



# Complementos de Fabricação Mecânica

## PMR 3301

Profa. Izabel Machado

[machadoi@usp.br](mailto:machadoi@usp.br)



# Usinagem

## Processos de usinagem

**Usinagem** - operação que confere à peça forma, dimensões ou acabamento, ou ainda uma combinação qualquer desses três, onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco.

**Cavaco** - porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma irregular.



## Revisão dos fundamentos da usinagem

**Princípio** – com exceção dos processos não convencionais de usinagem, a remoção de material ocorre através da interferência entre ferramenta e peça. A ferramenta é constituída de um material de dureza e resistência muito superior ao material da peça.

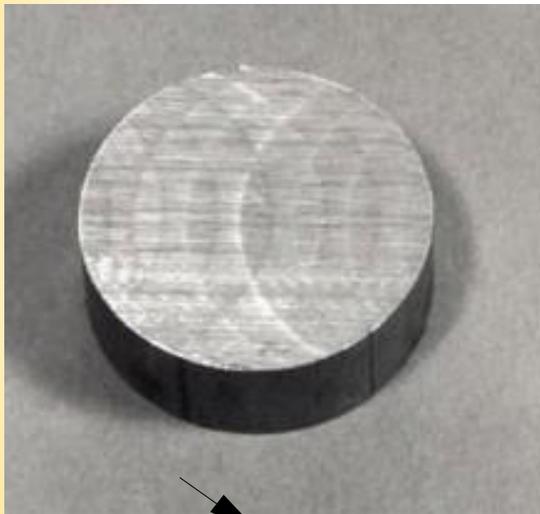
O estudo da usinagem é baseado na propriedade mecânicas e no contato (deformação, atrito) e em aspectos termodinâmicas e cinéticos ligados à transferência de calor e transformações de fase.



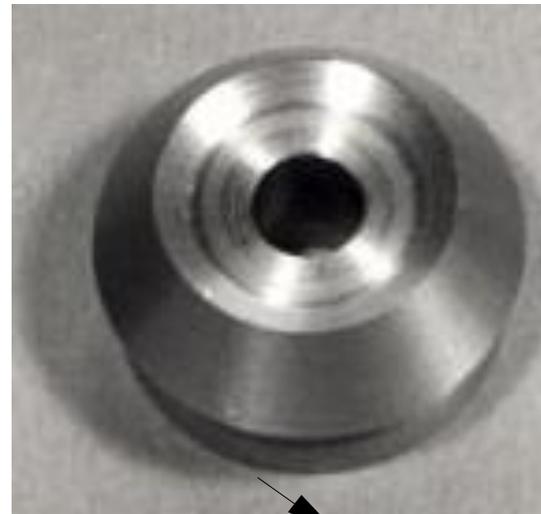
Material Bruto

Seqüência de Usinagem

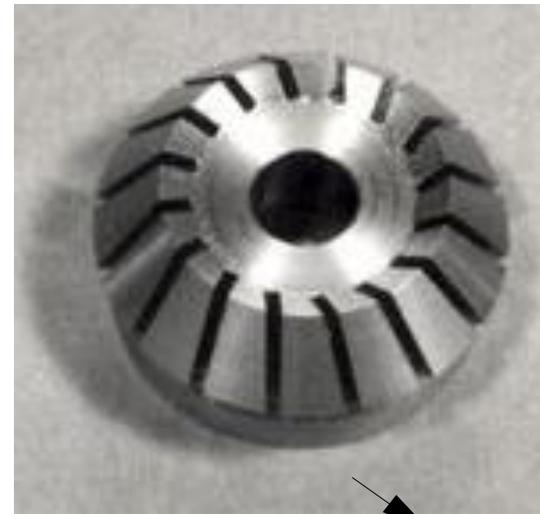
Produto Final



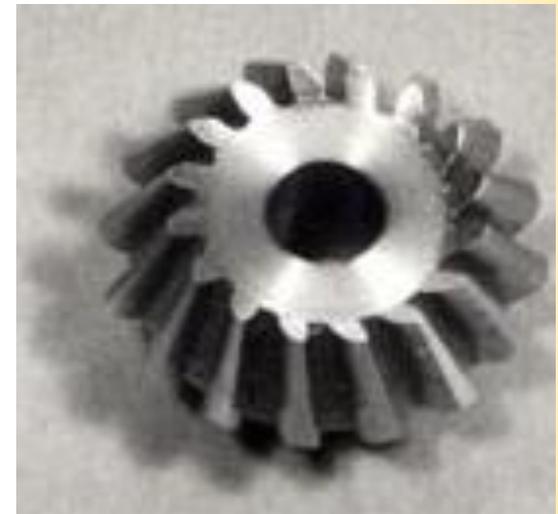
Remoção de cavaco



Remoção de cavaco

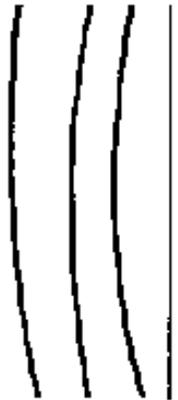
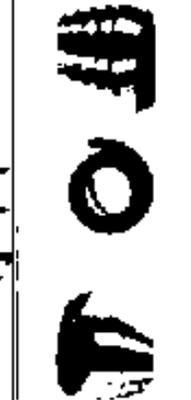
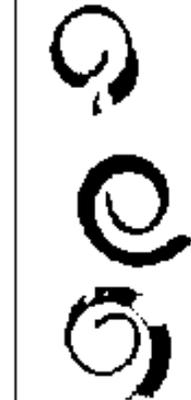


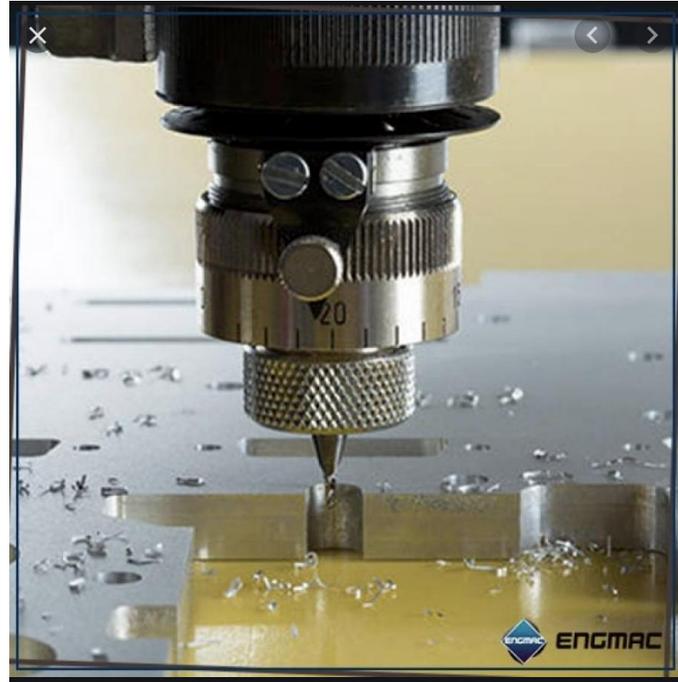
Remoção de cavaco





# Classificação dos cavacos

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FITA		HÉLICE					OUTROS		
FITA	EMARA- NHADO	HÉLICE PLANA	HÉLICE OBLÍQUA	HÉLICE LONGA	HÉLICE CURTA	HÉLICE ESPIRAL	ESPIRAL	VÍRGULA	ARRANCA DOS
									
desfavorável			médio		favorável			médio	



- 80% dos furos são realizados por usinagem
- 100% dos processos de melhoria da qualidade superficial são feitos por usinagem
- o comércio de máquinas-ferramentas representa uma das grandes fatias da riqueza mundial
- 70% das engrenagem para transmissão de potência
- 90% dos componentes da indústria aeroespacial
- 100% dos pinos médico-odontológicos

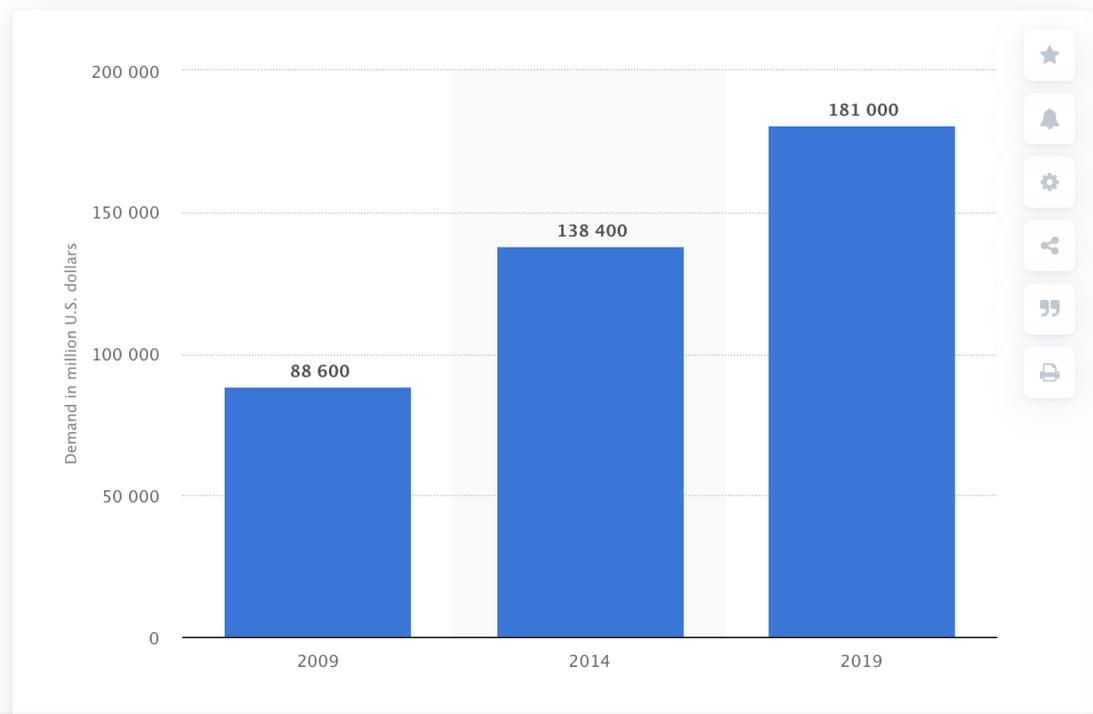
<https://www.centraldeusinagem.com.br/servicos-de-usinagem/servico-de-usinagem-de-pecas/servicos-de-micro-usinagem-abc-paulista>



Metals & Electronics > Engineering

## World machine tool demand from 2009 to 2019

(in million U.S. dollars)



<https://www.statista.com/statistics/726639/worldwide-machine-tool-demand/>

## German Machine Tool Industry - Key Figures 1st Quarter 2020

	Mill. EUR				1Q		%Change		
	2016	2017	2018	2019	2019	2020	2018	2019	1Q 2020
<b>Production total</b>	15.007	16.006	17.125	17.037	4.003	<b>3.180</b>	+7	-1	<b>-21</b>
<b>Metal working machines</b>	11.112	11.810	12.587	12.638	2.896	<b>2.265</b>	+7	+0	<b>-22</b>
<b>Metal cutting and eroding*</b>	8.169	8.806	9.347	9.596	2.309	<b>1.770</b>	+6	+3	<b>-23</b>
<b>Metal forming</b>	2.943	3.004	3.239	3.042	587	<b>495</b>	+8	-6	<b>-16</b>
<b>Parts, accessories</b>	2.540	2.753	3.032	2.881	737	<b>590</b>	+10	-5	<b>-20</b>
<b>Installation, repair, maintenance</b>	1.355	1.442	1.506	1.518	370	<b>325</b>	+4	+1	<b>-12</b>
<b>Order Intake**</b>	15.950	17.220	17.460	13.660	4.085	<b>3.057</b>	+1	-22	<b>-25</b>
<b>Domestic</b>	4.850	5.340	5.600	4.430	1.500	<b>1.170</b>	+5	-21	<b>-22</b>
<b>Foreign</b>	11.100	11.880	11.860	9.230	2.585	<b>1.887</b>	-0	-22	<b>-27</b>
<b>(excluding installation, repair, maint.)***</b>									
<b>Production</b>	13.652	14.563	15.619	15.520	3.633	<b>2.855</b>	+7	-1	<b>-21</b>
<b>- Exports</b>	9.374	10.292	10.757	9.959	2.405	<b>1.760</b>	+5	-7	<b>-27</b>
<b>= Domestic sales</b>	4.278	4.271	4.862	5.561	1.228	<b>1.095</b>	+14	+14	<b>-11</b>
<b>+ Imports</b>	3.420	3.593	4.080	3.726	969	<b>623</b>	+14	-9	<b>-36</b>
<b>= Domestic consumption</b>	7.697	7.864	8.942	9.287	2.197	<b>1.718</b>	+14	+4	<b>-22</b>
<b>Export quota (%)</b>	68,7	70,7	68,9	64,2	66,2	<b>61,6</b>			
<b>Import quota (%)</b>	44,4	45,7	45,6	40,1	44,1	<b>36,3</b>			
<b>Employment****</b>									
Average of the year	68.985	70.937	73.474	73.353	73.387	<b>71.643</b>	+3,6	-0,2	<b>-2,4</b>
March					73.367	<b>71.563</b>			<b>-2,5</b>
<b>Capacity utilization (%)</b>							<b>%-points y-o-y</b>		
Average of the year	88,0	91,6	93,9	88,4	89,4	<b>72,7</b>	+2,3	-5,5	<b>-16,7</b>
April					86,5	<b>63,5</b>			<b>-23,0</b>

**Note: production 1st quarter 2020 is estimated, production, trade and employment 2019 are revised**

- \* incl. EDM (electrical discharge machines) and Laser machines, since 2019 incl. 3D-printing machines for additive manufacturing of metal products
- \*\* Projection based on associations' statistics
- \*\*\* For better comparability of production and trade figures
- \*\*\*\* Employment: companies with >=50 employees

Sources: Federal Statistical Office, Ifo-Institute, VDMA, VDW  
VDW, German Machine Tool Builders' Association, 03.06.2020  
Bernhard Geis, Tel. 069 756081-42, b.geis@vdw.de

[https://vdw.de/wp-content/uploads/2020/06/stat\\_wizang\\_lang\\_englisch\\_2020-Q1\\_2020-06-03.pdf](https://vdw.de/wp-content/uploads/2020/06/stat_wizang_lang_englisch_2020-Q1_2020-06-03.pdf)



## Divisão dos processos de fabricação

### Usinagem com Ferramenta de Geometria Definida



Tornear



Fresar

Furar



Rosquear

Alargar

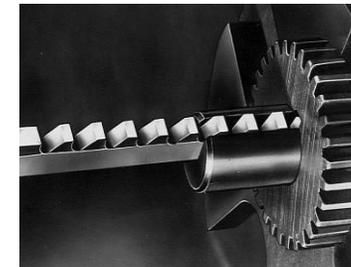


Brochar

Serrar

Plainar

outros



# Tipos de tornos



Velocidades, avanços, automação	<p><b>Universal</b></p> 	Velocidades, avanços, automação	<p><b>Automático convencional</b></p> 	Velocidades, avanços, automação	<p><b>Verticais</b></p> 
	<p><b>Revolver</b></p> 		<p><b>Automático CNC</b></p> 		<p><b>Ultraprecisão</b></p> 
	<p><b>Copiador</b></p> 		<p><b>CNC</b></p> 		<p><b>Especiais</b></p> 



# Divisão do processo de fresamento - norma DIN 8589

**Fresamento  
plano**



**Fresamento  
de geração**



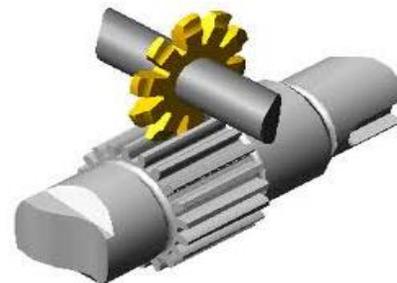
**Fresamento  
circular**



**Fresamento  
de perfil**



**Fresamento  
de forma**



**Fresamento  
de perfil  
Roscas**





## Tipos de Furadeiras

Furadeira  
elétrica  
manual



Furadeira de  
coordenadas



Furadeira  
de  
bancada



Furadeira  
de  
múltipla



Furadeira  
de coluna



Furadeira  
radial





# Divisão dos processos de fabricação

## Usinagem com Ferramentas de Geometria não Definida



Retificar

Brunir

Lapidar

Lixar

Polir

Jatear

Tamborear, outros





## Usinagem por Processos Não Convencionais

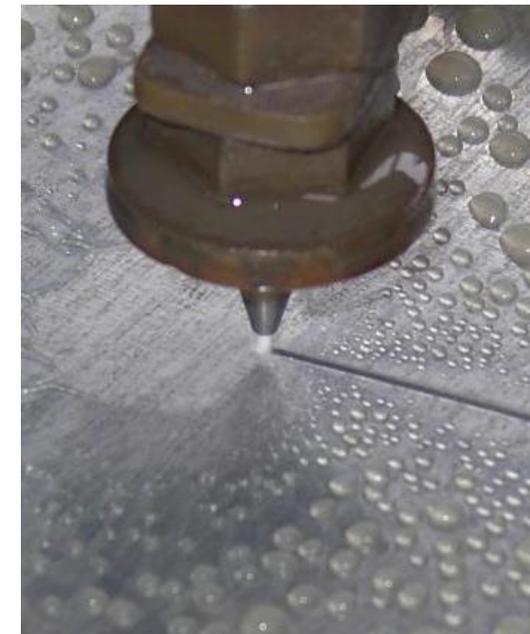
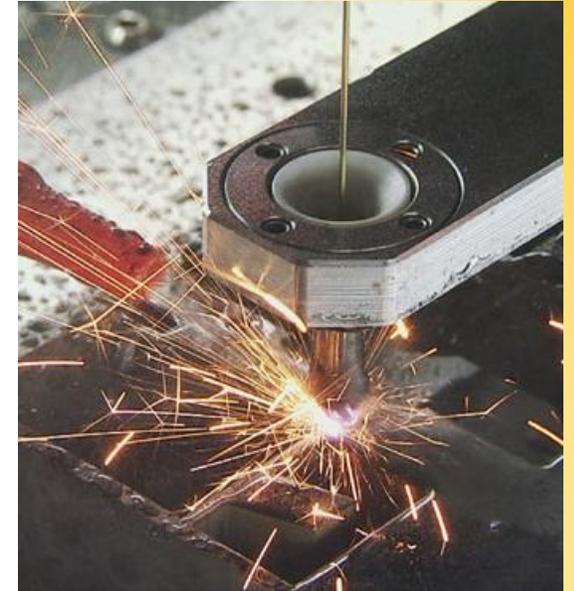
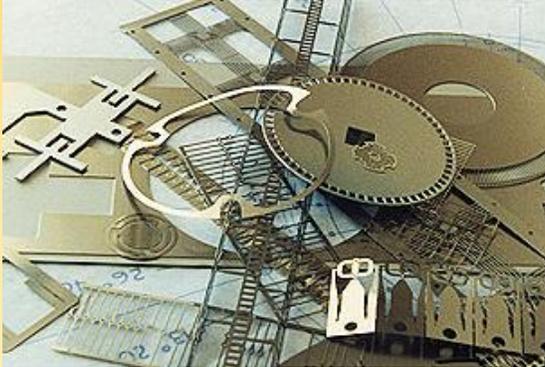
Remoção térmica

Remoção química

Remoção eletroquímica

Remoção por ultrassom

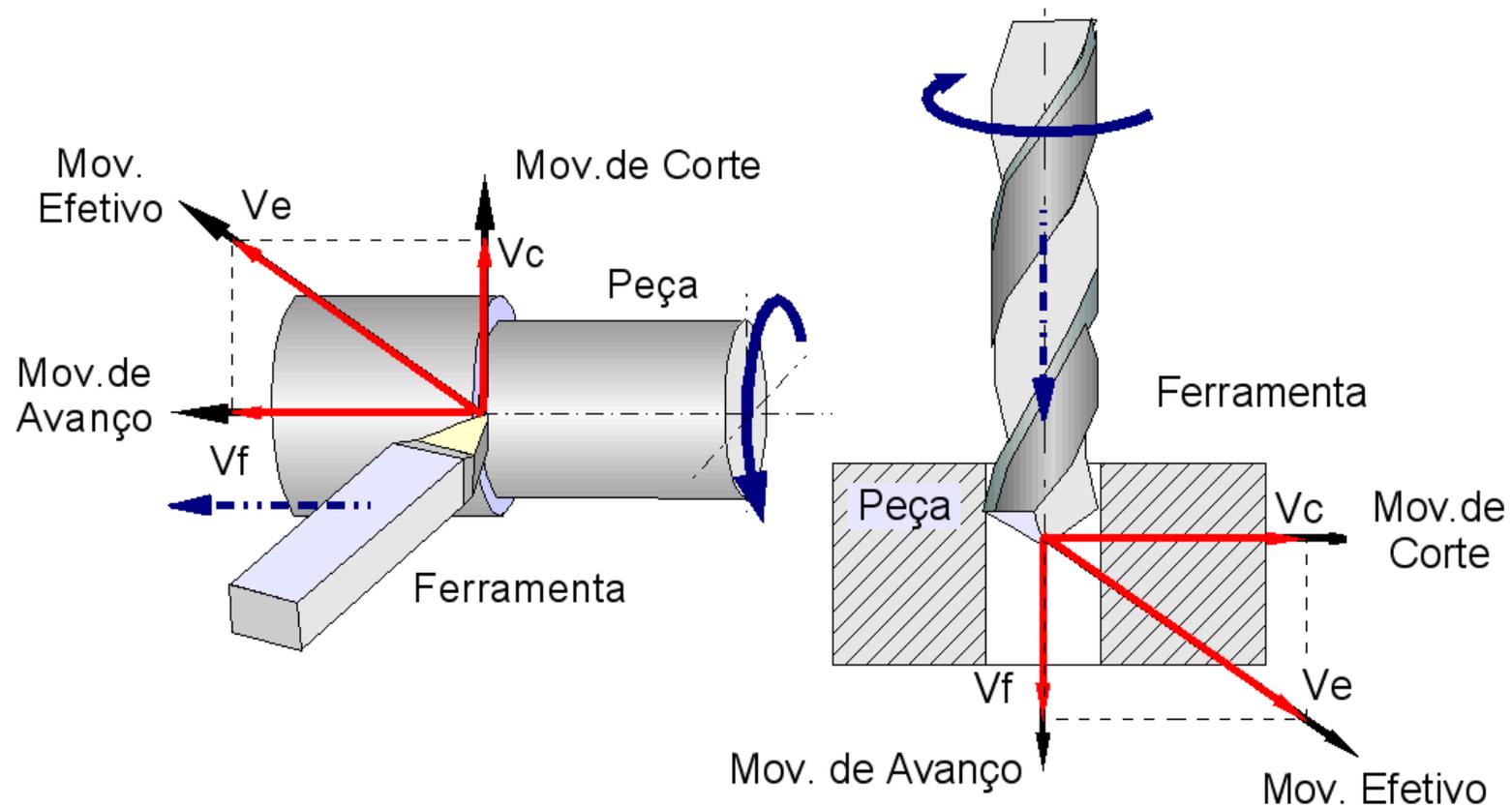
Remoção por jato d'água





## Geometria Definida

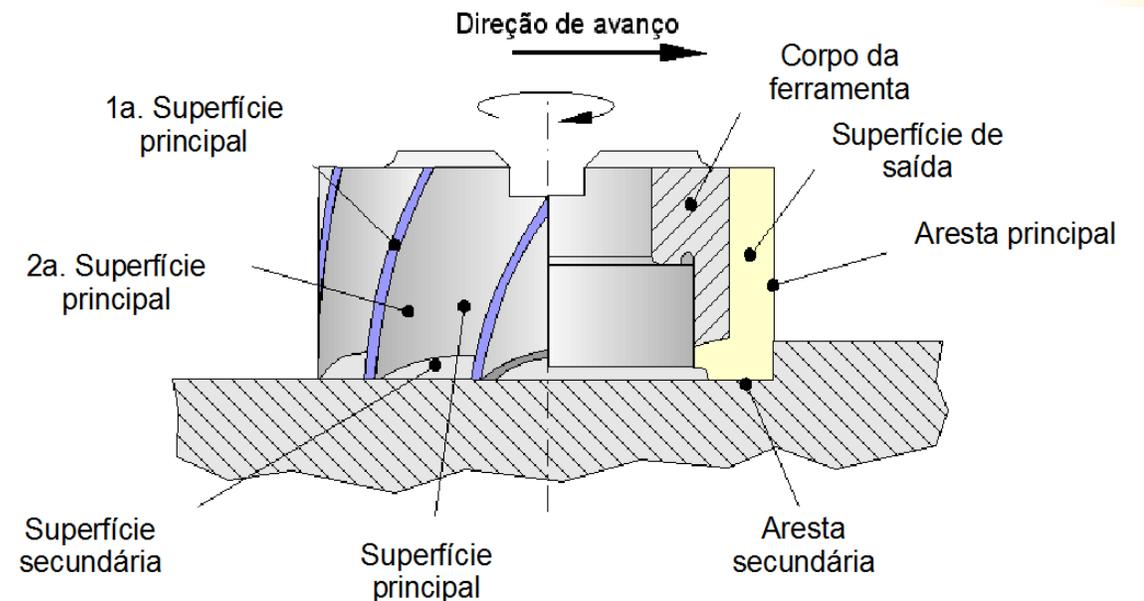
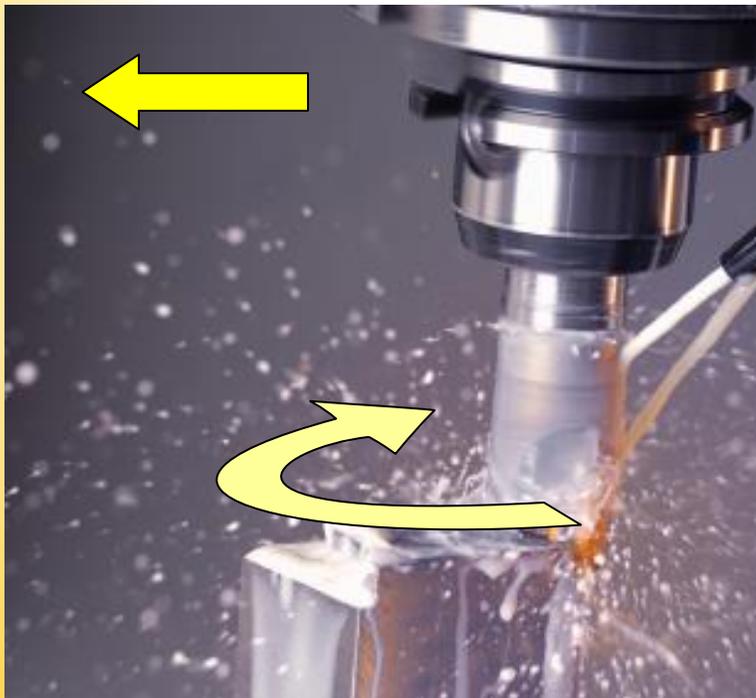
Os processos de usinagem necessitam de um movimento relativo entre peça e ferramenta.





## Processo de Fresagem ou Fresamento

**Definição:** Fresamento é um processo de usinagem onde a remoção é realizada através do movimento de corte circular realizado pela ferramenta, e o movimento de avanço é realizado pela peça.





# Aumento de velocidade tende a levar a cavaco contínuo, mas o fator principal é o material da peça

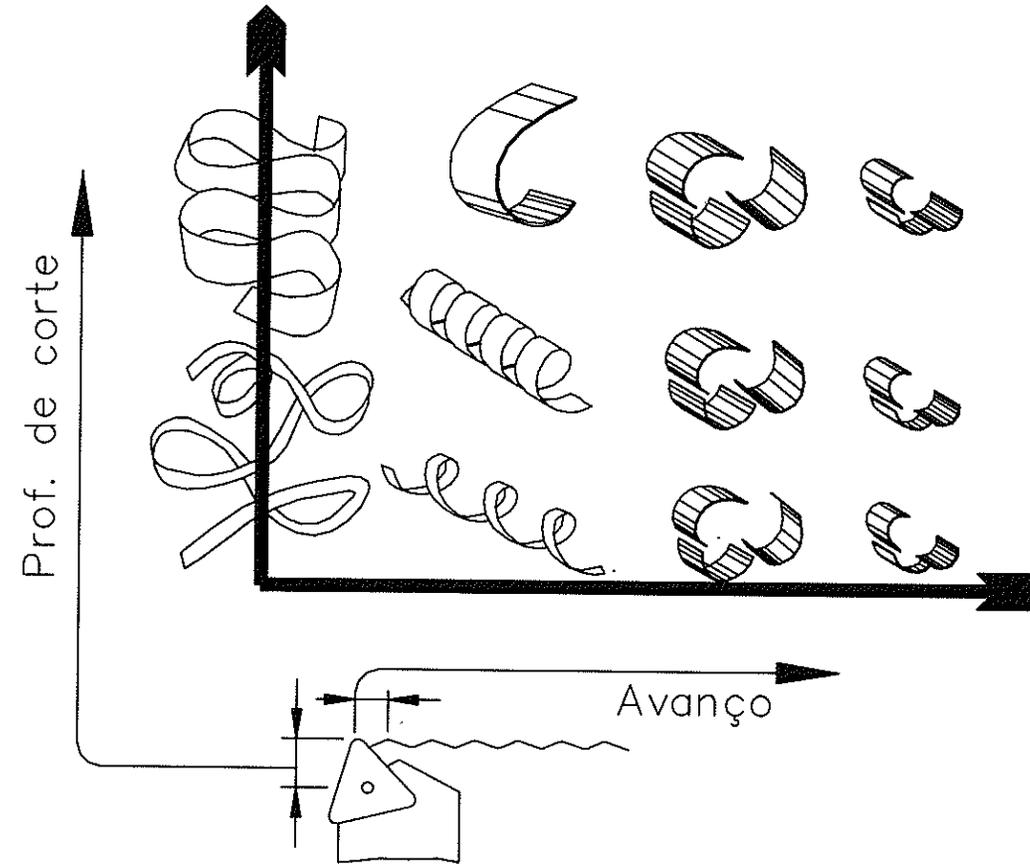


Figura 4.10. Efeito do avanço e da profundidade de corte na forma dos cavacos [18].



## Grandezas do processo de usinagem

### → Velocidade de Corte (**V<sub>c</sub>**)

$V_c = f$  (material peça, material ferramenta, do processo (torneamento, fresamento, retificação, etc.), da operação (desbaste ou acabamento))

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{Eq. 1})$$

### → Velocidade de Avanço (**V<sub>f</sub>**)

### → Velocidade efetiva de corte (**V<sub>e</sub>**)



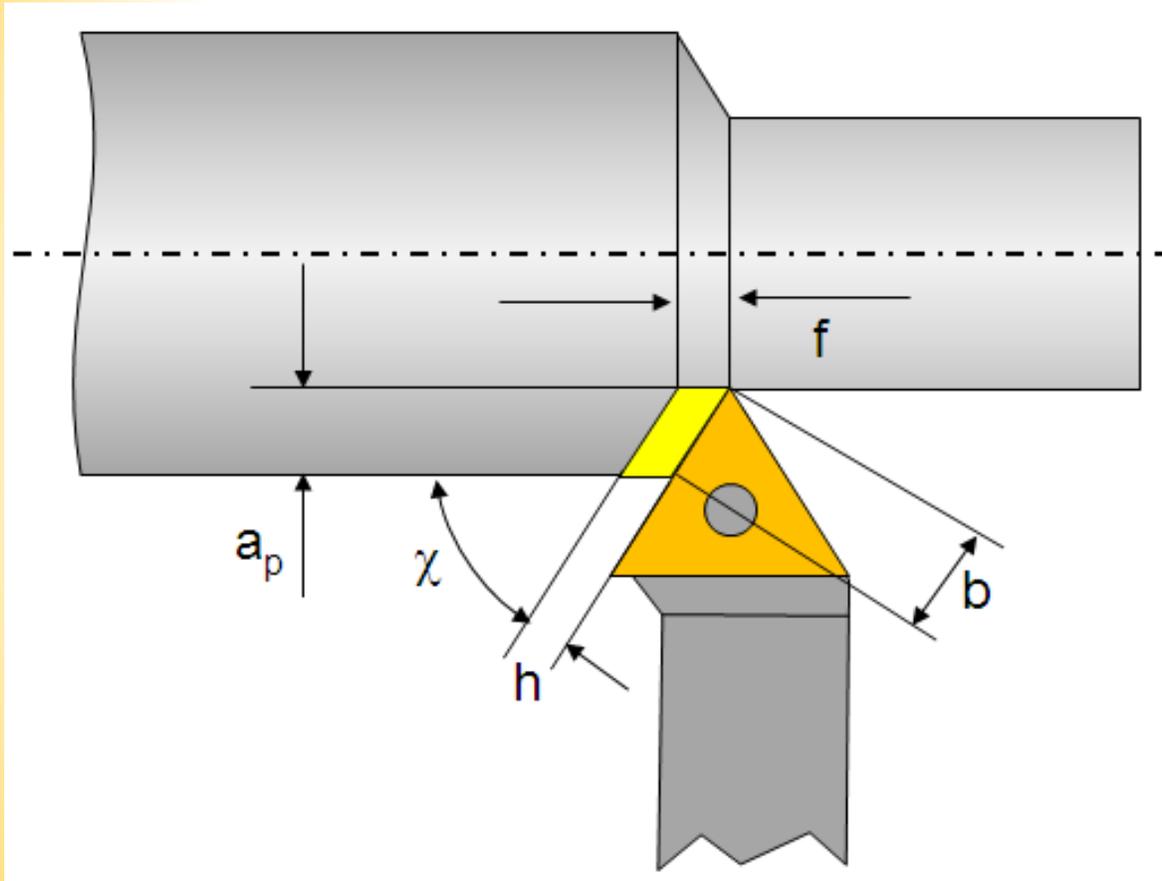
## Grandezas do processo de usinagem

### Velocidade de Corte ( $V_c$ )

- ⇒  $V_c$  é um valor obtido experimentalmente
- ⇒ Valor encontrado em tabelas
- ⇒ Valores encontrados em tabelas também são função da vida da ferramenta.
- ⇒ As tabelas apresentam faixas de valores e podem variar de acordo com a fonte
- ⇒  $V_c$  ainda depende da máquina-ferramenta, da geometria da peça, do tipo de dispositivo de fixação e da experiência do operador ou programador

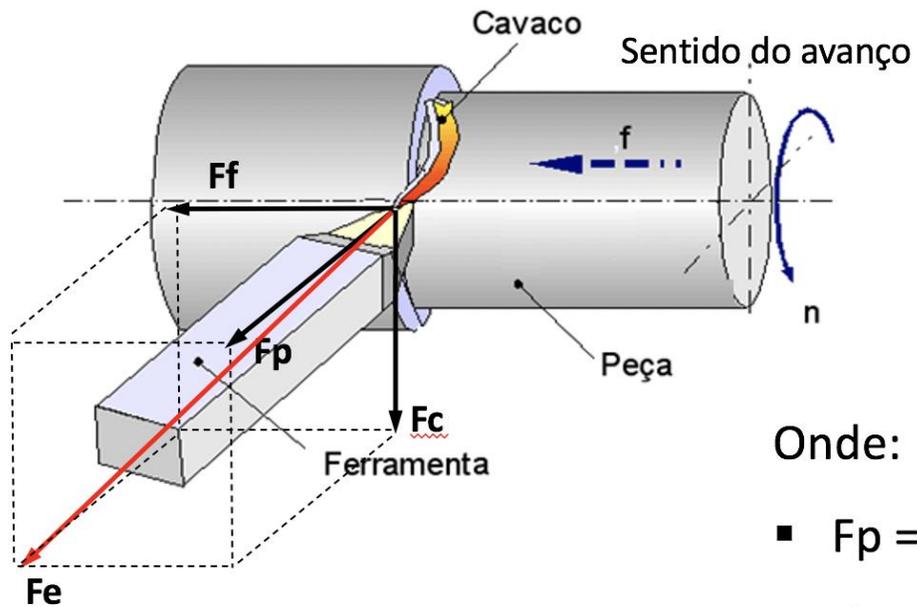


## Grandezas do processo de usinagem



Onde:

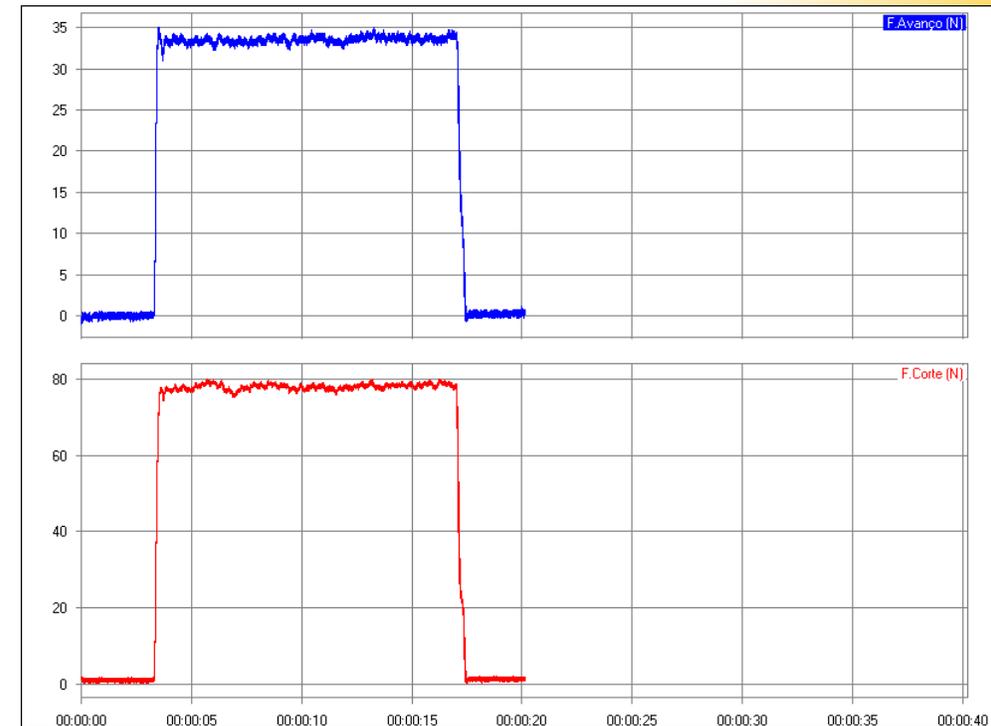
- $a_p$  – profundidade de corte
- $f$  – avanço por revolução
- $b$  – largura de usinagem
- $h$  – espessura de usinagem
- Seção de usinagem  $a_p * f$
- Seção de usinagem  $b * h$



Onde:

- $F_p$  = Forças passiva
- $F_c$  = Forças de corte
- $F_f$  = Forças de avanço
- $F_u$  = Força efetiva de usinagem

Forças de Usinagem (força de corte e avanço)





# Parâmetros que influenciam na Força de Usinagem

- Material da peça (propriedades e comportamento mecânico)
- Geometria do corte (ortogonal ou oblíquo, seção de corte, geometria da ferramentas, ângulo de posição, ângulo de saída e de folga)
- Estado de afiação da ferramenta (material da ferramenta: tenacidade; recobrimento: atrito, desgaste; transferência de calor)



## Desgaste

- Hutchings (1992) define desgaste como a destruição de uma ou de ambas superfícies que compõe um sistema tribológico, geralmente, envolvendo perda progressiva de material. Em usinagem, a norma ISO 3685:1993 define desgaste em ferramentas de corte como sendo a mudança de sua forma original durante o corte, resultado da perda gradual de material.

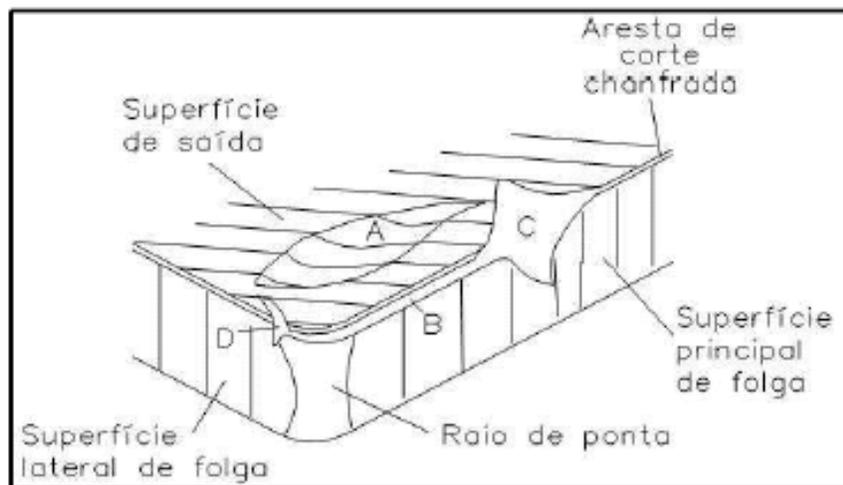


Figura 25 – Localização das três principais formas de desgaste em uma ferramenta de corte (adaptado de Dearnley e Trent, 1982).

- A Figura indica as três principais formas de desgaste que podem ser encontradas em uma ferramenta de corte:
- Desgaste de cratera (área A);
- Desgaste de flanco (área B);
- Desgaste de entalhe (“*notch wear*”, áreas C e D).



## Desgaste das ferramentas de corte

O desgaste pode ser observado na superfície de saída (a), nas superfícies principal (b) e secundária (c), na ponta e nas arestas de corte

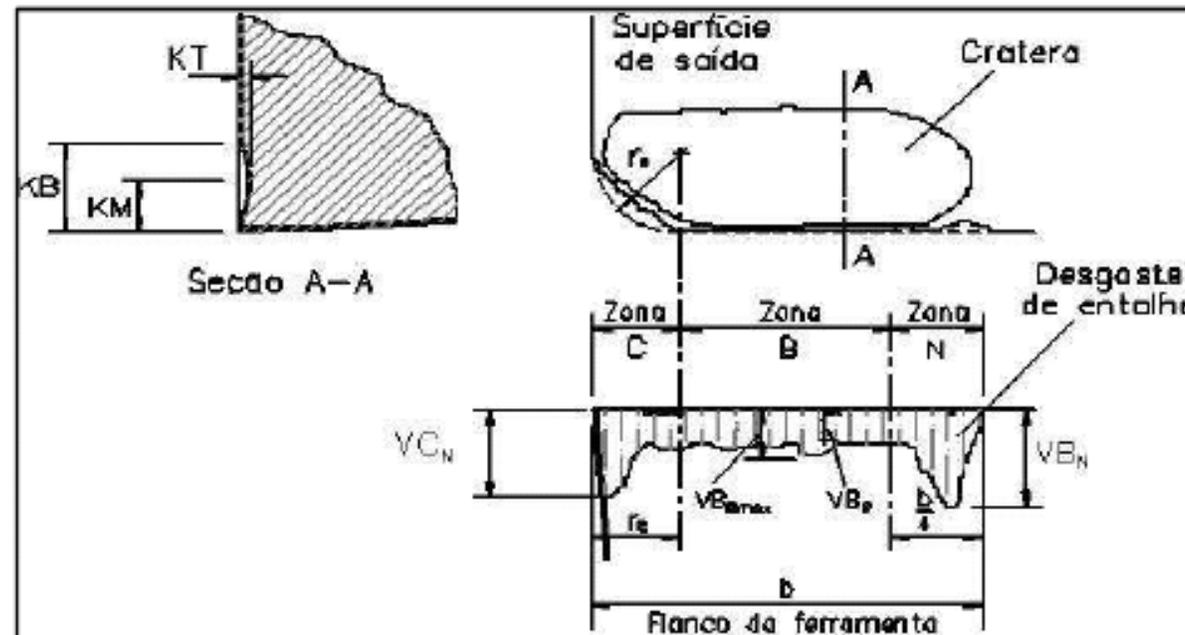
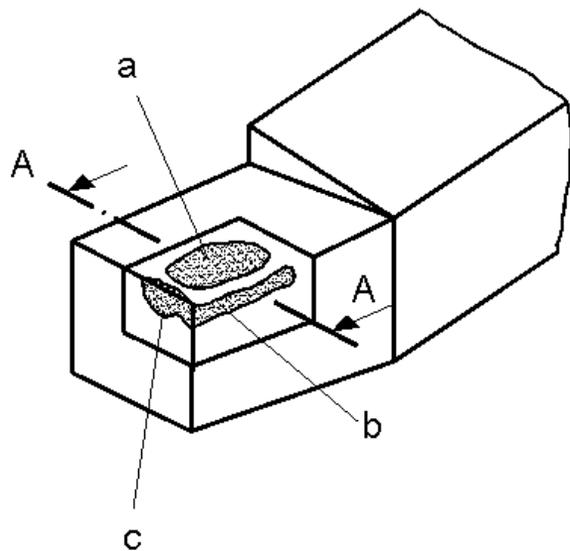
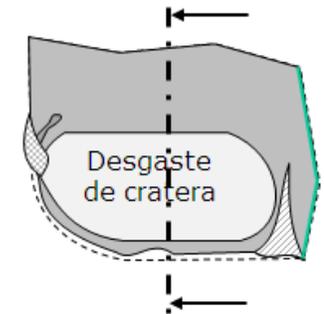
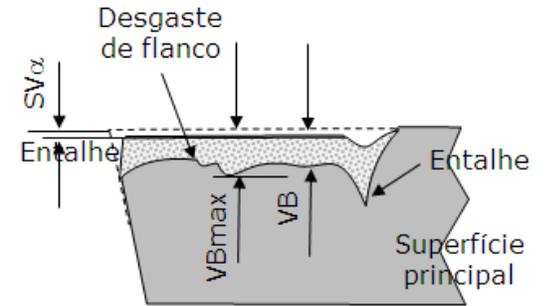
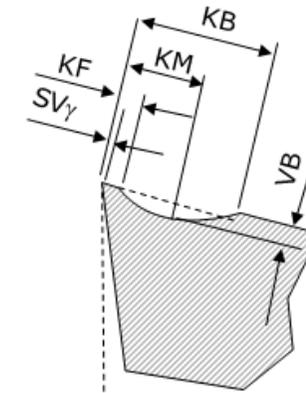
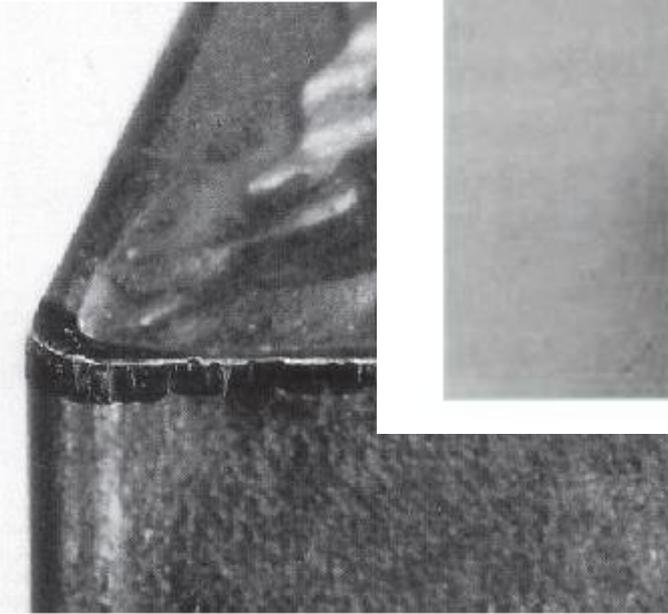
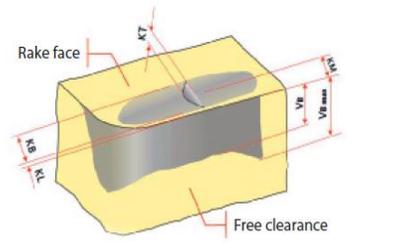


Figura 26 – Parâmetros utilizados para medir desgaste de ferramentas de corte (adaptado da ISO 3685:1993).

# Desgaste de flanco



Exemplo de desgaste de flanco



# Desagaste Processo de Usinagem

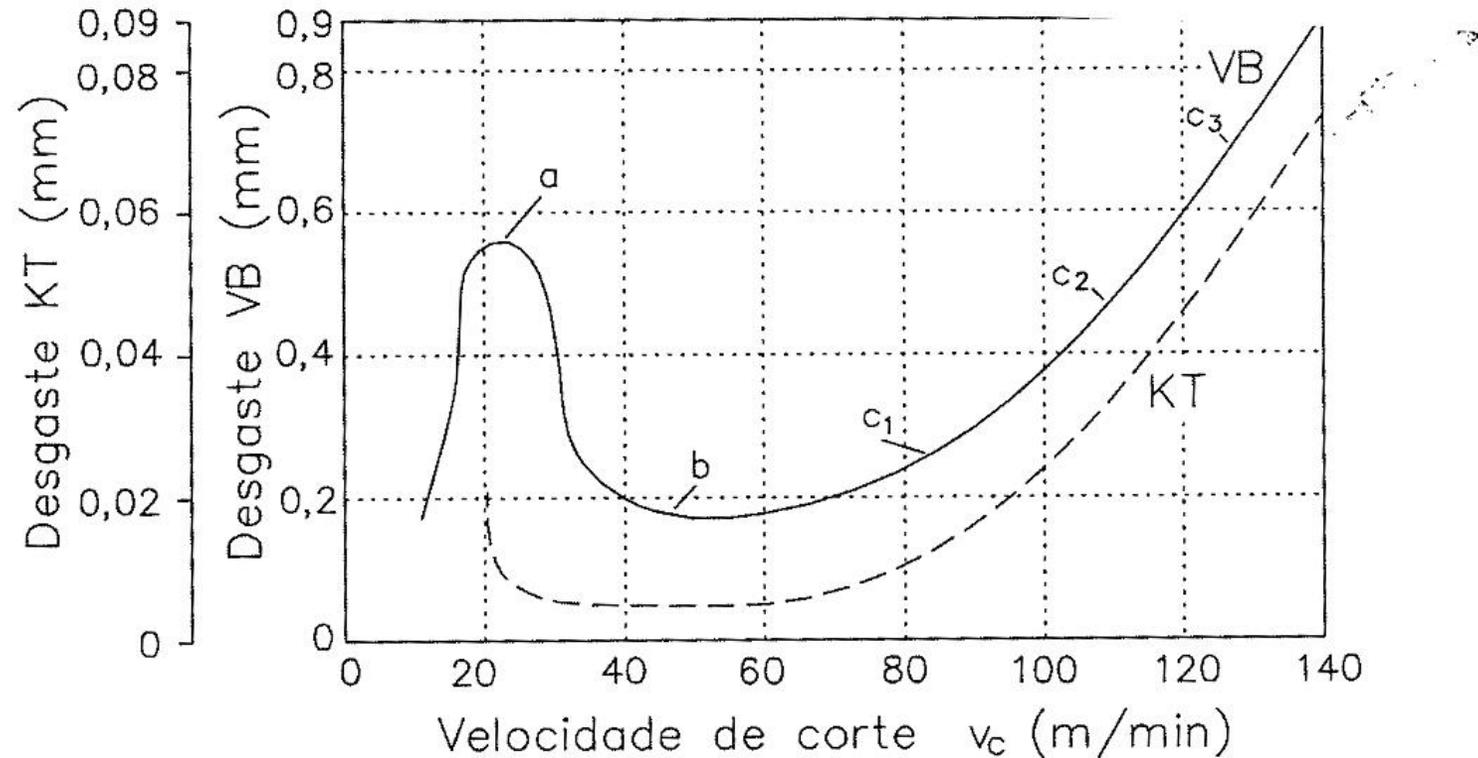


Figura 12.1. Desgaste VB e KT em função da velocidade de corte, para um determinado tempo de usinagem [1].



# Desagaste Processo de Usinagem

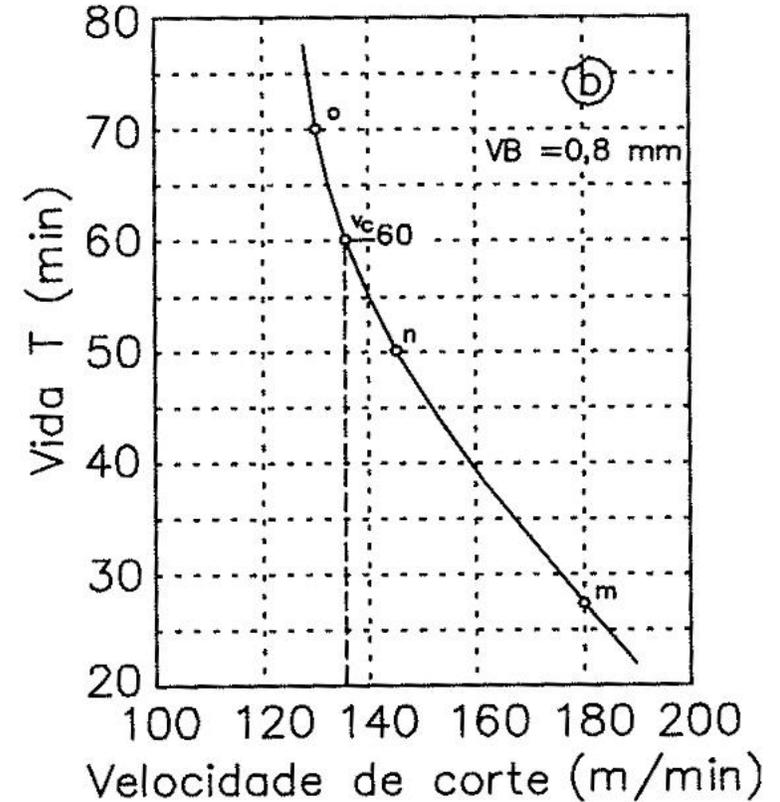
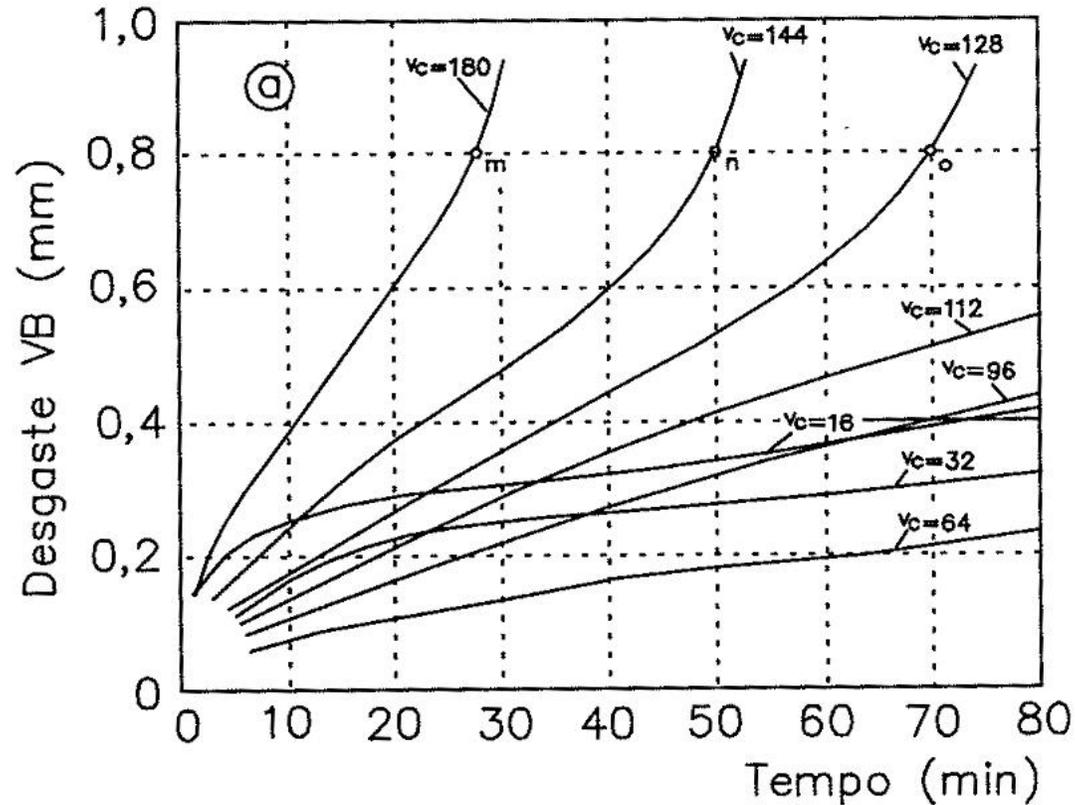


Figura 12.2. Determinação da curva de vida de uma ferramenta  $T \times V_c$  [1].



## Vida de ferramenta

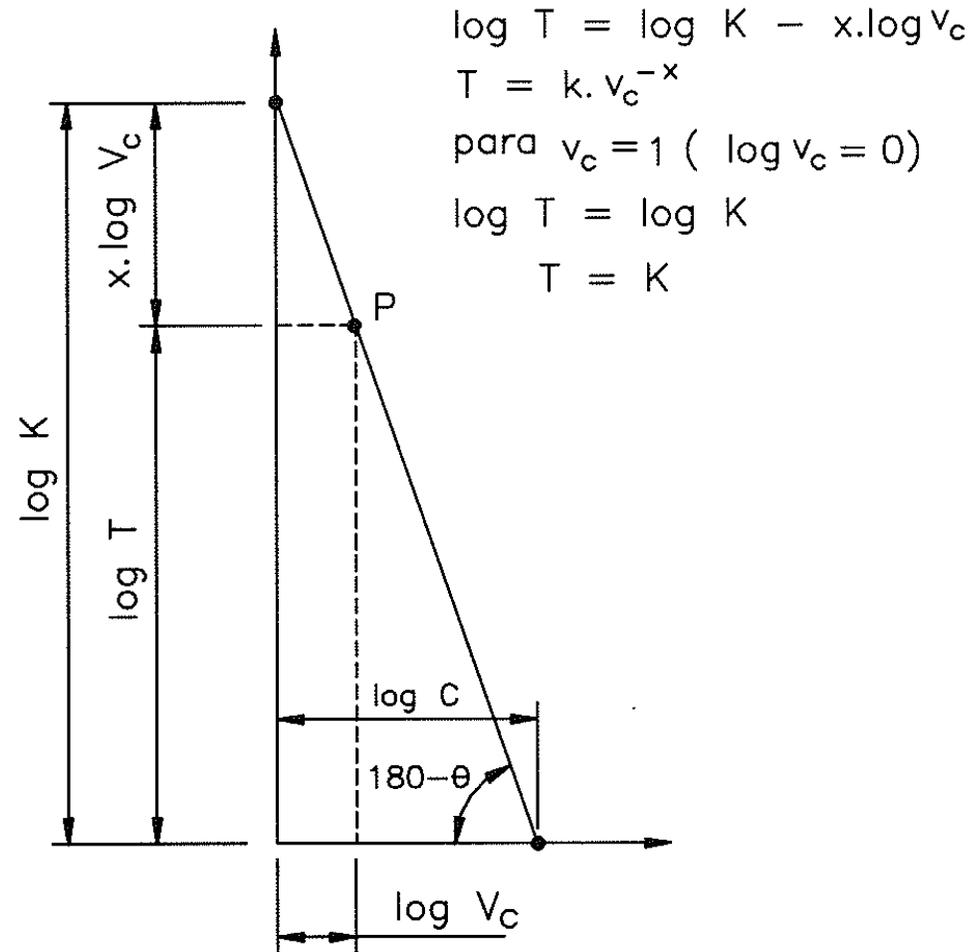


Figura 12.3. Representação em escalas logarítmicas da curva de vida da ferramenta [1].



Não existe uma definição universalmente aceita relativa a vida de ferramentas de corte. A vida de uma ferramenta deve ser especificada em relação com os objetivos do processo.

**Definição:** Vida de ferramenta é o tempo que esta resiste do início do corte até a sua utilização total

### Critérios de fim de vida

São critérios que são utilizados para determinar quando uma ferramenta deve ser substituída no processo.

Esses critérios é relacionado ao nível de desgaste na ferramenta, e suas consequências diretas :

- desvios nas tolerâncias dimensionais
- desvios nas tolerâncias geométricas
- perda de qualidade superficial da peça
- aumento no nível de vibrações no processo
- aumento no nível de esforços no processo
- aumento do custo de reafiação da ferramenta

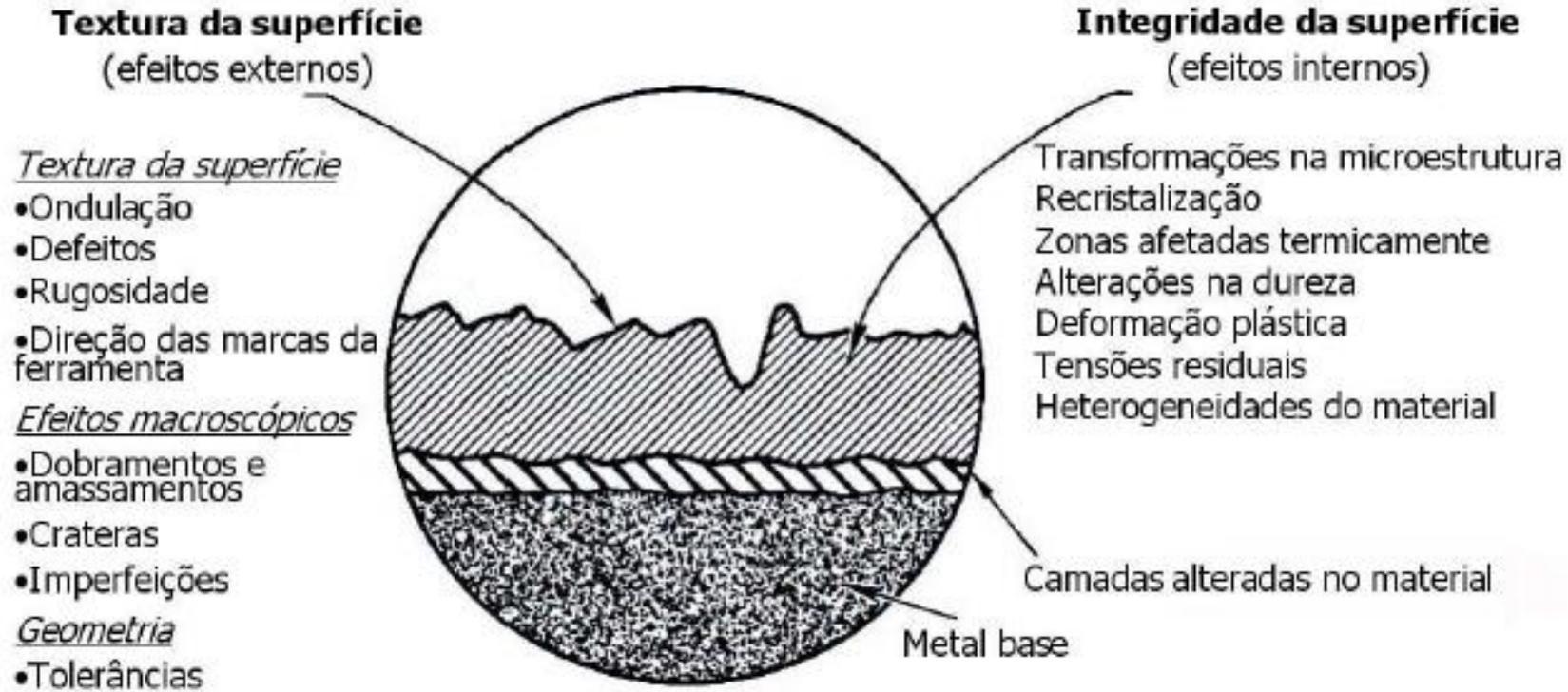


Figura 1.1 - Representação esquemática dos elementos superficiais e subsuperficiais que definem a tecnologia das superfícies, segundo o Machinability Data Center (1980)

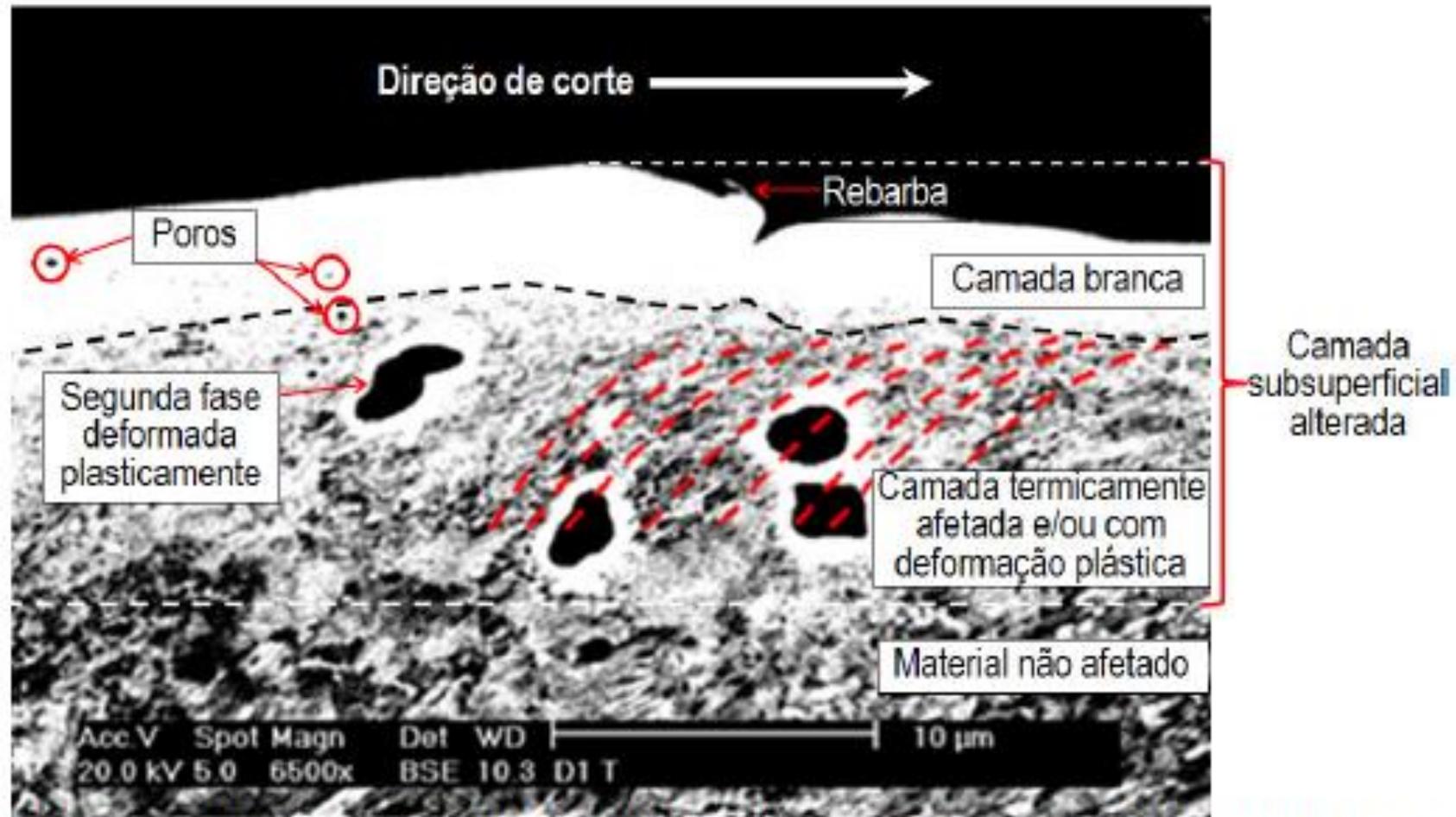


Figura 1.4 - Mudanças da camada superficial observadas na seção transversal de um ferro fundido mesclado após torneamento ( $V_c = 60 \text{ m/min}$ ;  $f = 0,1 \text{ mm/rot}$ ). Aumento de 6500X. Análise de elétrons retro-espalhados. Ataque com Nital 3% (ALVAREZ, 2006)

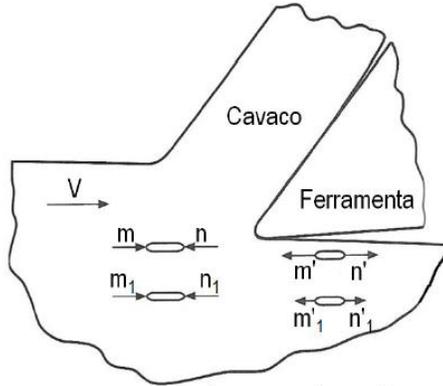


Figura 1.8 - Representação esquemática do mecanismo de geração de tensão residual trativa em matérias dúcteis (SHAW, 2005).

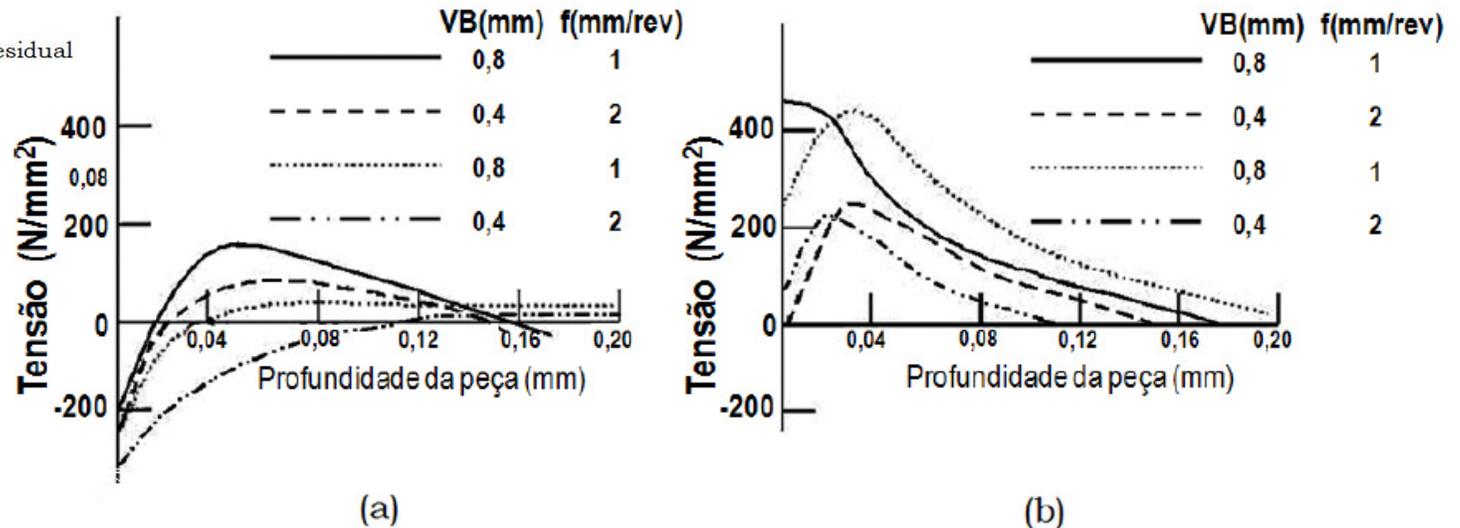


Figura 1.9 - Avaliação da tensão residual após o torneamento de um ferro fundido nodular, a dois níveis diferentes de intensidade após torneamento: a)  $V=4$  m/min; b) 10 m/min. VB é o desgaste de flanco da ferramenta, f é o avanço, a tensão residual paralela à superfície é  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>). (LESKOVAR e KOVAC, 1988).



- $\lambda_c$  = cut off que é comprimento de amostragem

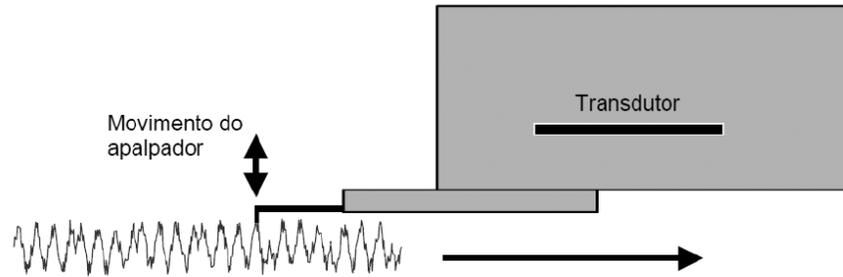
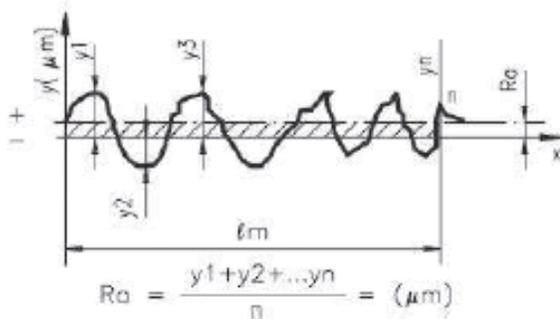


Figura 1.21 - Princípio de funcionamento do perfilômetro mecânico com apalpador

## Parâmetros de rugosidade

- Rugosidade média ( $R_a$  – Roughness average): média aritmética
- + mais utilizado
- média alterada por pico ou vale atípicos



Grupos de rugosidades	▽	▽▽	▽▽▽	▽▽▽▽								
Rugosidade máxima valores em $R_a(\mu\text{m})$	50	6,3	0,8	0,1								
Classes de rugosidade (GRADE)	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidade máxima valores em $R_a(\mu\text{m})$	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025

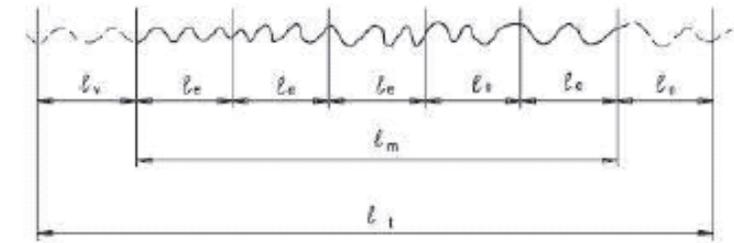
Informações sobre os resultados de usinagem

Serrar												
Limar												
Plainar												
Tornear												
Furar												
Rebolar												
Alargar												
Fresar												
Brochar												
Raspar												
Retificar (frontal)												
Retificar (lateral)												
Aisar												
Superfinish												
Lapidar												
Pole												

Faixa para um desgaste superior  
 Rugosidade realizável com usinagem comum  
 Rugosidade realizável com cuidados e métodos especiais

## Comprimento de amostragem (cut off)

- $l_m$  – comprimento de avaliação
- $l_e$  – comprimento de amostragem
- $l_t$  – distância percorrida pelo apalpador =  $(5 \times l_e) + l_v + l_n$
- $l_v$  – distância para atingir a velocidade de medição
- $l_n$  – distância para parada do apalpador
- recomendação ISO: rugosímetros devem medir 5 comprimentos de amostragem e indicar valor médio



Comprimentos para avaliação de rugosidade.



Símbolo Gráfico	Interpretação	Padrão de Orientação
=	Paralelo ao plano de vista no qual o símbolo é empregado.	
⊥	Perpendicular ao plano de vista no qual o símbolo é empregado.	
X	Cruzado em duas direções obliquas relativas ao plano no qual o símbolo é empregado.	
M	Múltiplas direções.	
C	Aproximadamente circular relativo ao centro da superfície onde o símbolo é empregado.	
R	Aproximadamente radial relativo ao centro da superfície onde o símbolo é empregado.	
P	Marcas com orientação particular, não direcionada ou em relevo.	

Figura 1.22 - Símbolos usados para representar as marcas da ferramenta na designação da textura da superfície segundo as normas ANSI Y14.36 de 1978 [ANSI, 1978], e ISO 1302 de 2001 [ISO, 2001]



Usinabilidade pode ser definida como uma propriedade ou grandeza tecnológica que é expressa por um valor numérico comparativo.

A usinabilidade está relacionada com o grau de dificuldade em se usinar um determinado material

Na verdade, a usinabilidade descreve genericamente as características operacionais da ferramenta de corte.

A usinabilidade de um material metálico é influenciada por vários fatores tais como: composição química, microestrutura, resistência do material, avanço utilizado na usinagem, velocidade de corte, profundidade de corte e escolha do fluido de corte.



# Usinabilidade

A usinabilidade pode ser definida com auxílio de alguns critérios tais como:

- vida da ferramenta e desgaste da ferramenta,
- acabamento superficial da peça usinada,
- remoção de cavaco,
- velocidade de corte e
- produtividade



- **Ensaio de longa duração** onde o material usinado é comparado com um material padrão até o fim de vida da ferramenta ( $V_B$  ou  $V_T$ ) em diferentes velocidades de corte. Usualmente se seleciona uma velocidade com base em vida de 20 ou 60 min.

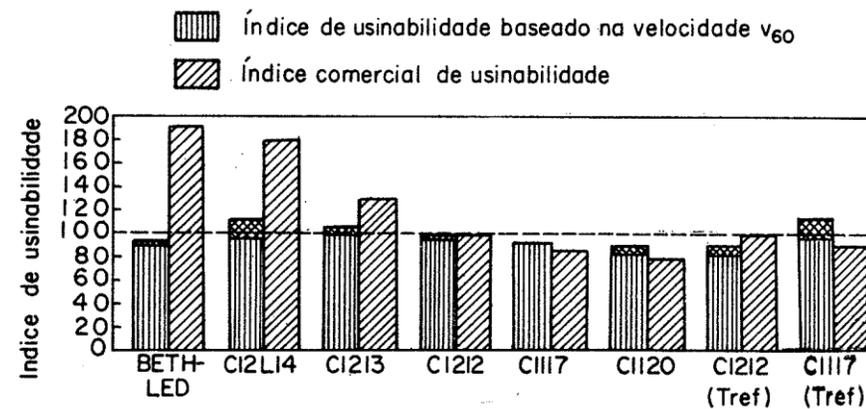


FIG. 12.6 — Comparação entre os índices comerciais de usinabilidade e a velocidade  $v_{60}$  [9].

- **Ensaio de Curta duração** onde pode ser avaliada a força de corte e/ou acabamento superficial



**Tabela 1. Microestruturas otimizadas para usinagem [1].**

% Carbono	Microestrutura otimizada
0,06-0,20	Laminado (mais econômico)
0,20-0,30	Acima de 3 polegadas, normalizado; menores dimensões como laminado
0,30-0,40	Recozido (perlita grosseira, fração mínima de ferrita)
0,40-0,60	Perlita lamelar grosseira até esferoidizada.
0,60-1,00	100% de perlita esferoidizada, de grosseira à fina.

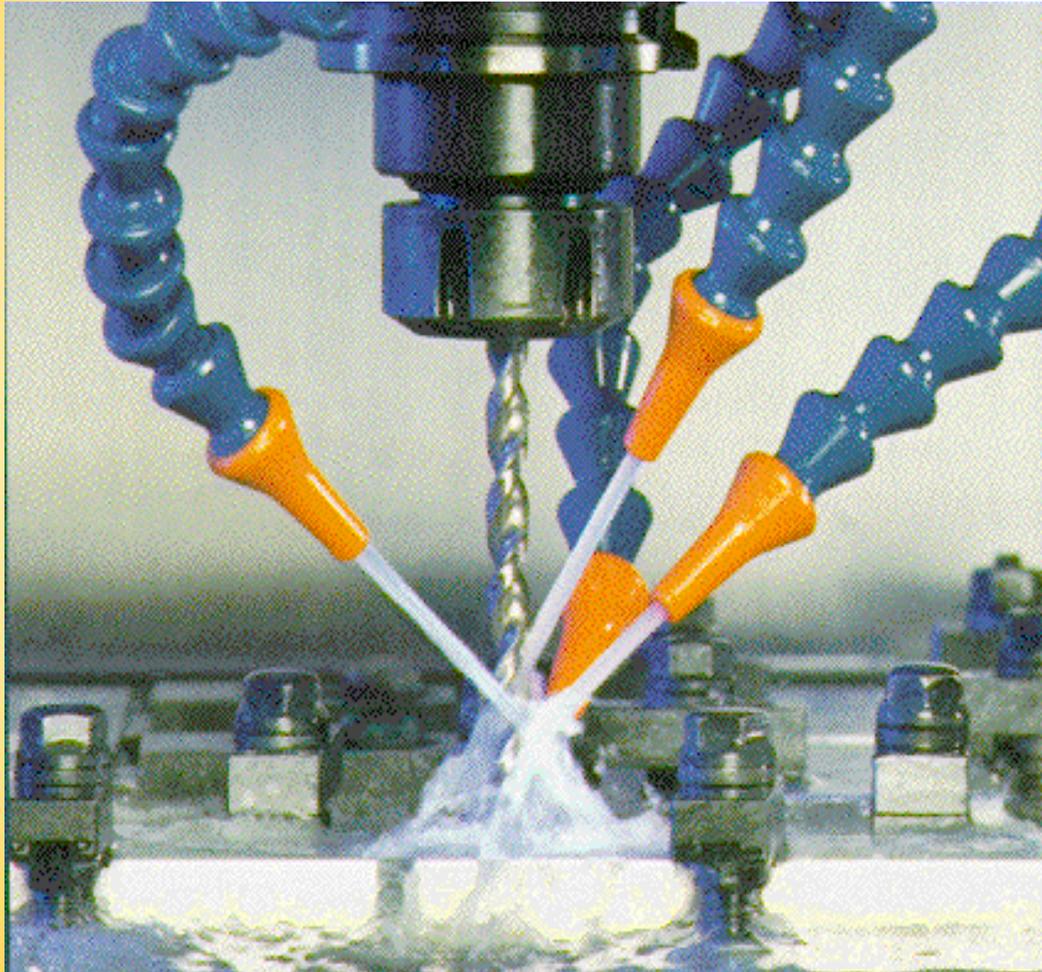
Tabela 15.1. Efeito da microestrutura na usinabilidade dos aços [6]

Tipo de microestrutura	Dureza Brinell	$V_{c20}$ [m/min]
10% - perlita e 90% ferrita	100 – 120	290
20% - perlita e 80% ferrita	120 – 140	260
25% de perlita esferoidizada	160 – 180	180
50% - perlita e 50% ferrita	150 – 180	150*
75% - perlita e 25% ferrita	170 – 190	140
100% perlita	180 – 220	145
Martensita revenida	280 – 320	105
Martensita revenida	370 – 420	46

\* Valor estimado



# Fluidos de Corte



Izabel Machado – machadoi@usp.br



### **Função dos fluidos de corte:**

- Redução do atrito entre ferramenta e cavaco
- Expulsão dos cavacos gerados
- Refrigeração da ferramenta
- Refrigeração da peça
- Melhoria do acabamento da superfície usinada
- Refrigeração da máquina-ferramenta

### **Sob o ponto de vista econômico o uso de fluido de corte proporciona**

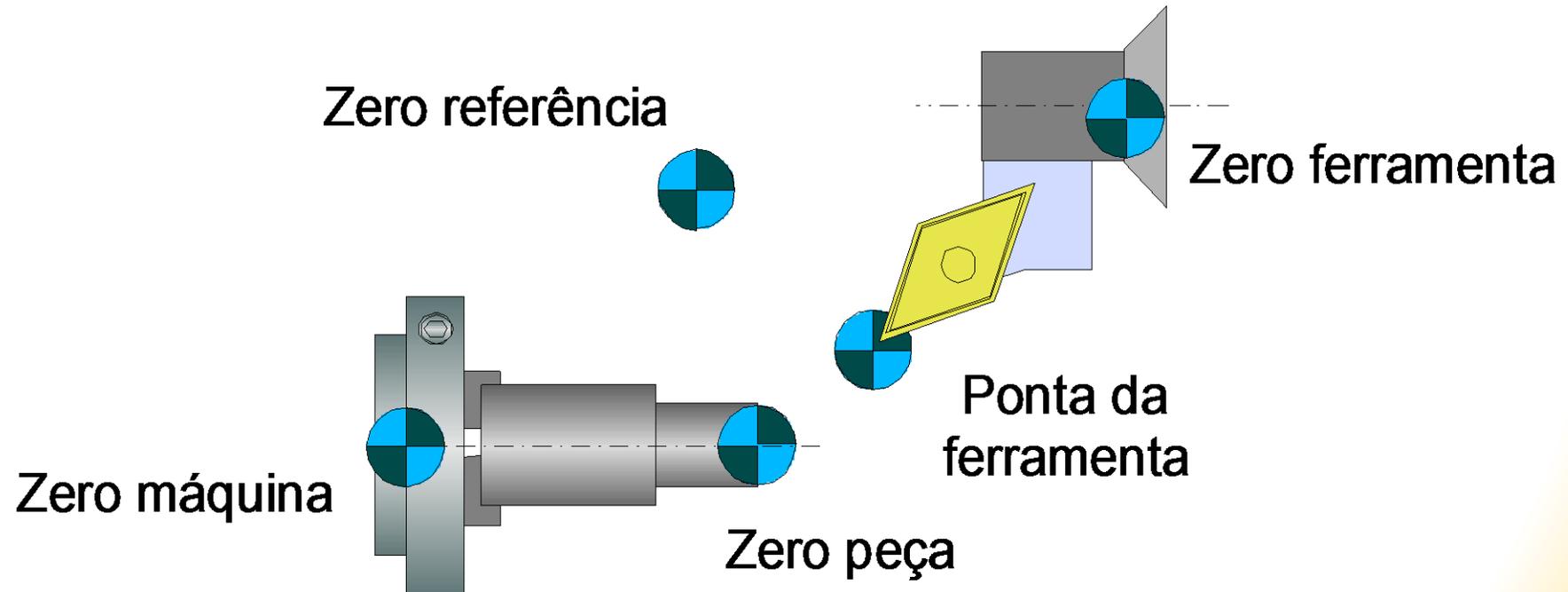
- Redução do consumo de energia
- Redução dos custos de ferramenta
- Diminuição ou eliminação da corrosão na peça



# CNC

## Zeros da programação

Torneamento

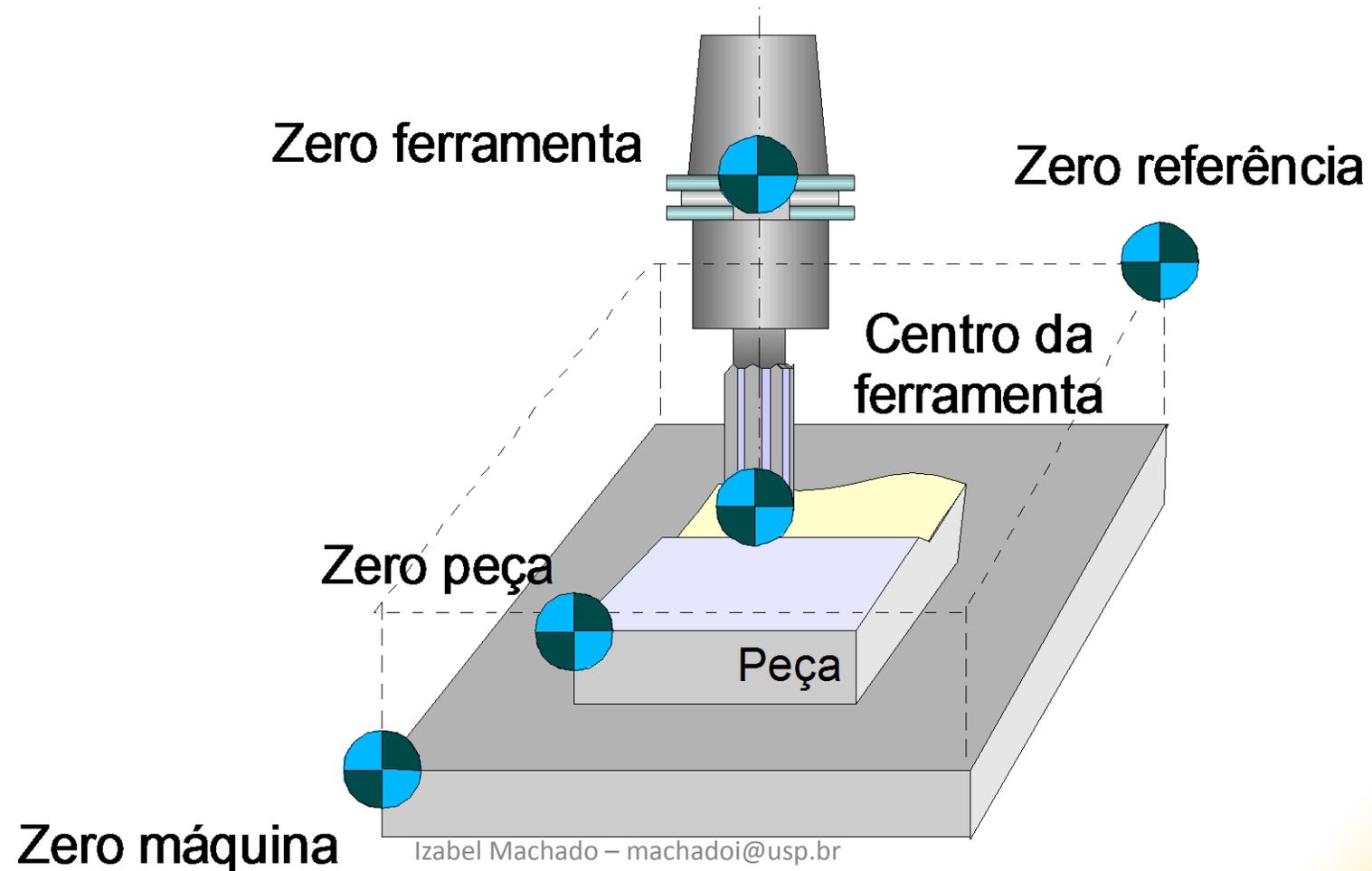




# CNC

## Zeros da programação

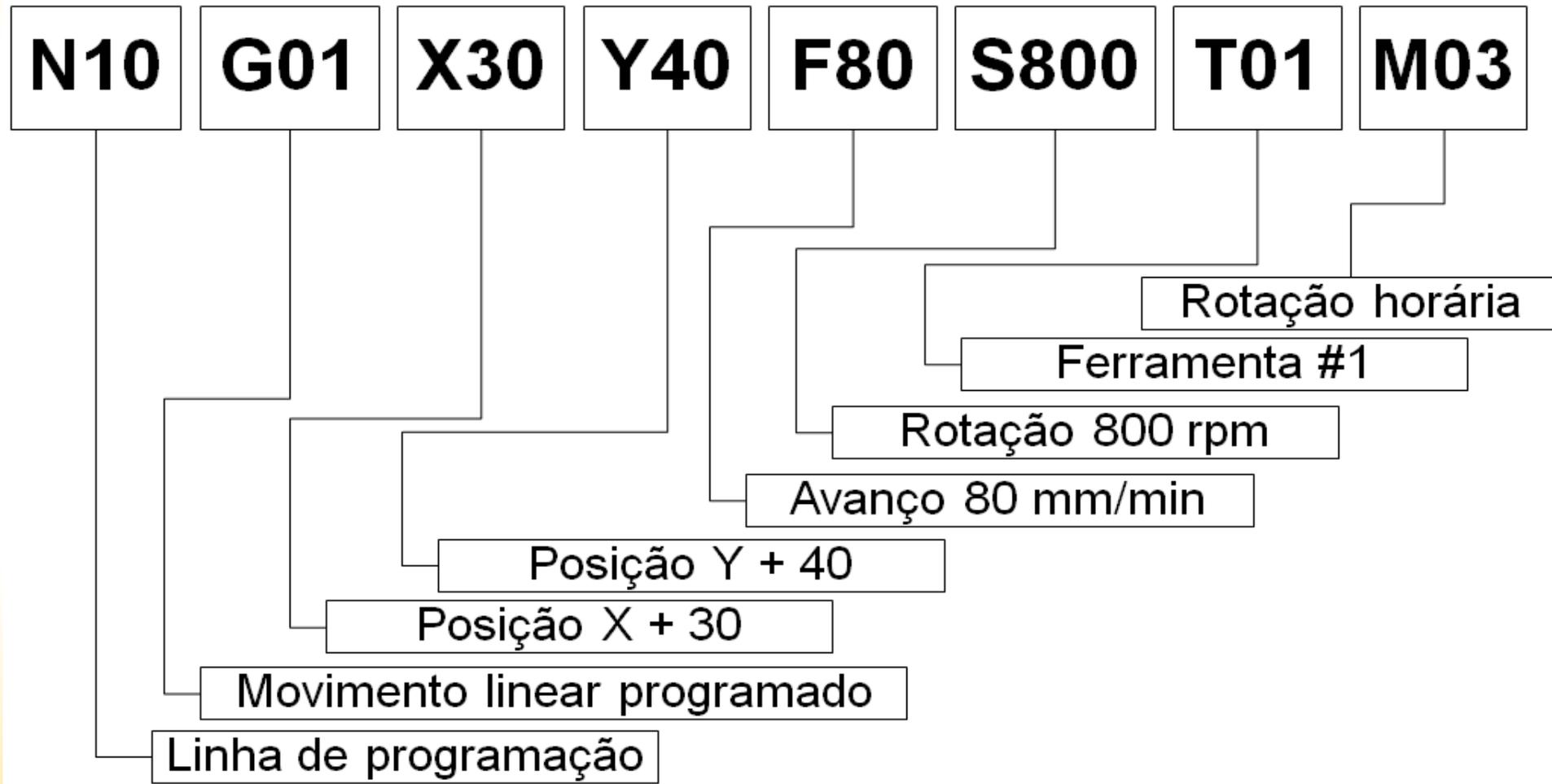
Fresamento





# CNC

## Sintaxe da programação



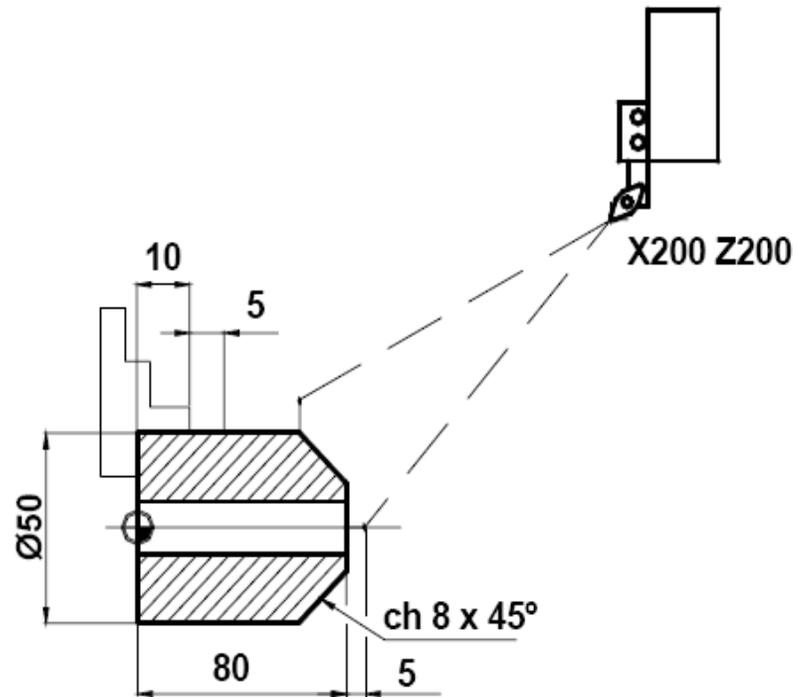


## CNC

### Comandos ISO - Principais comandos

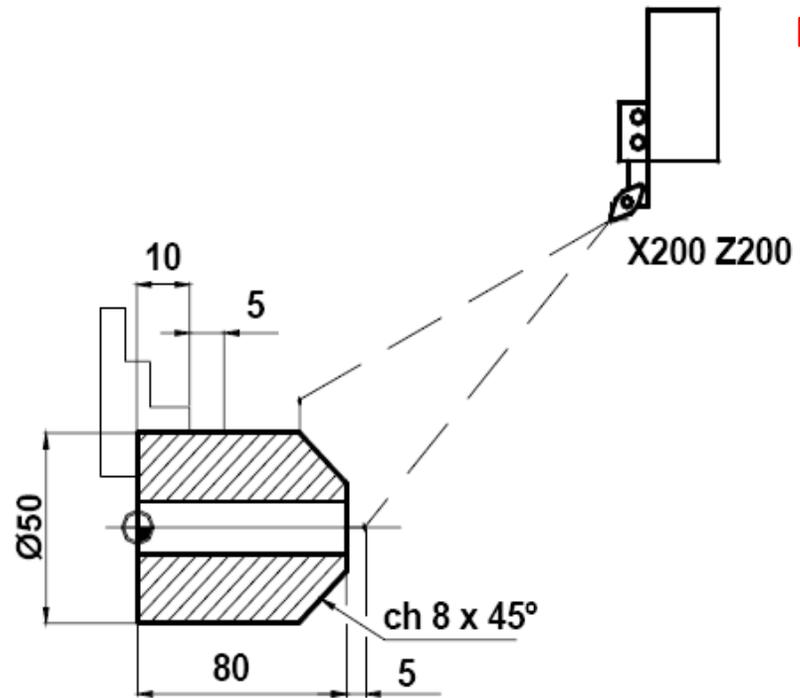
- 
- G00 – movimento linear rápido
  - G01 – movimento linear com avanço programado
  - G02 – movimento circular horário com avanço programado
  - G03 – movimento circular anti-horário com avanço programado
  - G04 – cavidade
  - G07 – eixo de interpolação imaginário - seno
  - G09 – curva
  - G10 – parada exata
  - G11 – ativa sobre metal

## Exemplo de programa



```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5;  
N90 X34 F200;  
N100 X50 Z72;  
N110 X55;  
N120 G00 X200 Z200 T00;  
N130 M30;
```

## Exemplo de programa

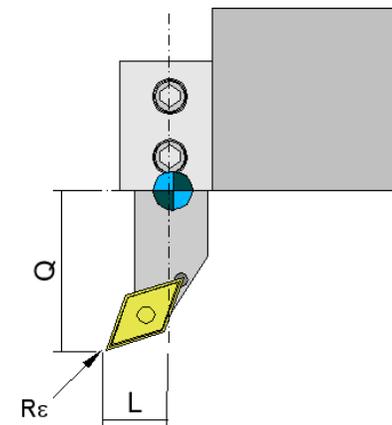


O0001 (Exercício 01);

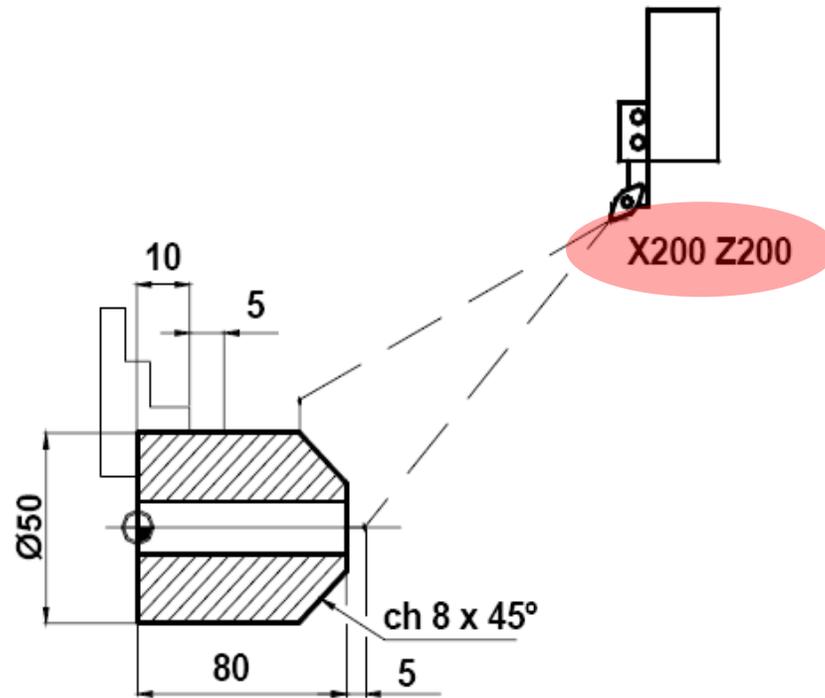
N10 G21 G40;

G21 – dimensões em milímetros

G40 – compensação do raio da ferramenta



## Exemplo de programa



O0001 (**Exercício 01**);

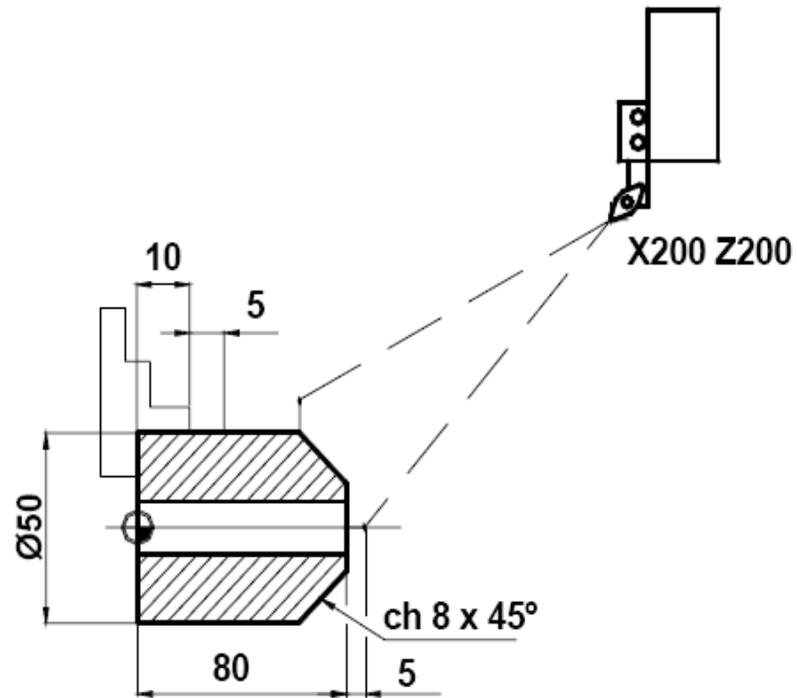
N10 G21 G40;

N20 G00 X200 Z200 T00;

G00 – movimento linear rápido

T00 – ferramenta 0

## Exemplo de programa

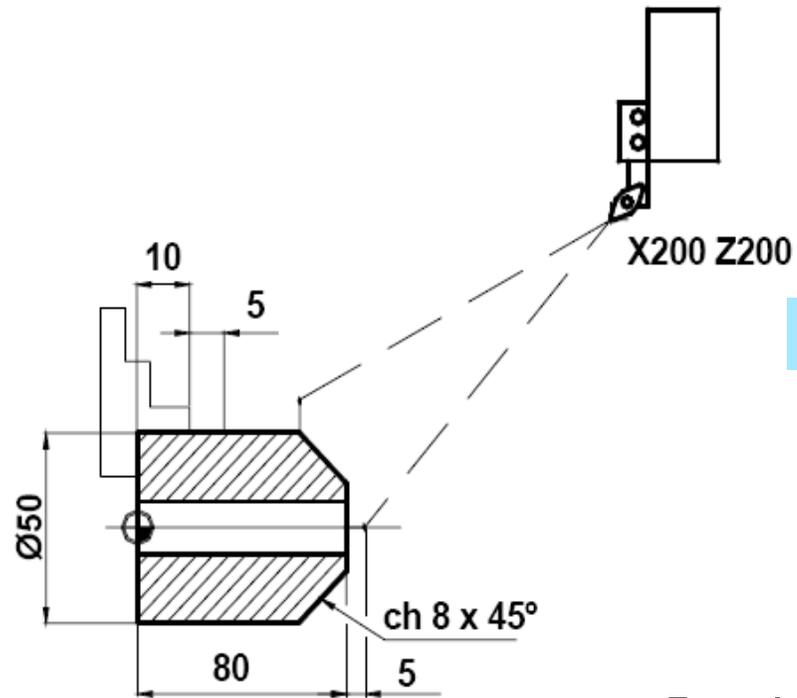


```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento)
```

T0101 – ferramenta 01

T0101 – posição da ferramenta do porta ferramentas - 01

## Exemplo de programa



O0001 (Exercício 01);

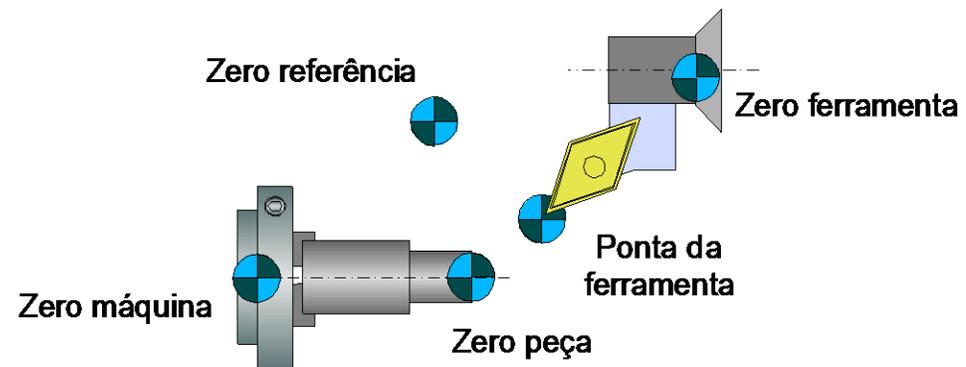
N10 G21 G40;

N20 G00 X200 Z200 T00;

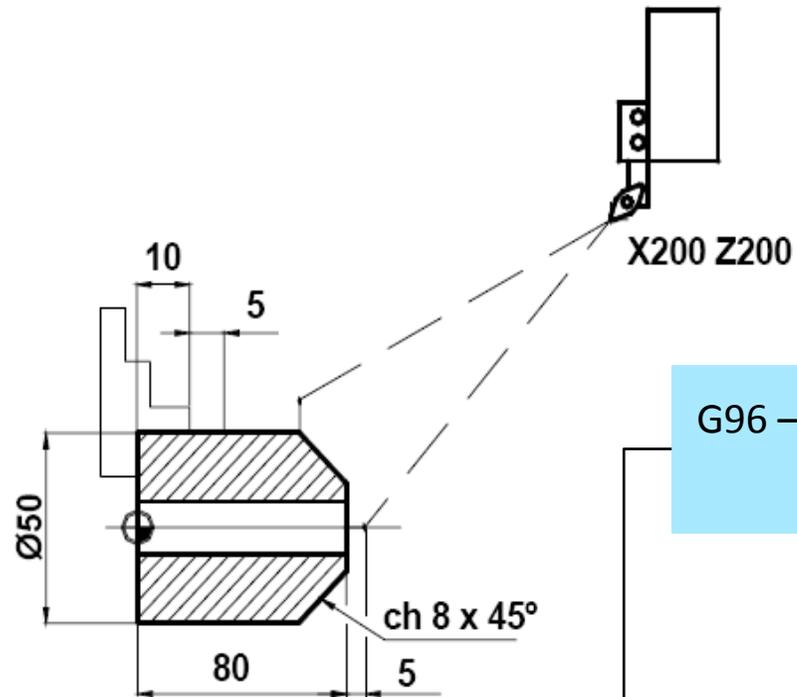
N30 T0101 (acabamento);

N40 G54;

G54 – sistemas de coordenadas predefinido



## Exemplo de programa



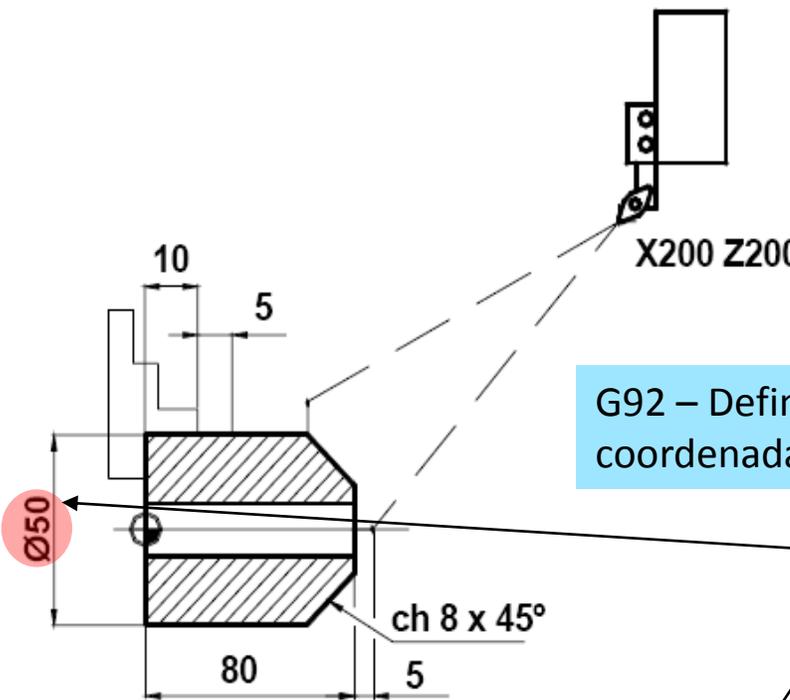
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;
```

G96 – Liga velocidade superficial constante  
(torneamento)

S220 – Velocidade de 220 rpm

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

## Exemplo de programa



O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4

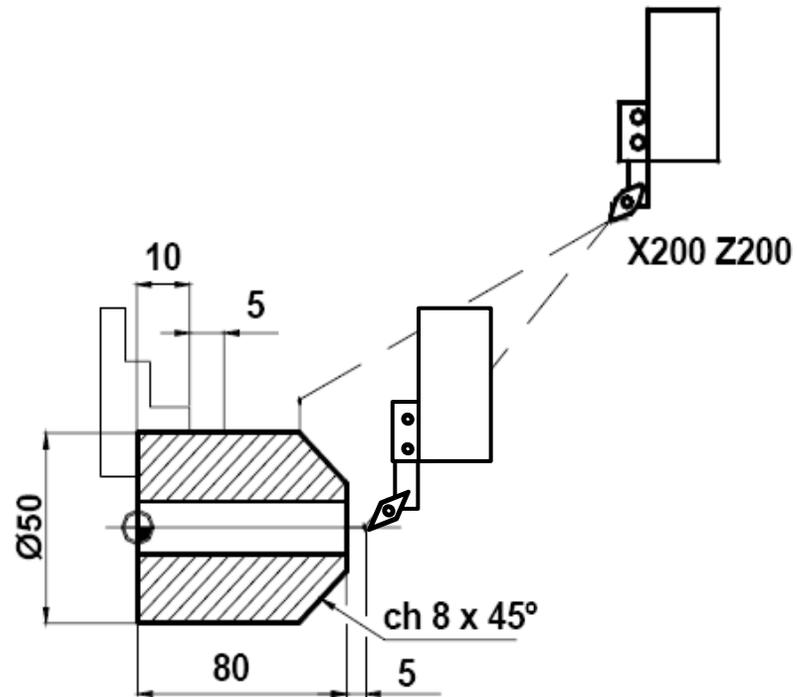
G92 – Define o sistema de coordenadas de trabalho

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

Tabelado

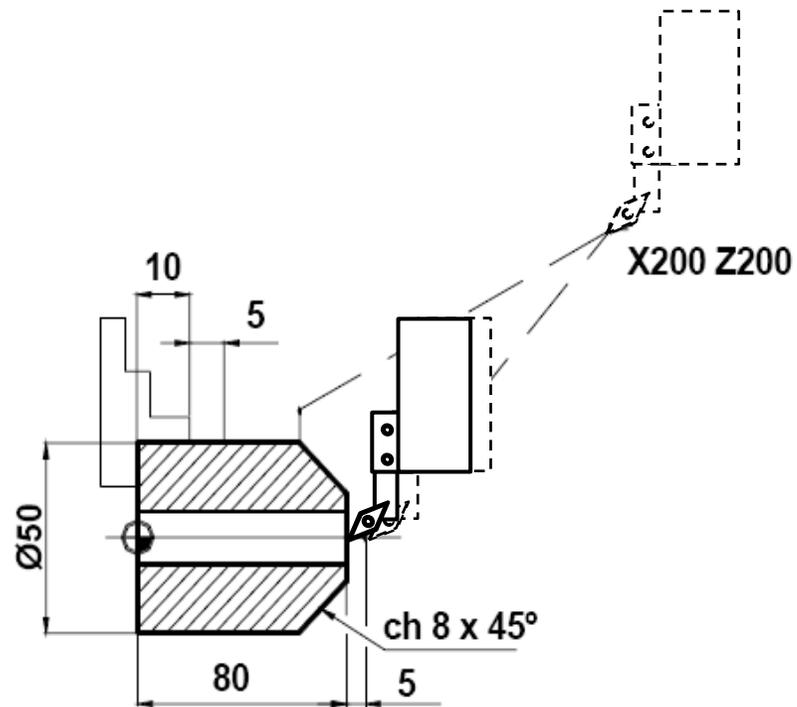
Technical drawing details:  
- Diameter: Ø50  
- Length: 80  
- Chamfer: ch 8 x 45°  
- Tool position: X200 Z200

## Exemplo de programa



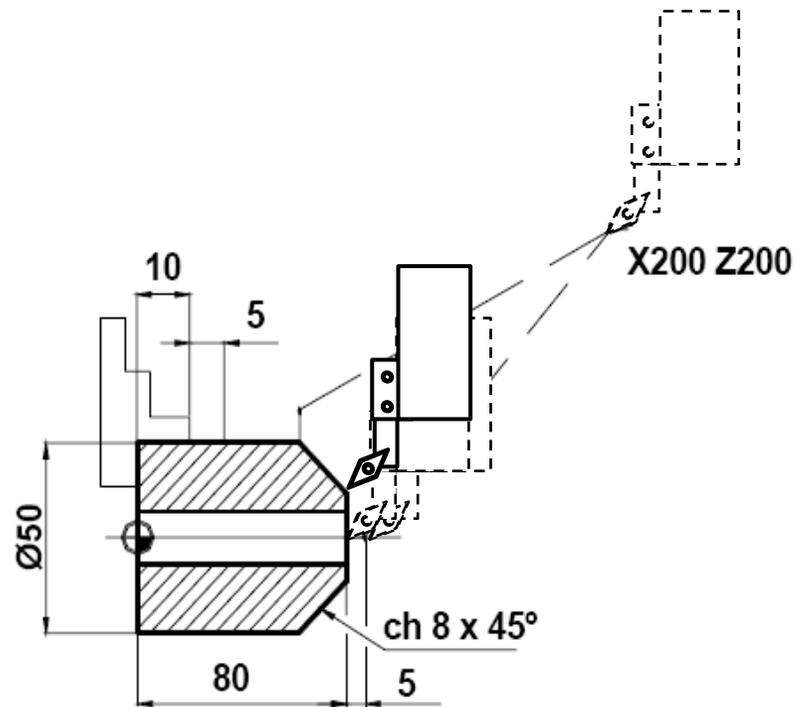
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;
```

## Exemplo de programa



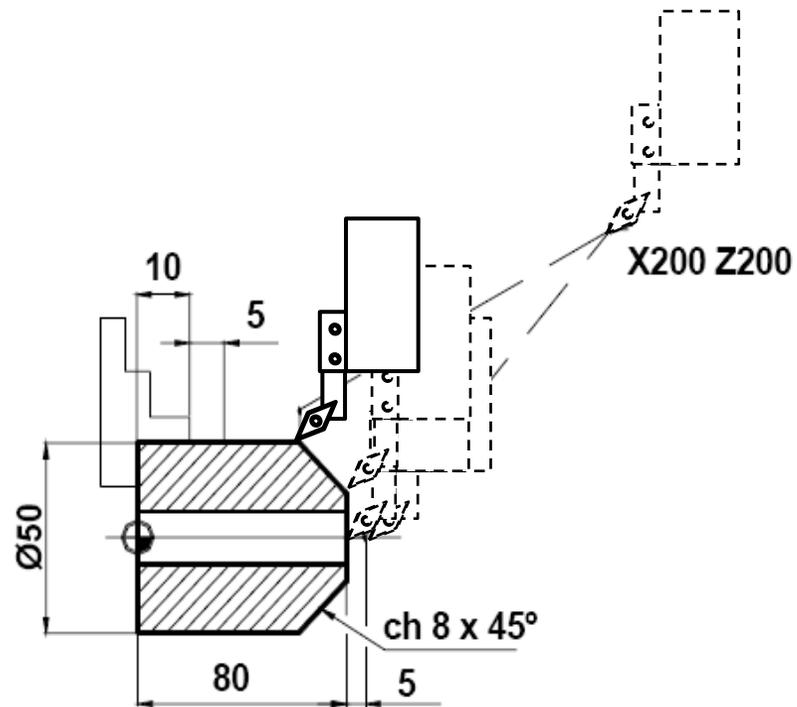
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5
```

## Exemplo de programa



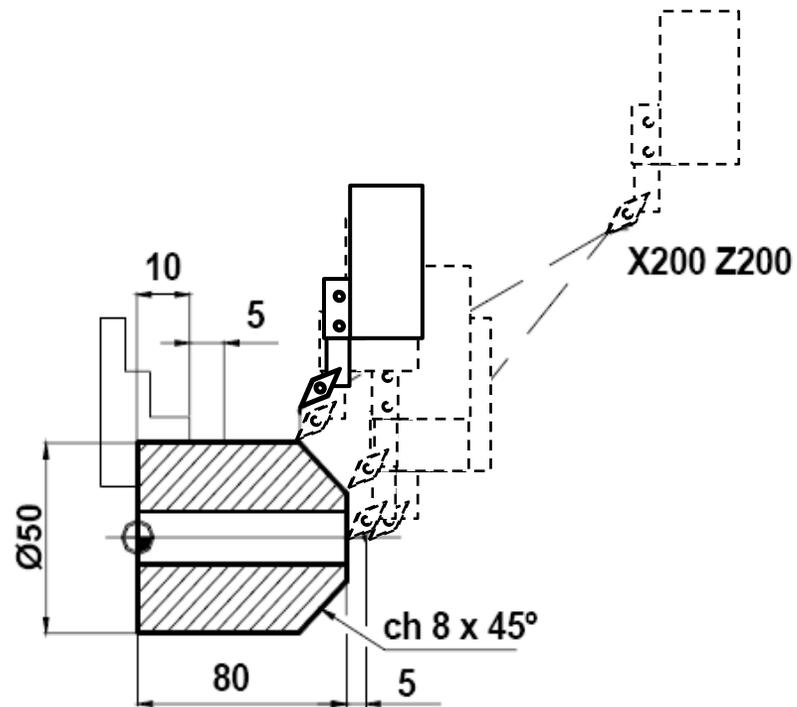
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5;  
N90 X34 F200
```

## Exemplo de programa



```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5;  
N90 X34 F200;  
N100 X50 Z72;
```

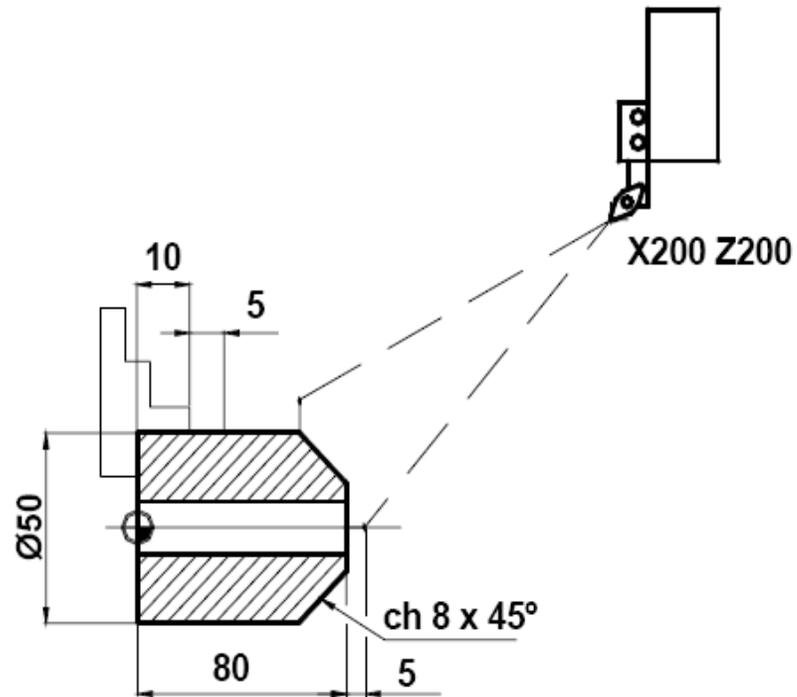
## Exemplo de programa



```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5;  
N90 X34 F200;  
N100 X50 Z72;  
N110 X55;
```



## Exemplo de programa

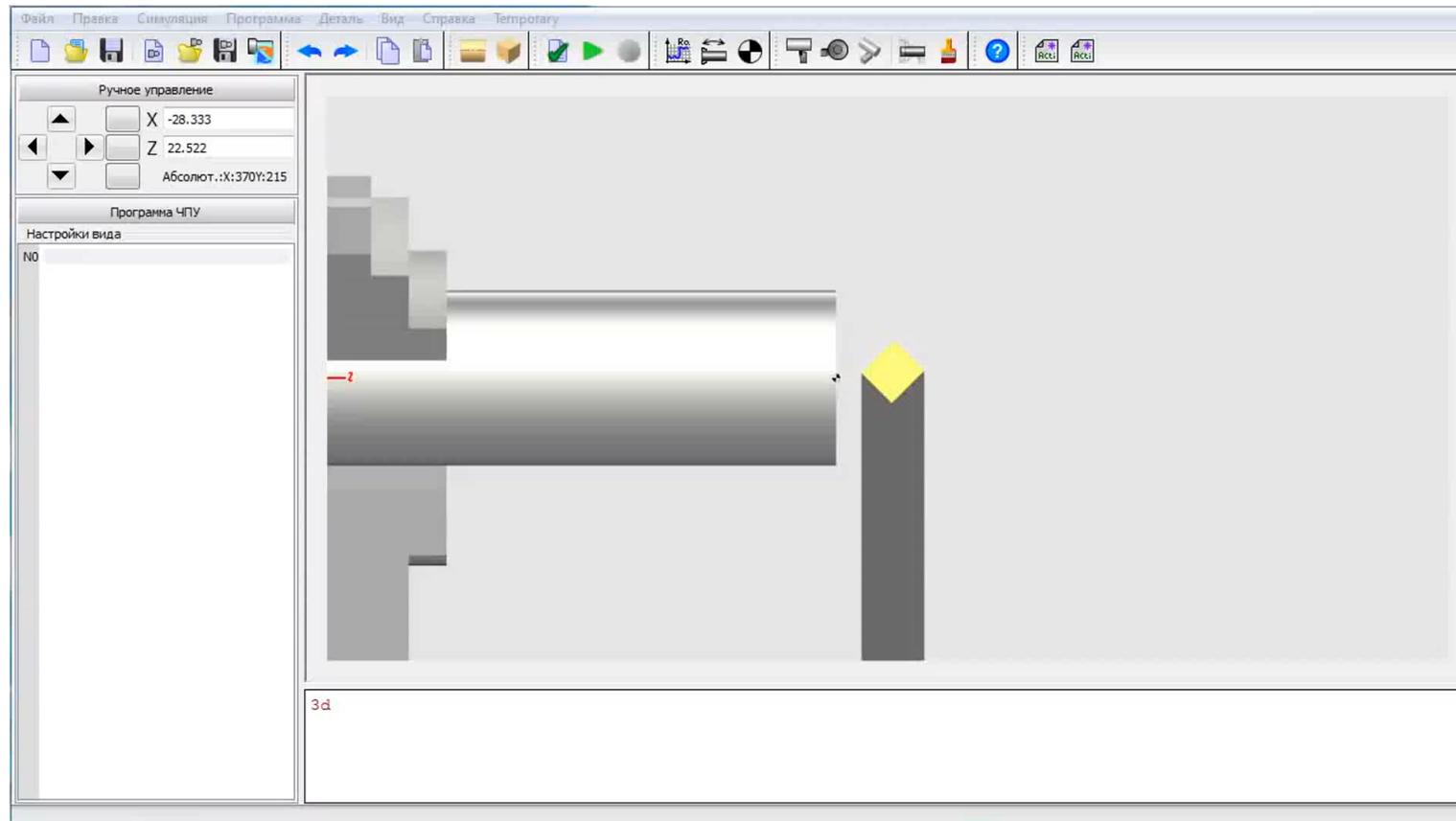


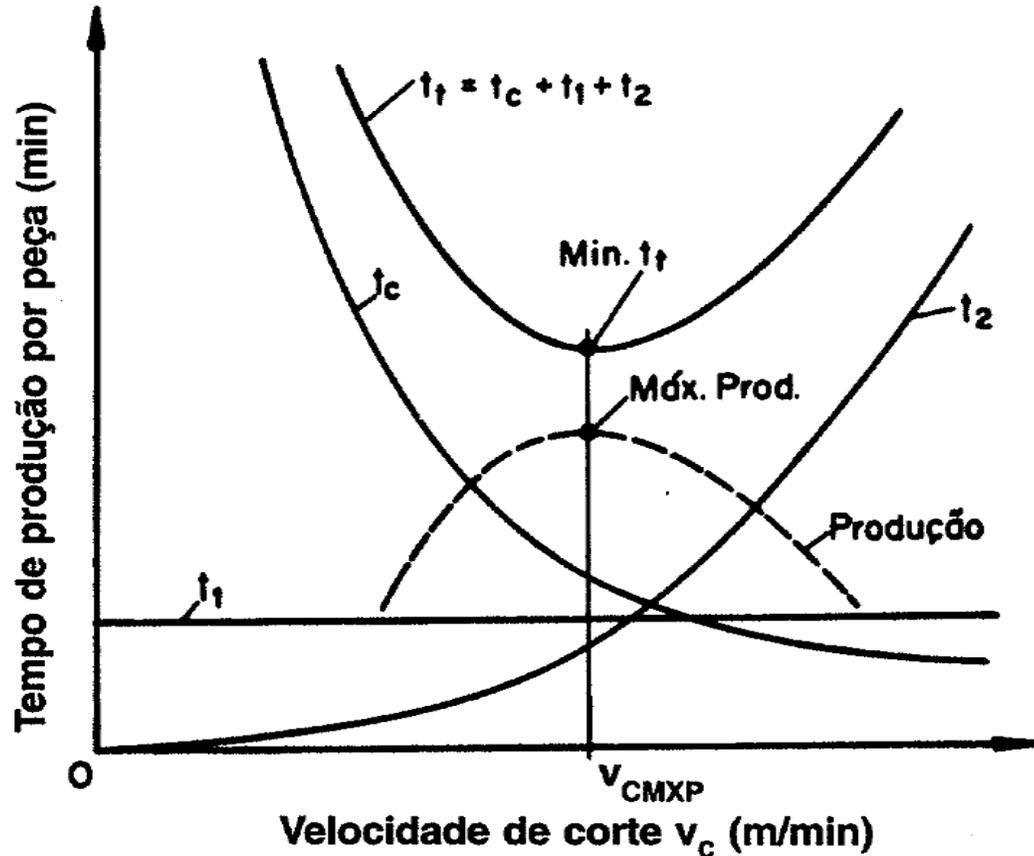
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;  
N50 G96 S220;  
N60 G92 S3500 M4;  
N70 G00 X0 Z85;  
N80 G01 Z80 F.5;  
N90 X34 F200;  
N100 X50 Z72;  
N110 X55;  
N120 G00 X200 Z200 T00;  
N130 M30;
```

M30 – Reset, Fim de programa

# CNC – Simulator

## Torno - <http://cnccsimulator.info/>





onde:  $t_c$  = tempo de corte, que diminui com o aumento da velocidade

$t_1$  = tempo improdutivo, referente à colocação, inspeção e retirada da peça, ção e afastamento da ferramenta, substituição da ferramenta e preparação para a usinagem de um lote, que é independente da velocidade

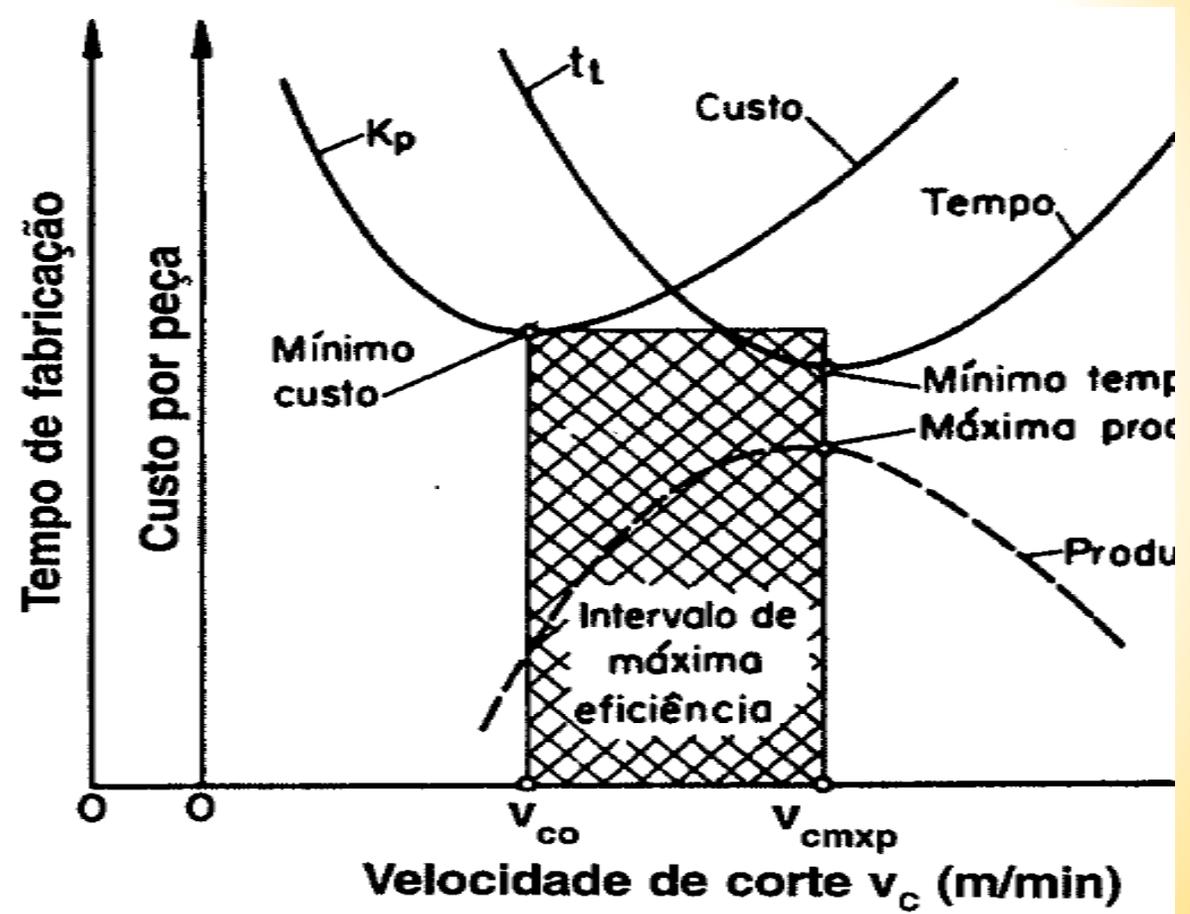
$t_2$  = tempo relacionado com a troca da ferramenta. Quanto maior a velocidade menor a vida da ferramenta e maior é o número de paradas da máquina substituição da mesma. Portanto, maior também esta parcela.

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2060275/mod\\_resource/content/1/Economia%20da%20Usinagem%20-%20Teoria.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2060275/mod_resource/content/1/Economia%20da%20Usinagem%20-%20Teoria.pdf)



O intervalo de máxima eficiência está entre a velocidade de corte de mínimo (V<sub>co</sub>) custo e máxima produção (V<sub>cmxp</sub>).

Figura 8.3 - Intervalo de Máxima Eficiência





## Referências

Tecnologia da usinagem dos materiais. Anselmo Eduardo Diniz, Francisco Carlos Marcondes e Nivaldo Lemo Copini . Artliber

Teoria da usinagem dos materiais. A.R. Machado, A.M. Abrão, M.B. da Silva e R.T. Coelho. Editora Blucher.

Kalpakajian

Fundamentos da Usinagem dos Metais (Dino Ferraresi)

e Agradecimentos ao Prof. Dr. Rodrigo Stoeterau



# Sumário