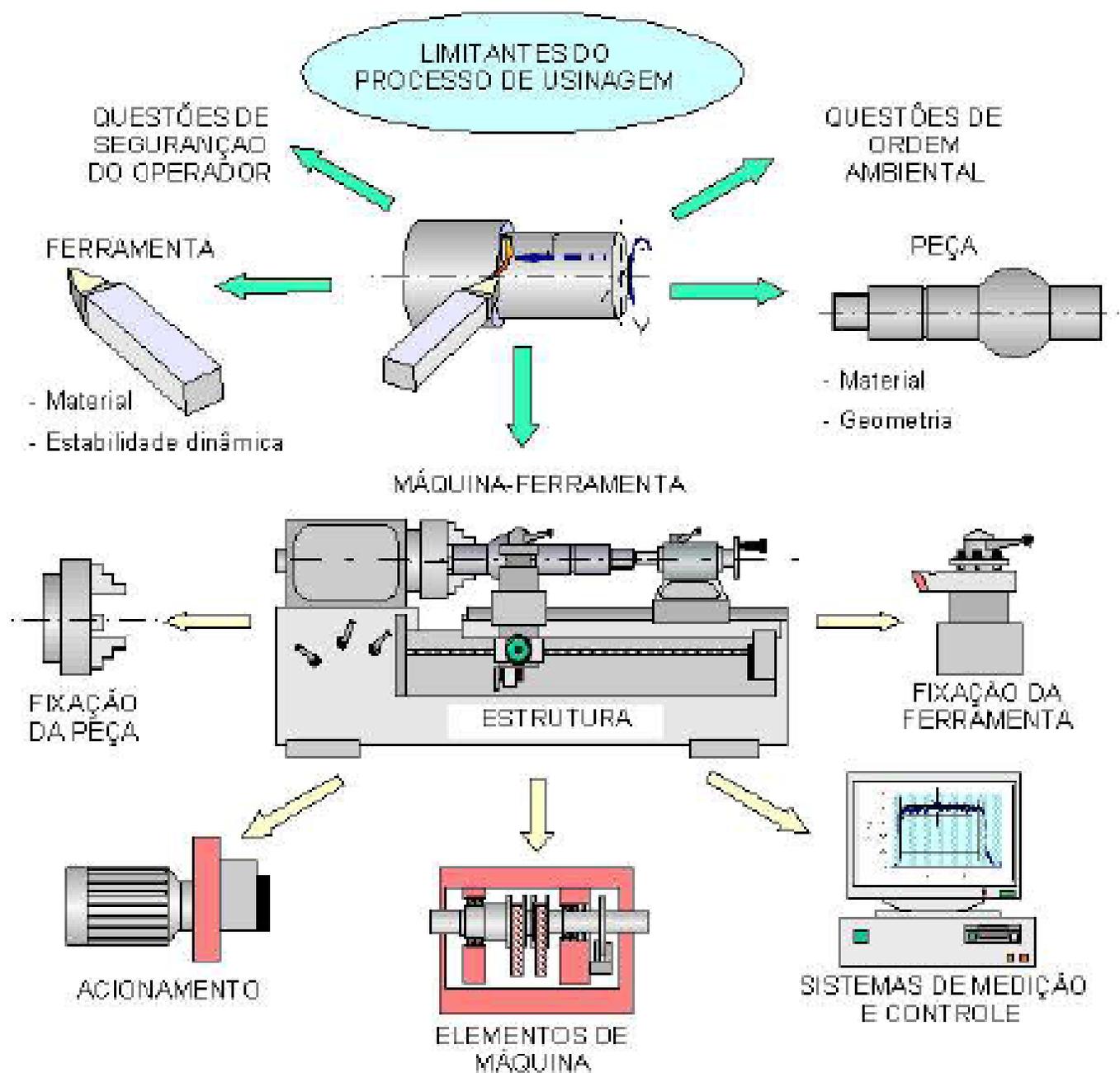
Usinagem



Importância da usinagem na industria metal mecânica



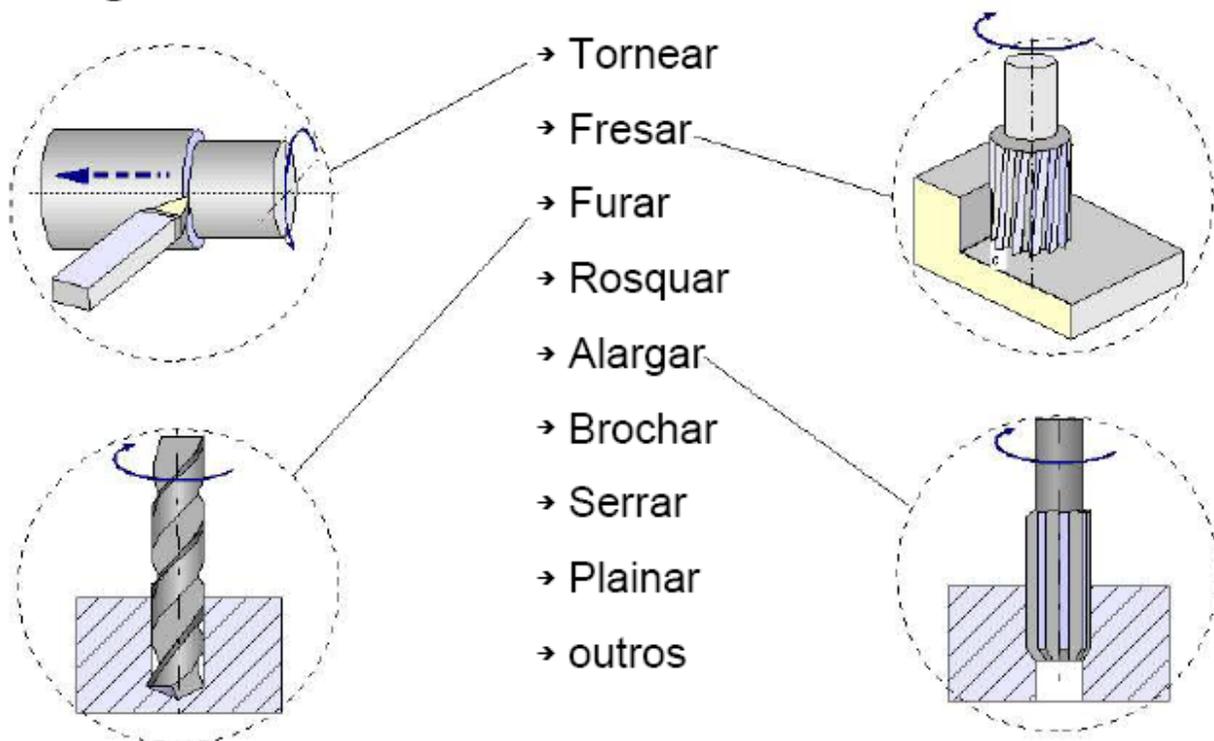
A maior parte de todos os produtos industrializados em alguma de suas etapas de produção sofre algum processo de usinagem



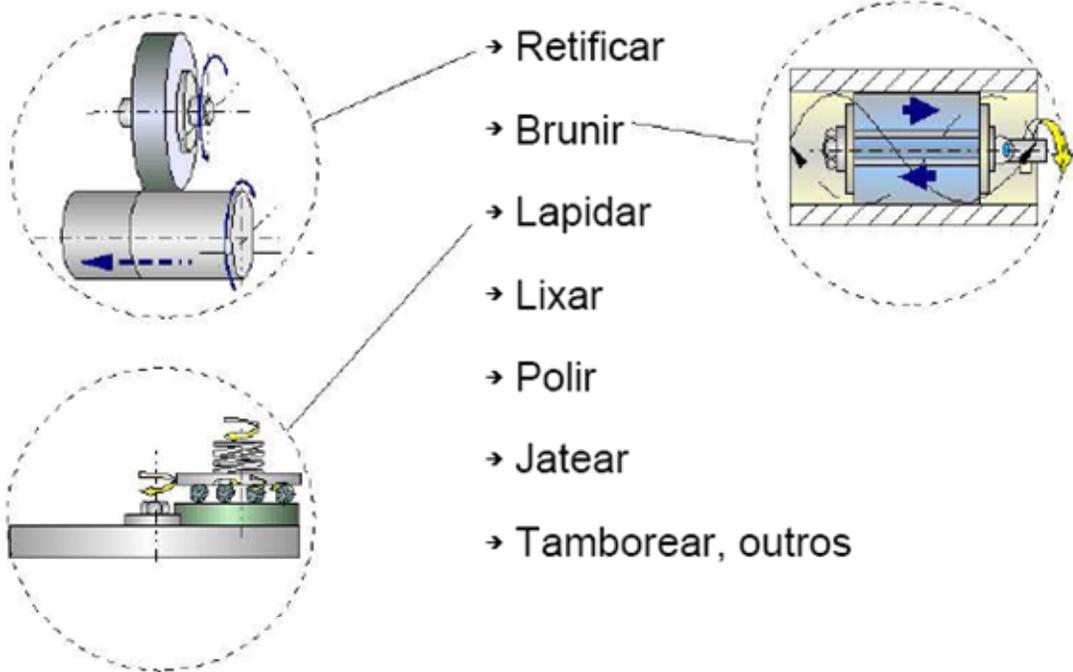
Os processos de usinagem são classificados da seguinte forma:

- Usinagem com Ferramenta de Geometria Definida
- Usinagem com Ferramentas de Geometria Não Definida
- Usinagem por Processos Não Convencionais

- Usinagem com Ferramenta de Geometria Definida

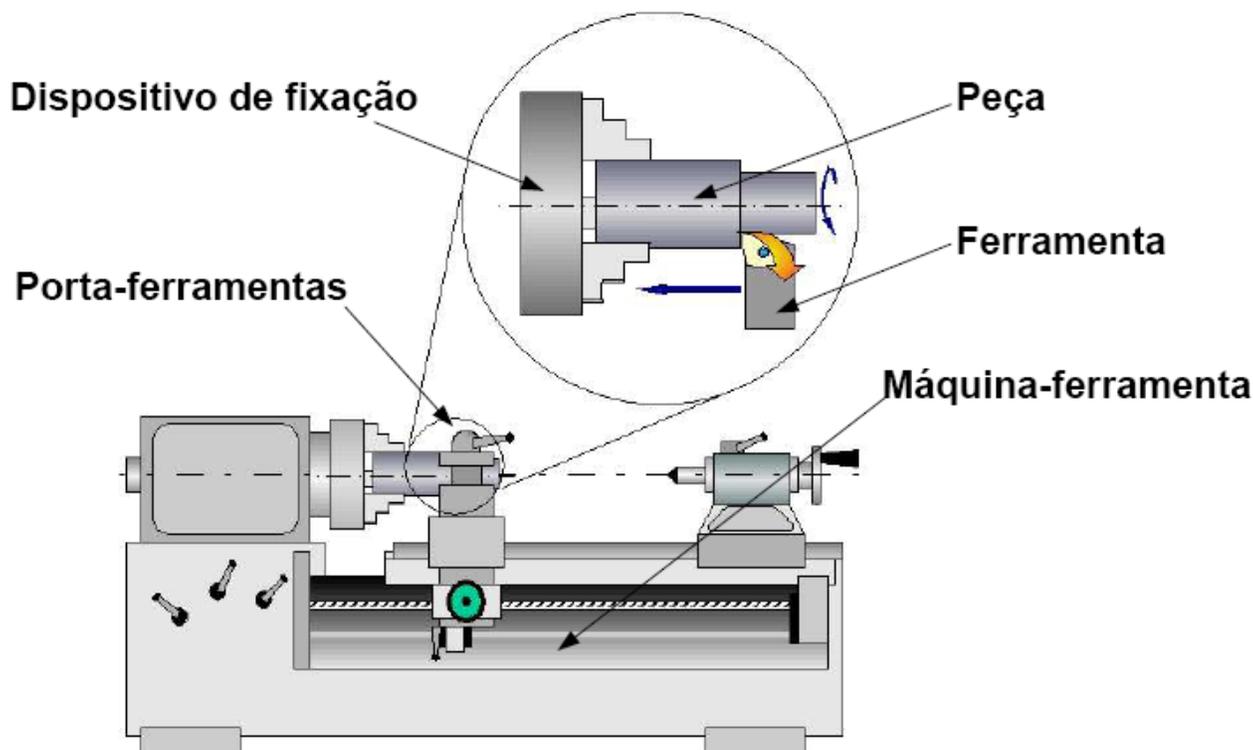


- Usinagem com Ferramentas de Geometria não Definida



- Usinagem por Processos Não Convencionais

- Remoção térmica
- Remoção Química
- Remoção Eletroquímica
- Remoção por ultra-som
- Remoção por jato d'água, outros



- **Peça** – Tudo aquilo que irá sofrer uma operação de usinagem
- **Dispositivo de fixação** – local onde será fixada a peça
- **Ferramenta** – tudo o que realiza uma operação de usinagem
- **Porta-ferramenta** - dispositivo destinado a fixar a ferramenta
- **Máquina-ferramenta** – elemento que proporcionará os movimentos, velocidade, avanço e a força necessária ao processo de usinagem

Os processos de usinagem necessitam de um movimento relativo entre a peça e a ferramenta. Por convenção, será considerado que os movimentos são realizados pela ferramenta, mantendo-se a peça parada.

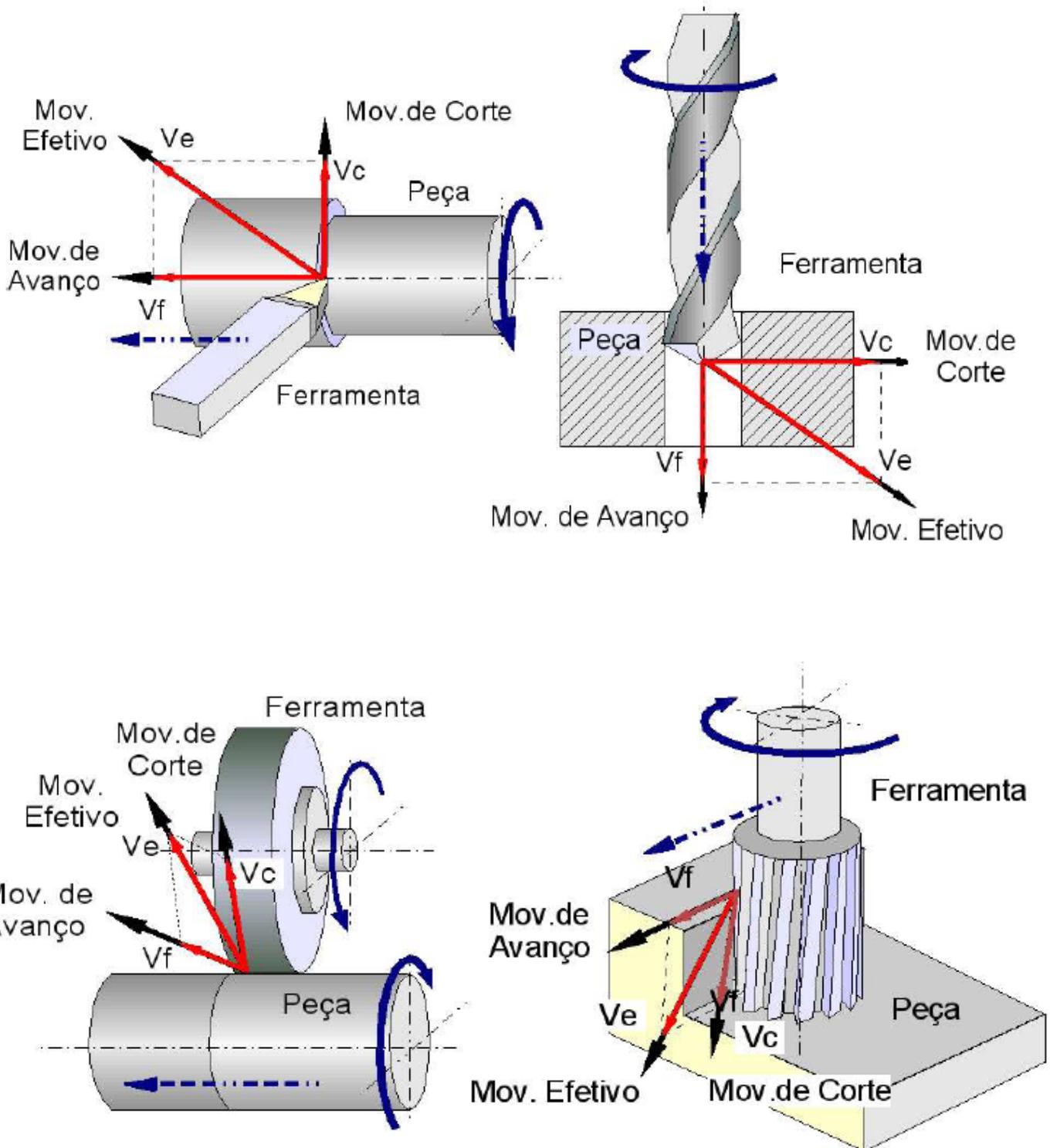
Movimentos que causam diretamente a remoção de cavaco (ativos):

- Movimento de corte: é o movimento entre a ferramenta e a peça que provoca remoção de cavaco durante um único curso ou rotações da ferramenta sobre a peça.
- Movimento de avanço: é o movimento entre a ferramenta e a peça que possibilita uma remoção contínua ou repetitiva do cavaco durante várias rotações ou cursos da ferramenta.
- Movimento efetivo de corte: é o movimento entre a ferramenta e a peça a partir do qual resulta o processo de usinagem, sendo composto pela combinação dos movimentos de corte e avanço.

Movimentos que não causam diretamente a remoção de cavaco (passivos):

- Movimento de aproximação: é o movimento em que a ferramenta se aproxima da peça antes da usinagem.
- Movimento de ajuste/profundidade: é o movimento entre a ferramenta e a peça no qual a espessura da camada de material a ser retirada é (pre)determinada.
- Movimento de correção: é o movimento de compensação entre a ferramenta e a peça para corrigir alterações no posicionamento devido a desgaste da ferramenta, variações térmicas, deformações plásticas, etc.
- Movimento de recuo: é o movimento em que a ferramenta se afasta da peça após da usinagem.

Movimentos nos processos de usinagem



- **Direção:** direção instantânea do movimento.
 - **Velocidades:** velocidade instantânea do movimento.
 - **Percurso:** espaço percorrido sobre a peça, segundo a direção de avanço durante um determinado tempo.
-
- Direção de corte, Velocidade de corte (V_c), Percurso de corte (l_c)
 - Direção de avanço, Veloc. de avanço (V_f), Percurso de avanço (l_f)
 - Direção efetiva de corte, Veloc. efetiva de corte (V_e), Percurso efetivo de corte (l_e)

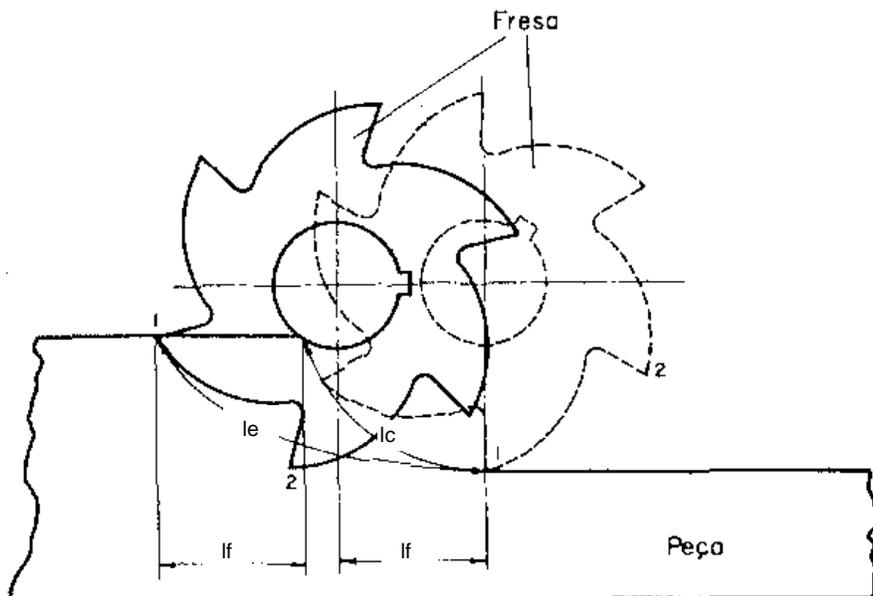


Fig – Ilustração dos percursos de corte

• **Velocidade de corte:** velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da ferramenta em torno da peça nas operações de torneamento, furação, fresamento, retificação, etc.

$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Sendo:

V_c = velocidade de corte (m/min)

d = diâmetro da ferramenta ou peça (mm)

n = rotação da ferramenta (rpm)

• **Veloc. de avanço:** produto do avanço pela rotação da ferramenta.

$$V_f = f \cdot n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d} \cdot f$$

Sendo:

V_f = veloc. de avanço (mm/min)

f = avanço (mm/volta)

• **Tempo de corte (ativo):** tempo em que o movimento de usinagem está efetivamente ocorrente (remoção de cavaco).

$$T_c = \frac{l_f}{V_f} = \frac{l_f}{f \cdot n} = \frac{\pi \cdot d \cdot l_f}{1000 \cdot f \cdot V_c}$$

• **Tempo passivo:** somatório dos demais tempos relacionados aos movimentos de usinagem.

Conceitos Auxiliares

- **Plano de trabalho**: é o plano que contém as direções de corte e de avanço (passando pelo ponto de referência da ferramenta). É neste plano que se realizam todos os movimentos que tomam parte na formação do cavaco.
- **Ângulo da direção de avanço (φ)**: é o ângulo entre a direção de avanço e a direção de corte. Pode ser constante (torneamento: $\varphi=90^\circ$) ou variável durante o corte (fresamento).
- **Ângulo da direção efetiva de corte (η)**: é o ângulo entre a direção de avanço efetiva de corte e a direção de corte. Este ângulo pode ser considerado desprezível na maioria dos casos ($h \sim 0$).

$$\tan(\eta) = \frac{\text{sen}(\varphi)}{\cos(\varphi) + \frac{V_c}{V_f}}$$

Em torneamento e furação: $\eta=90^\circ$

$$\tan(\eta) = \frac{V_f}{V_c}$$

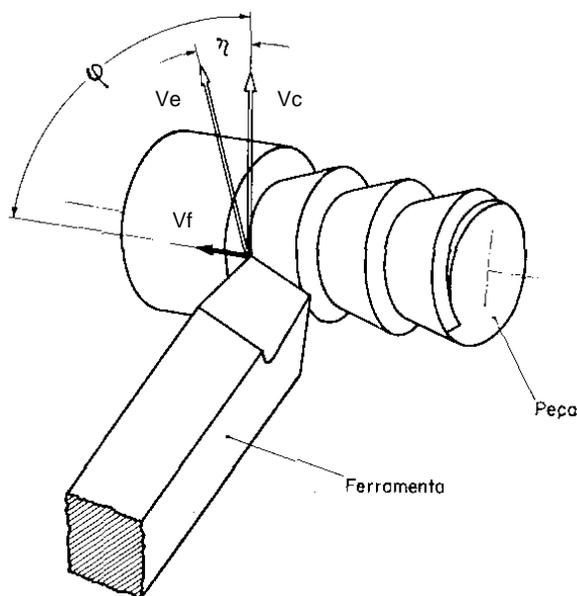


Fig – Plano de trabalho contendo os ângulos φ e η (torneamento).

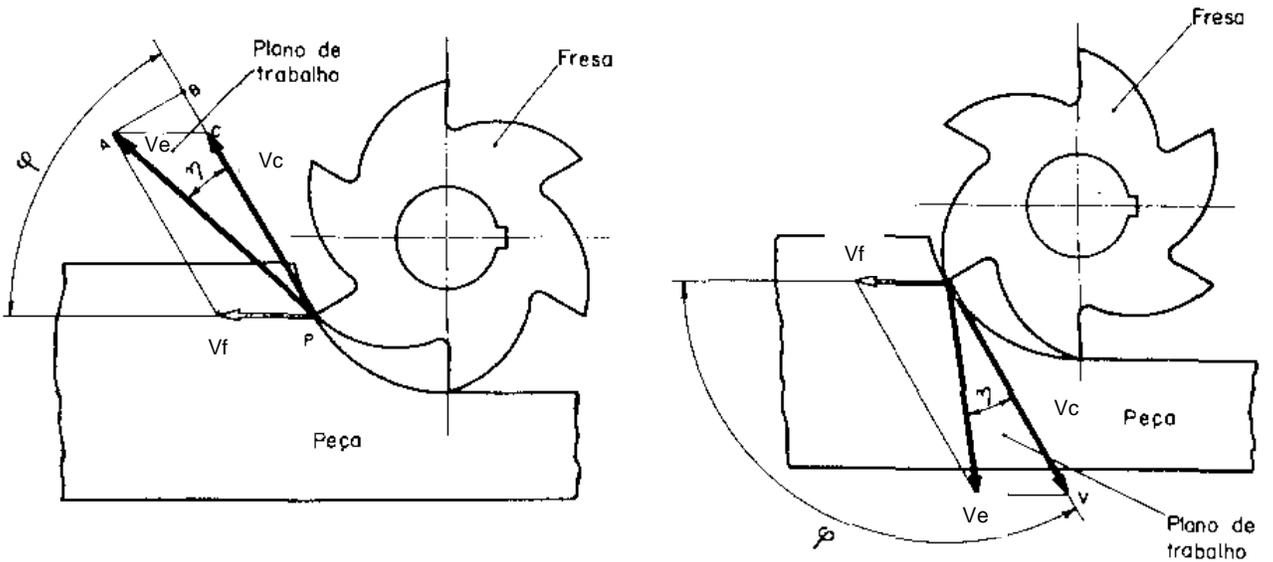


Fig – Conceitos auxiliares em fresamento tangencial.

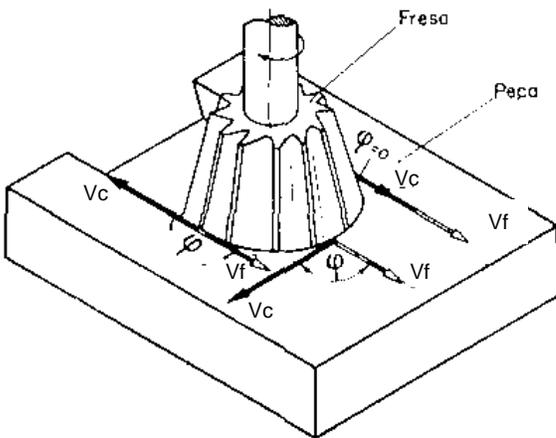


Fig – Conceitos auxiliares em fresamento frontal

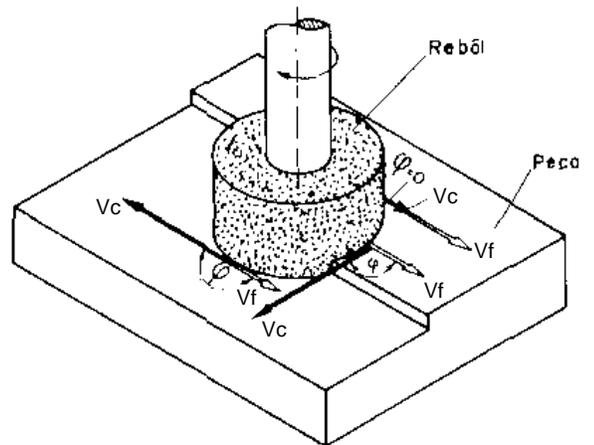
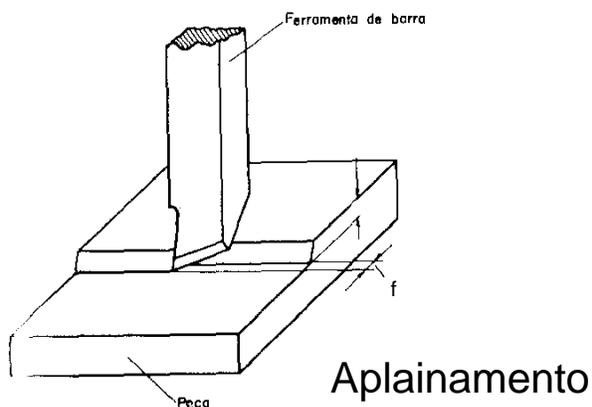
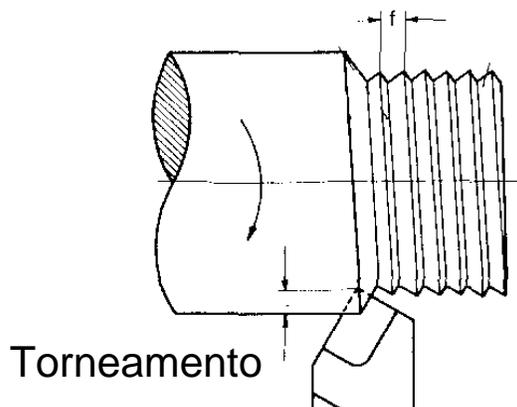


Fig – Conceitos auxiliares em retificação plana frontal

Grandezas de Avanço

- **Avanço (f)**: é o percurso de avanço em cada volta ou curso.



- **Avanço por dente (fz)**: é o percurso de avanço de cada dente, medido na direção de avanço da ferramenta.

$$fz = \frac{f}{Z}$$

Sendo:

Z = nro de dentes ou arestas de corte

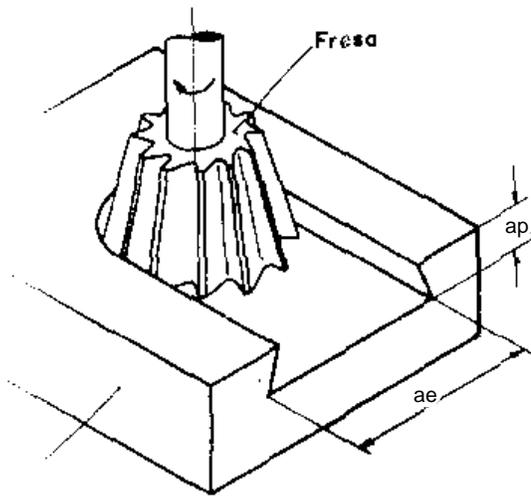
Grandezas de Penetração

- **Profundidade ou largura de corte (ap)**: profundidade ou largura de penetração da ferramenta numa direção perpendicular ao plano de trabalho.

- **Profundidade de corte**: torneamento, aplainamento, fresamento/retificação frontal
- **Largura de corte**: fresamento/retificação tangencial

Obs: Na furação, a largura de corte $ap = d/2$.

- **Penetração de Trabalho ou espessura de penetração (ae)**: espessura de corte em cada curso ou revolução, medida no plano de trabalho e numa direção perpendicular à direção de avanço. É de importância predominante no fresamento e na retificação.



Foto

Fig – Fresamento frontal.

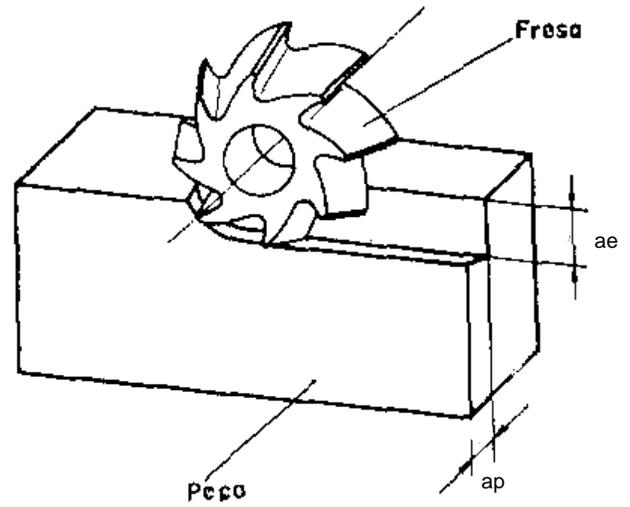


Fig – Fresamento tangencial.

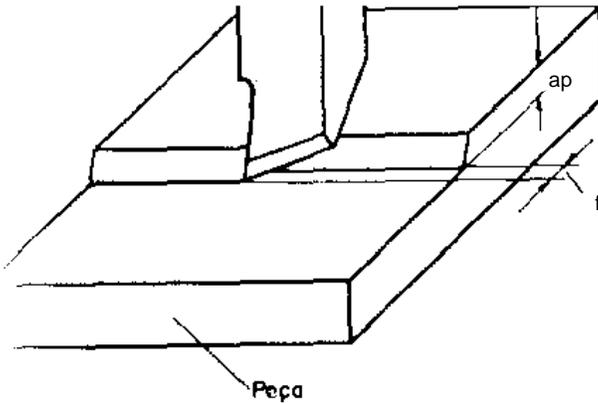


Fig – Aplainamento.

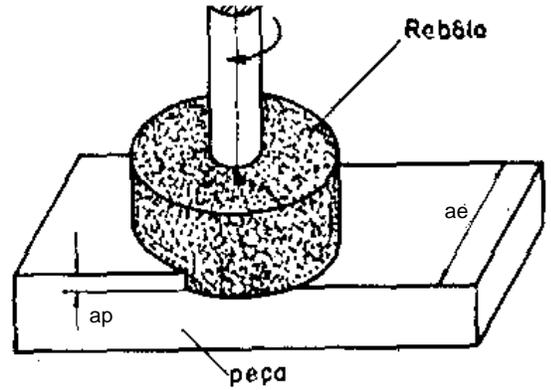


Fig – Retífica plana frontal.

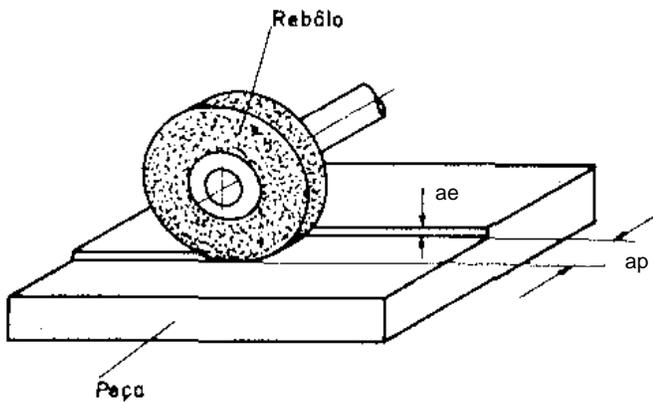


Fig – Retífica plana tangencial.

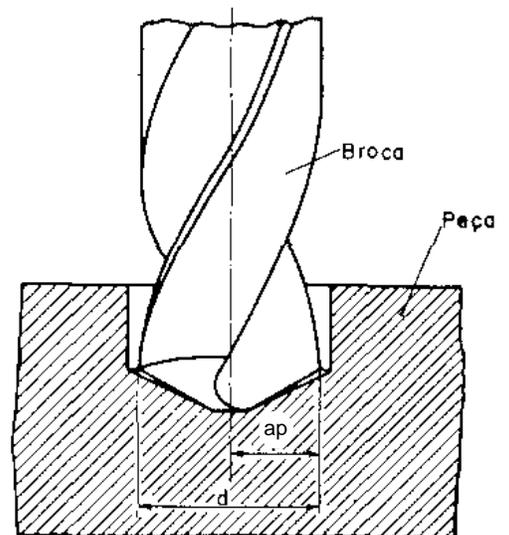
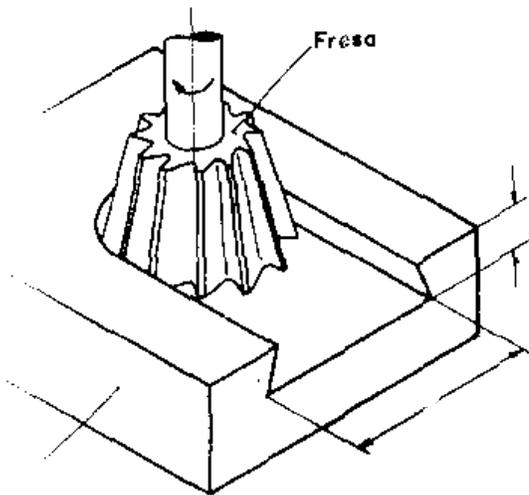


Fig – Furação.



Peça

Fig – Fresamento frontal.

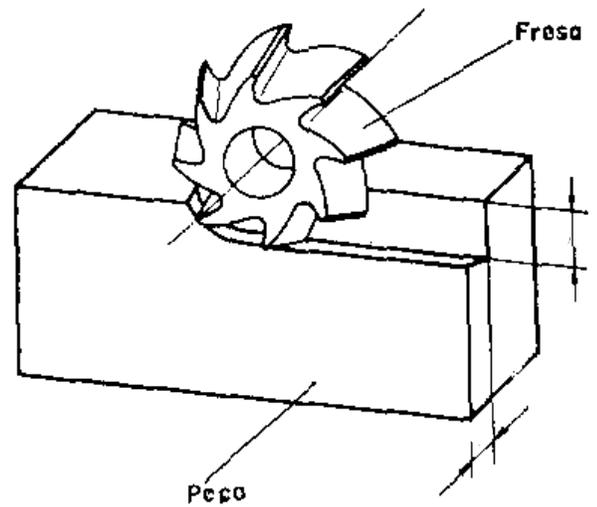


Fig – Fresamento tangencial.

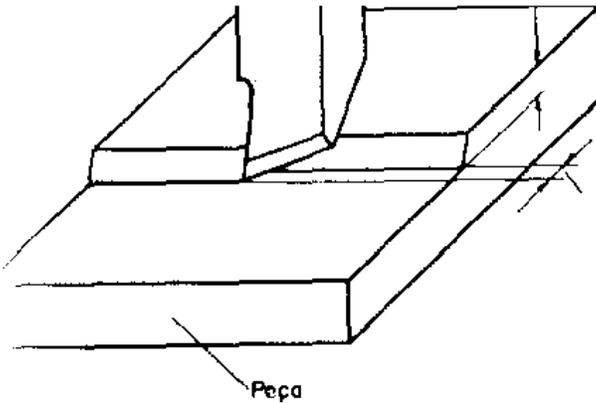


Fig – Aplainamento.

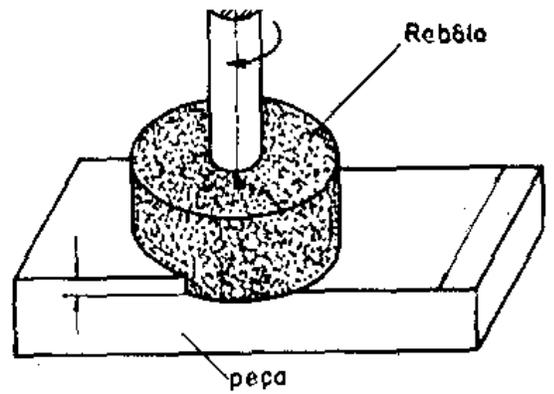


Fig – Retífica plana frontal.

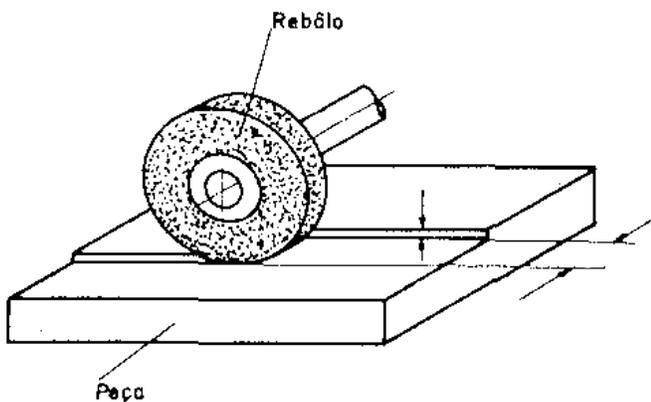


Fig – Retífica plana tangencial.

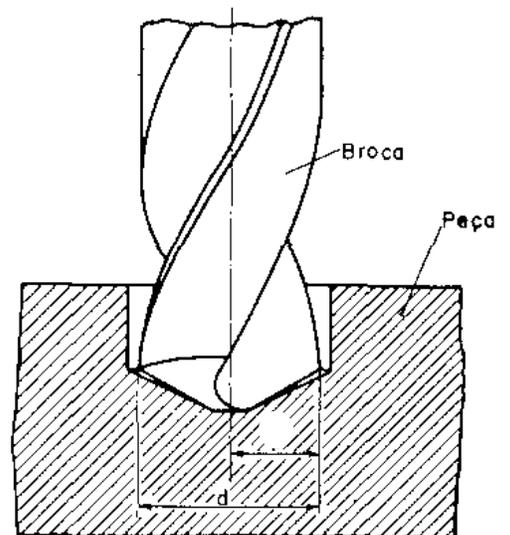


Fig – Furação.

Grandezas Relativas ao Cavaco

• **Comprimento de corte (b)**: é o comprimento do cavaco a ser retirado, medido na superfície de corte e normal à direção de corte.

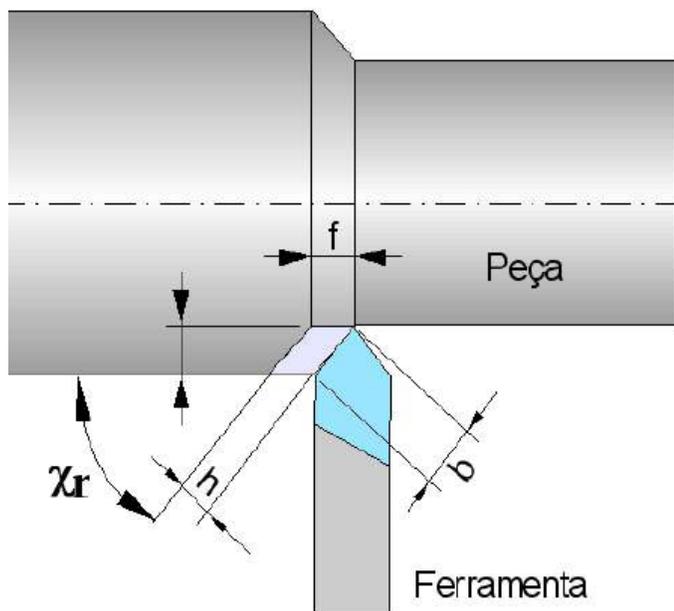
$$b = \frac{ap}{\text{sen}(\chi_r)}$$

Sendo:

χ_r = ângulo de posição da aresta de corte

• **Espessura de corte (h)**: é a espessura *calculada* do cavaco a ser retirado, medida normalmente à superfície de corte e segundo a direção perpendicular à direção de corte.

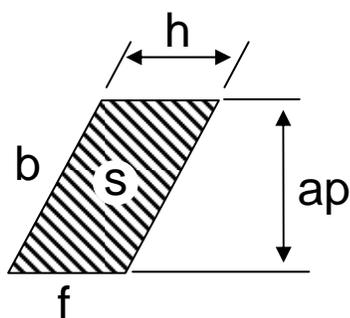
$$h = f \cdot \text{sen}(\chi_r)$$



Situação idealmente simples:

- Aresta de corte retilínea
- Ponta de corte de canto vivo

• **Área de seção de corte (s)**: é a área *calculada* da seção do cavaco a ser retirado.



$$s = b \cdot h = ap \cdot f$$