

Tecnologia de Comando Numérico

164399

Aula 7

Programação CN orientada aos Centros de Torneamento

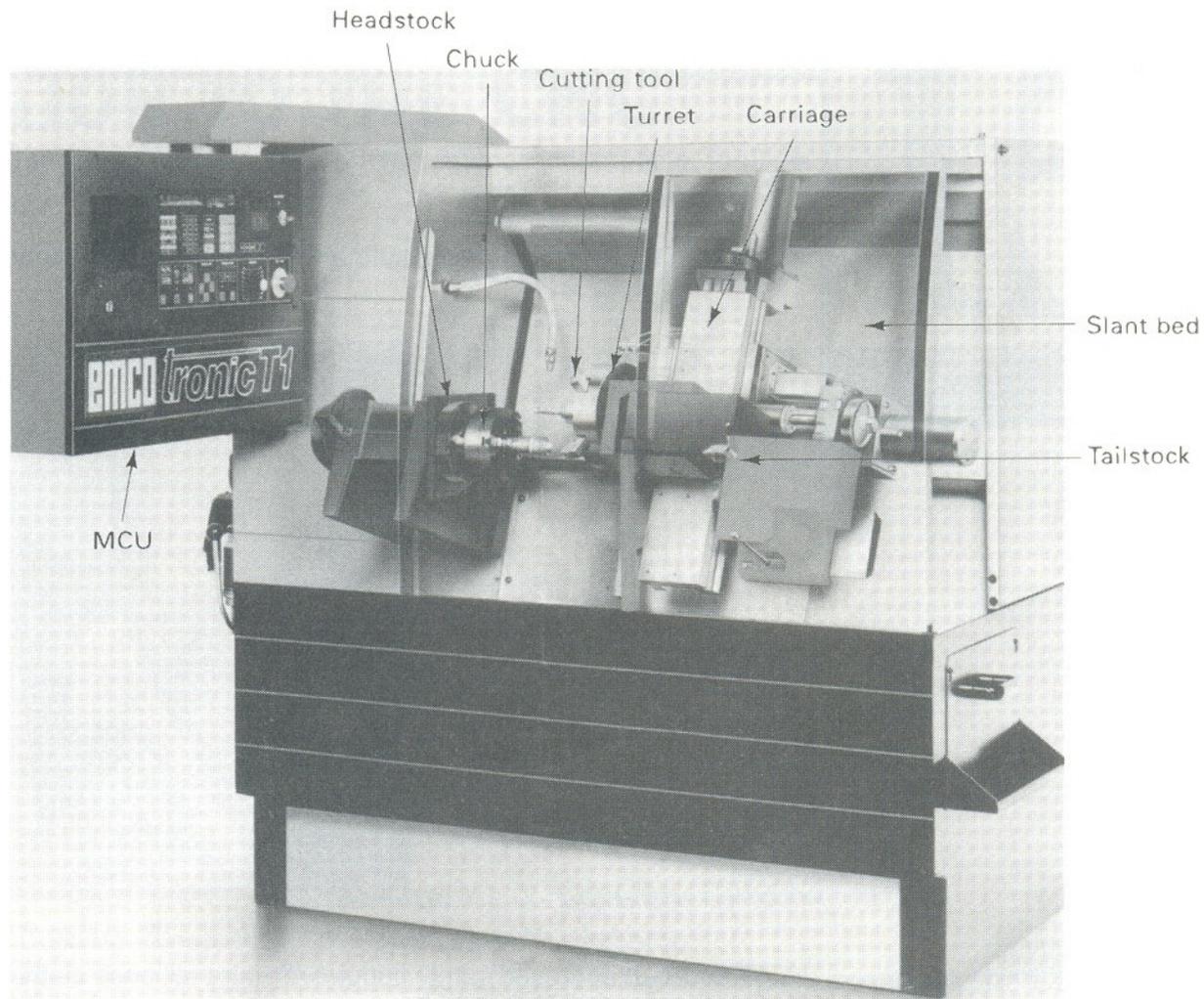
Prof. Edson Paulo da Silva

Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento

Centros de Torneamento (CT)

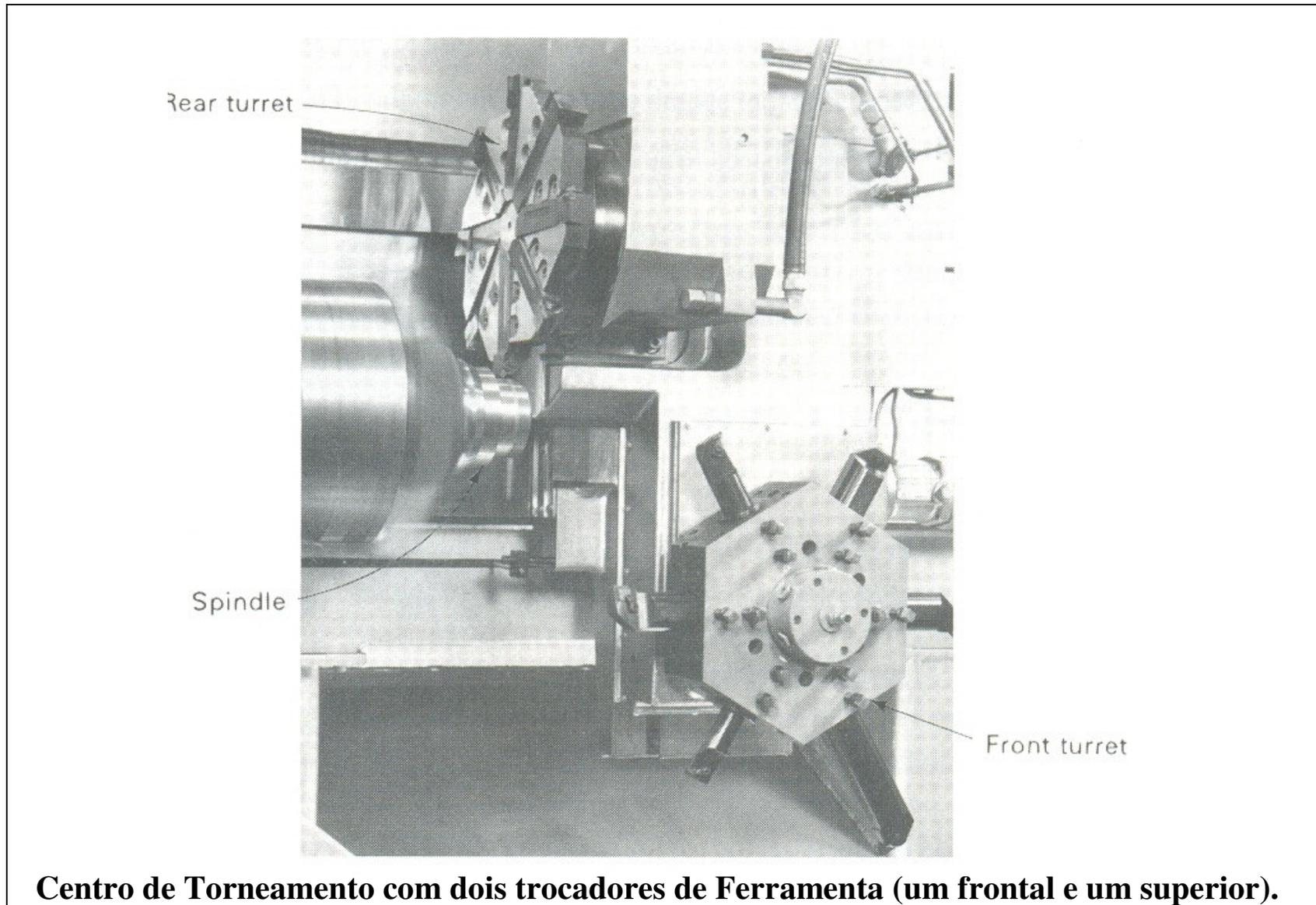
- Tornos são máquinas ferramenta projetadas para remover material de peças cilíndricas fixas e que giram em torno de um eixo;
- O Centros de Torneamento são máquinas ferramentas automatizadas com a tecnologia CNC e seus principais componentes básicos são:
 - Eixo árvore: transmite o movimento rotacional à peça através da placa;
 - Placa: dispositivo que fixa a peça ao eixo árvore;
 - Trocador de ferramenta: suporta a ferramenta ativa e executa a troca de ferramenta;
 - CNC – Comando Numérico Computadorizado;

Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento

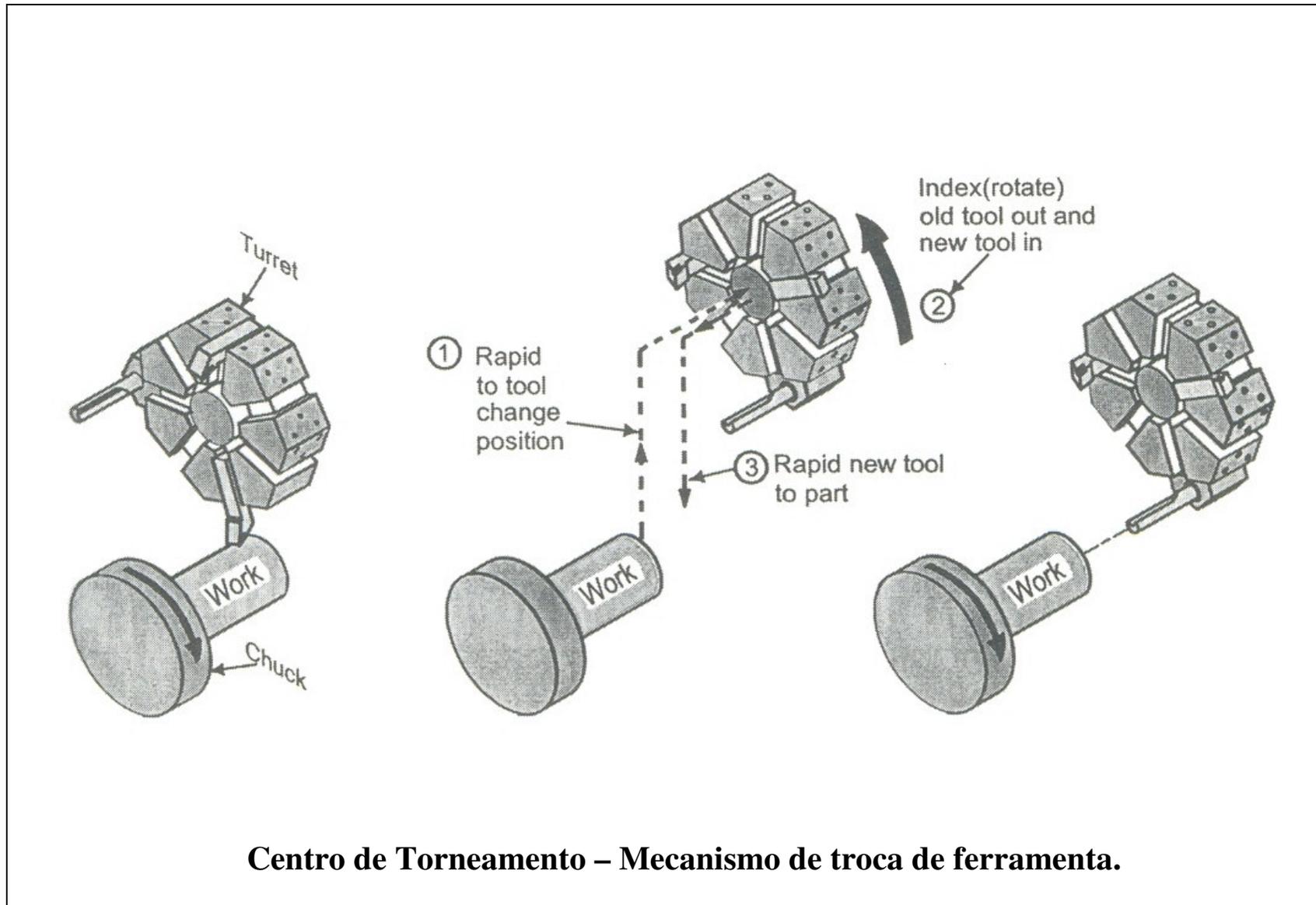


Componentes básicos de um Centro de Torneamento típico.

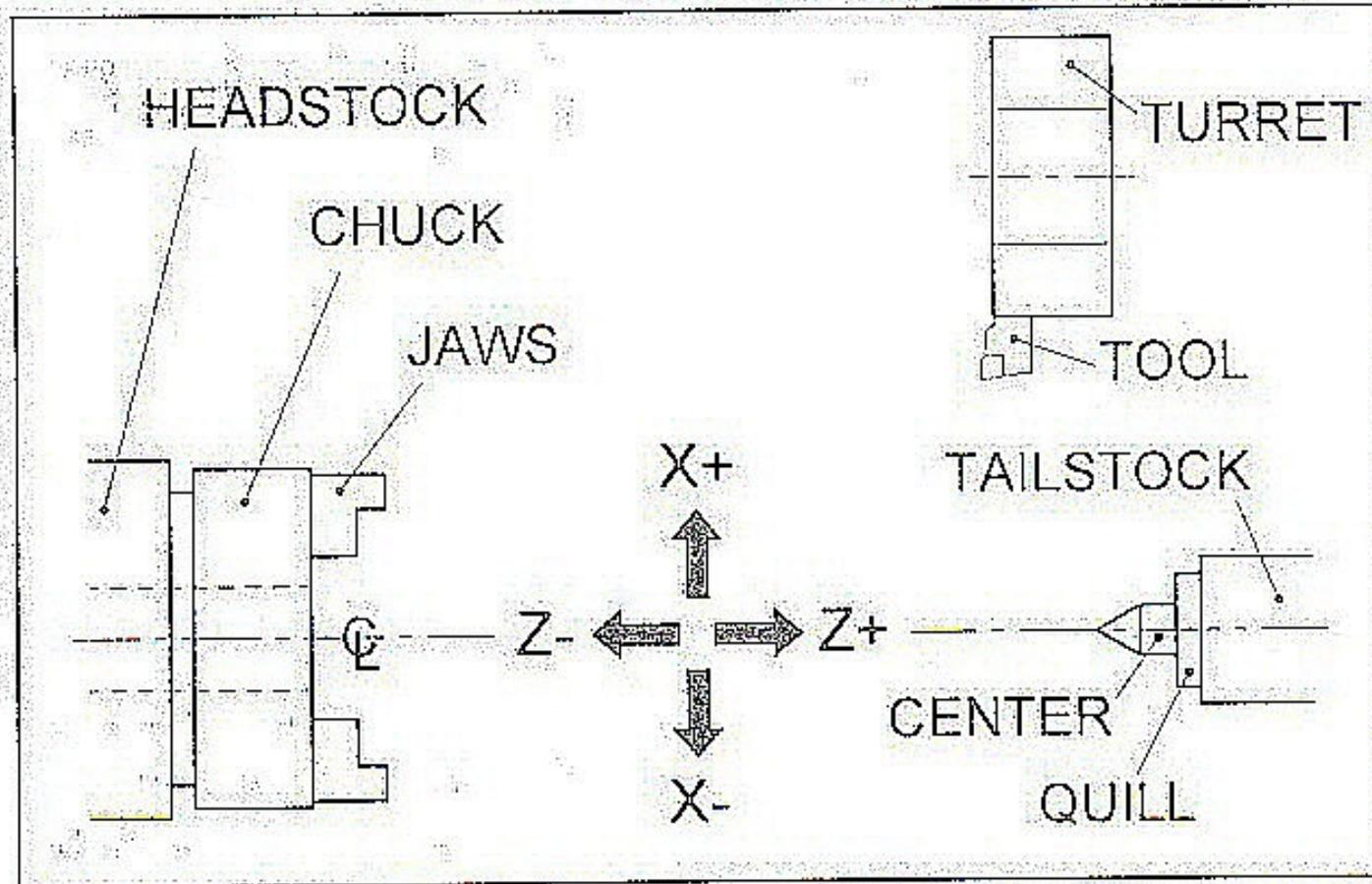
Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento



Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento

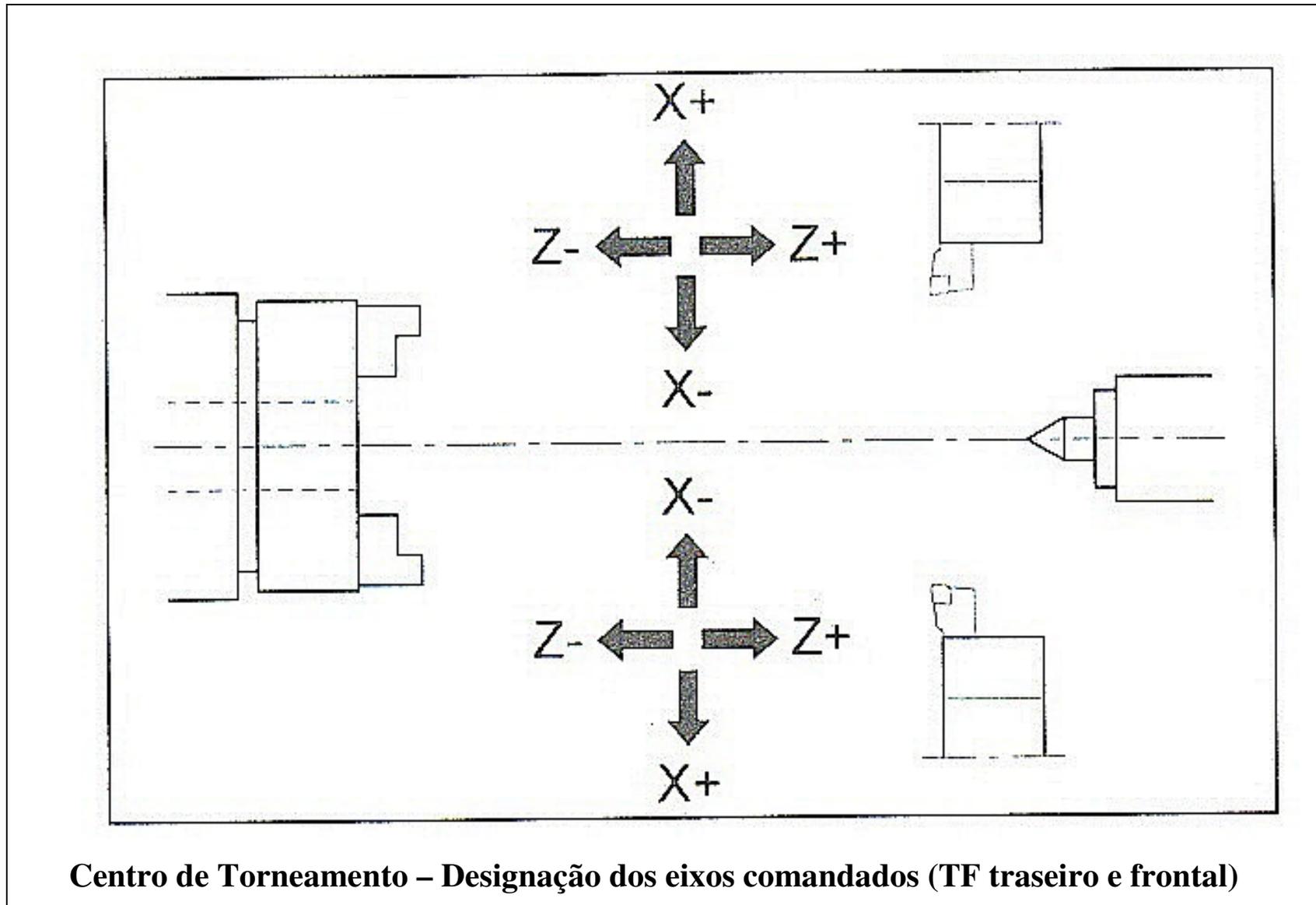


Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento



Centro de Torneamento – Designação dos eixos comandados (TF traseiro)

Programação CN Orientada aos Centros de Torneamento



Centro de Torneamento – Designação dos eixos comandados (TF traseiro e frontal)

Operações típicas dos Centros de Torneamento

Os CT são capazes de realizar várias operações de usinagem como:

- Faceamento interno e lateral;
- Torneamento cilíndrico interno e externo;
- Torneamento cônico interno e externo
- Abertura de canais internos e externos;
- Furação com broca;
- Roscamento interno e externo;

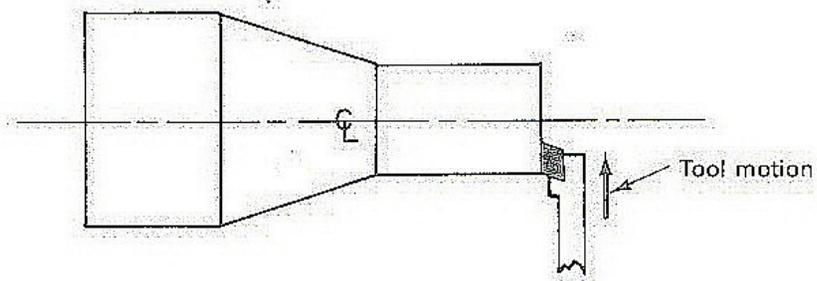


FIGURE 15-5 OD facing.

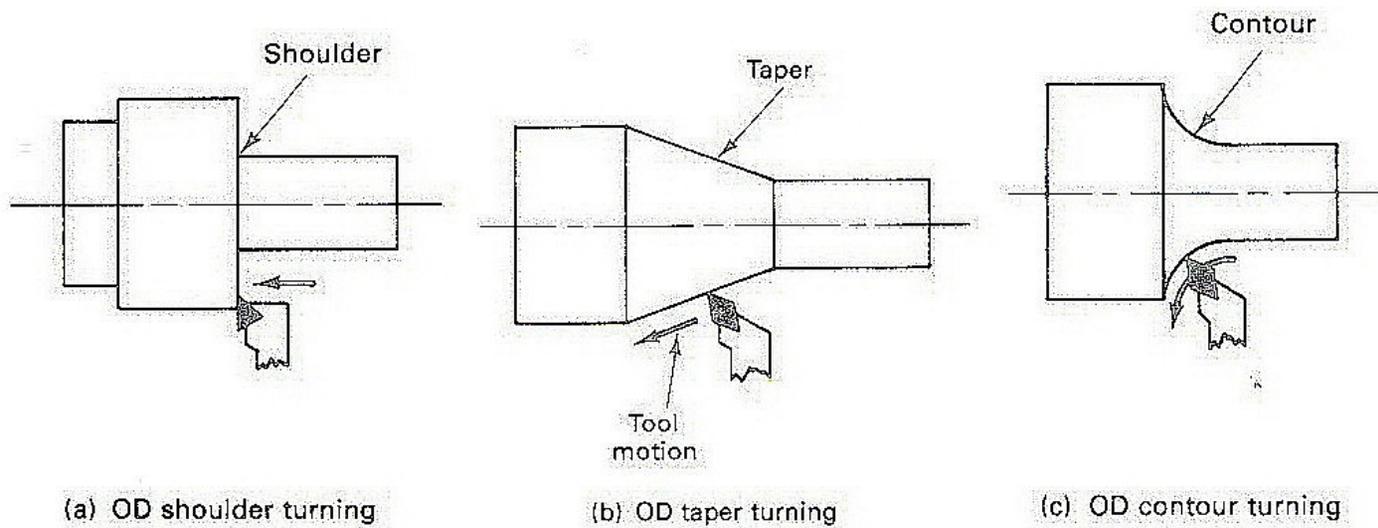


FIGURE 15-6 Turning.

Centros de Torneamento – Operações Típicas

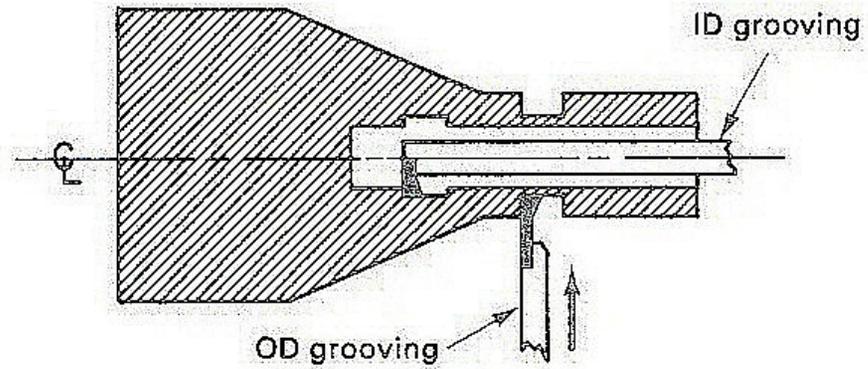


FIGURE 15-7 Grooving.

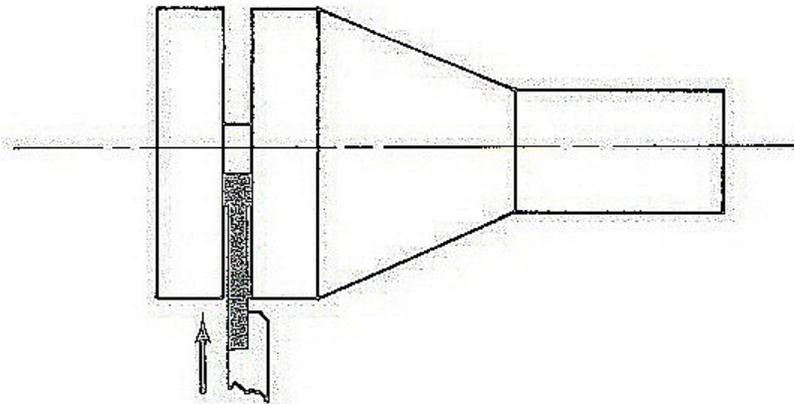


FIGURE 15-8 Parting.

Centros de Torneamento – Operações Típicas

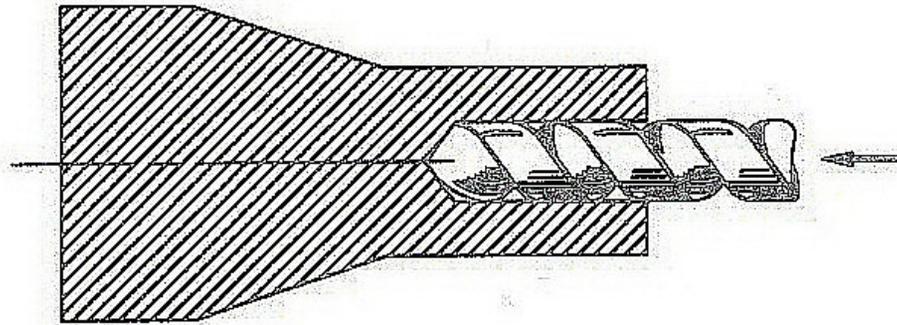


FIGURE 15-9 Drilling.

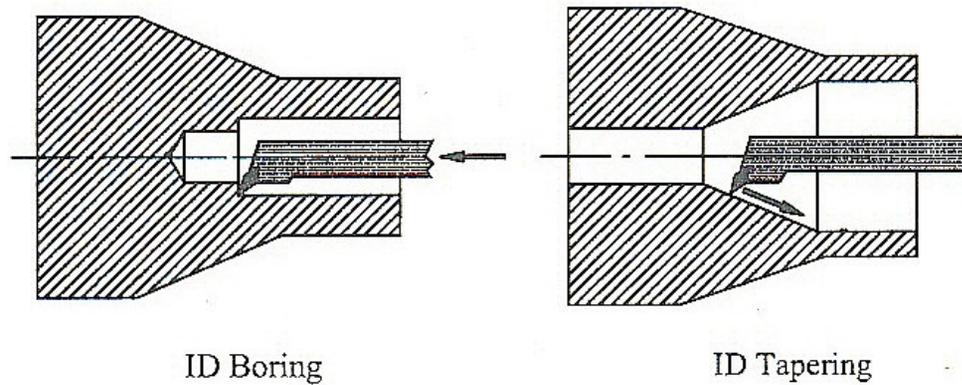


FIGURE 15-10 Boring.

Centros de Torneamento – Operações Típicas

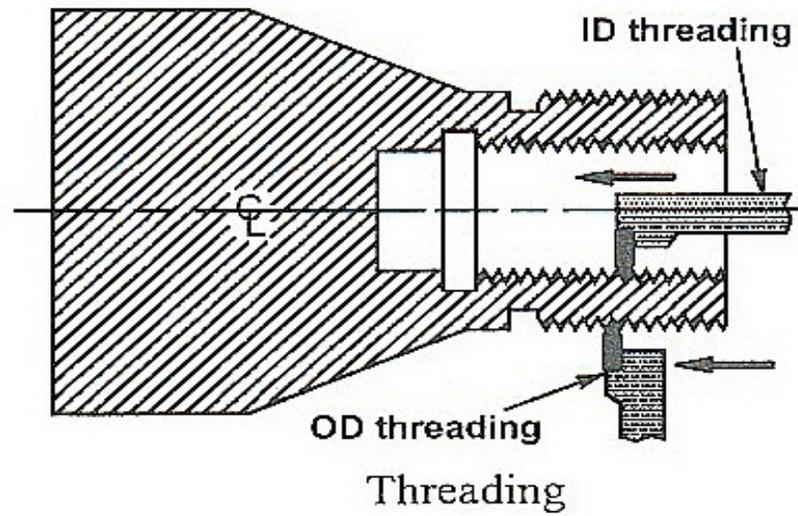
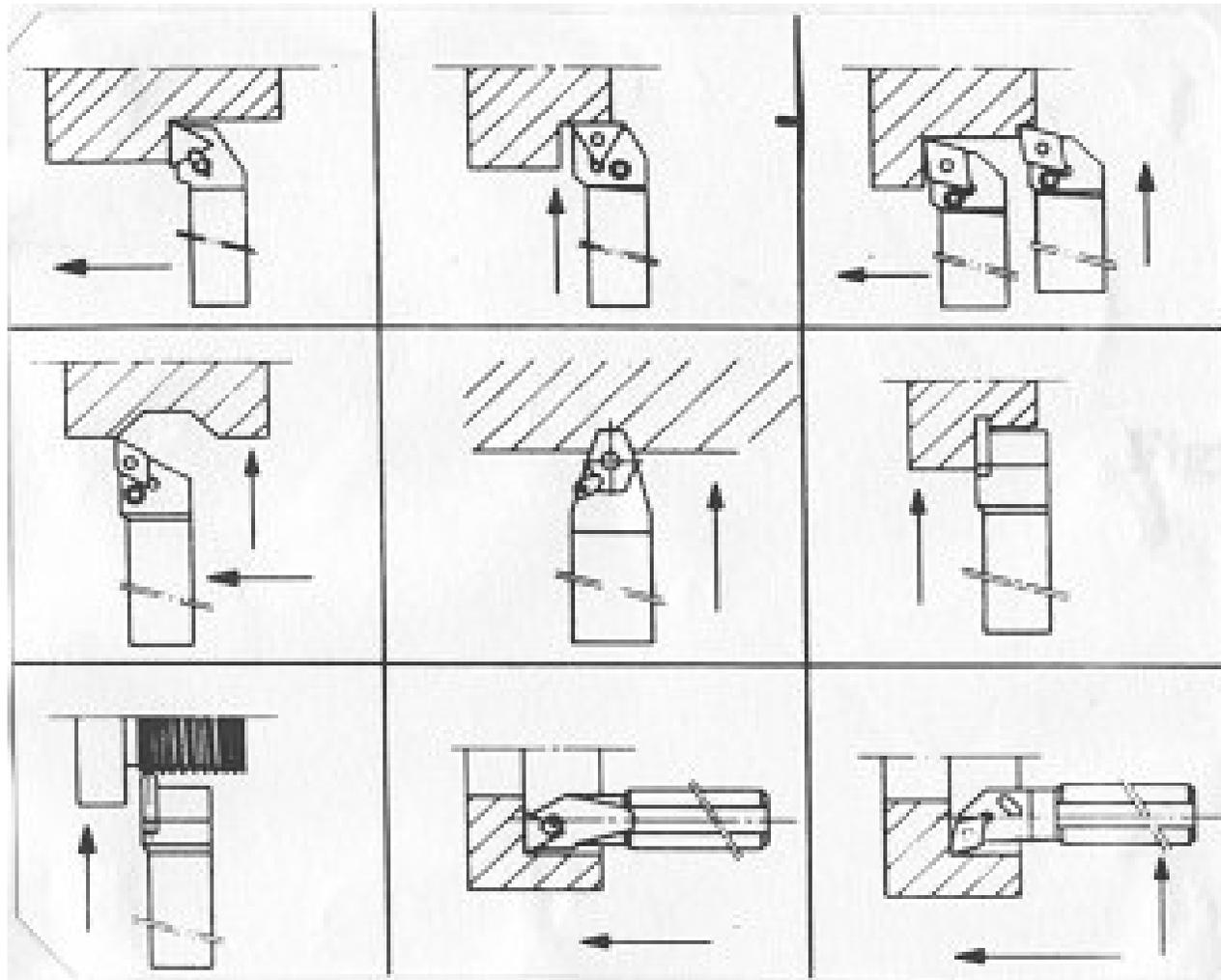
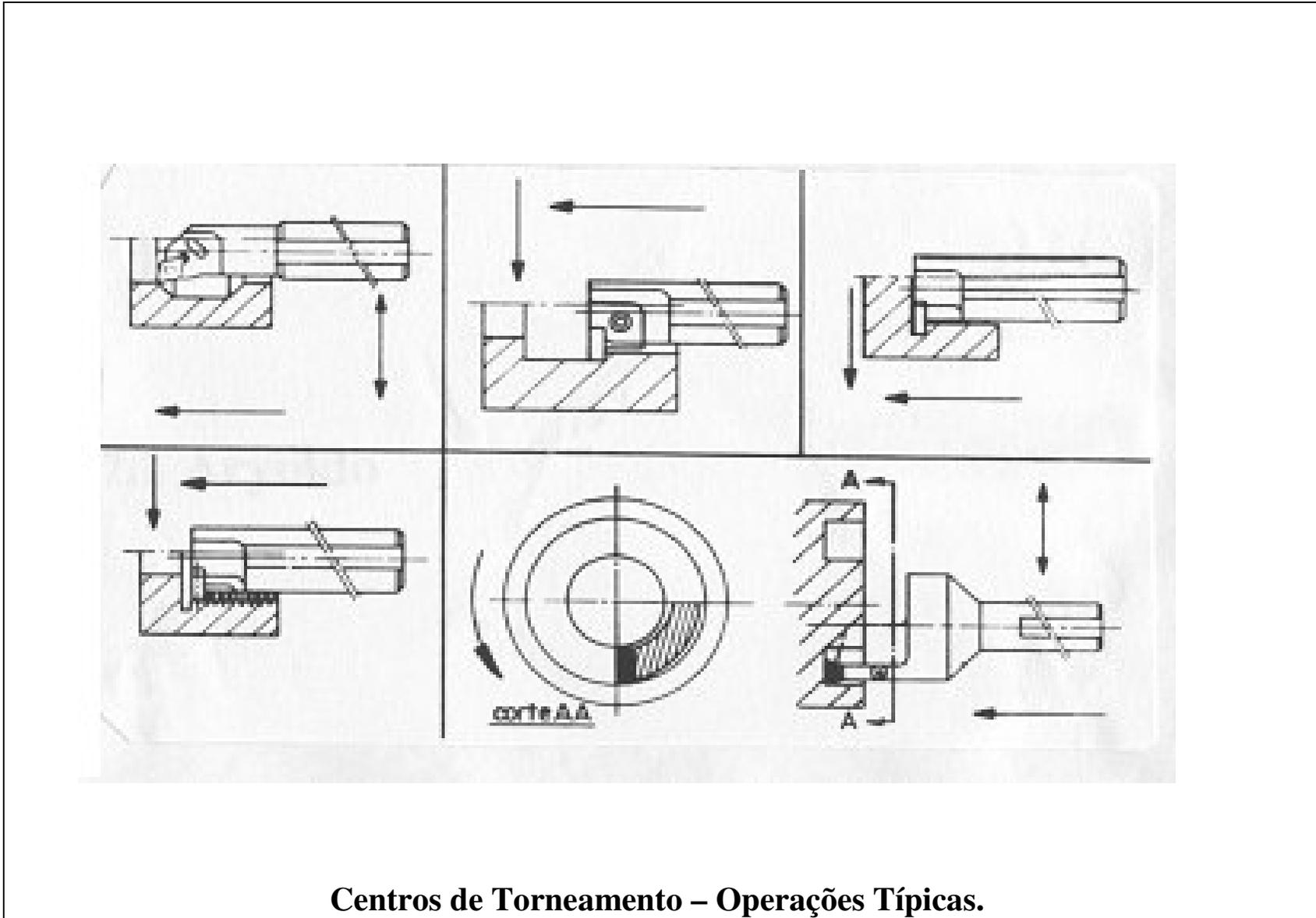


FIGURE 15-11 Threading.

Centros de Torneamento – Operações Típicas



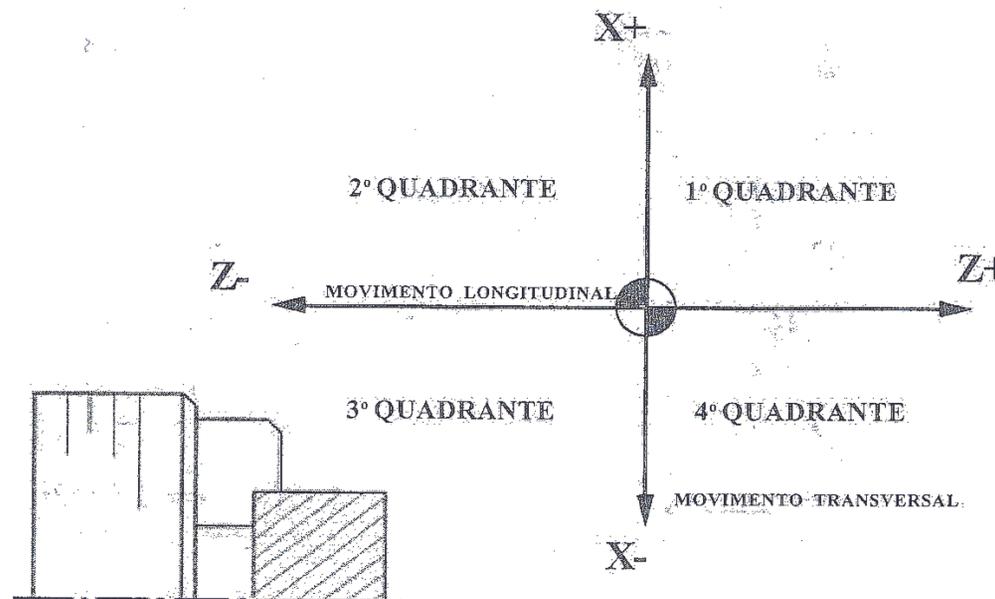
Centros de Torneamento – Operações Típicas.



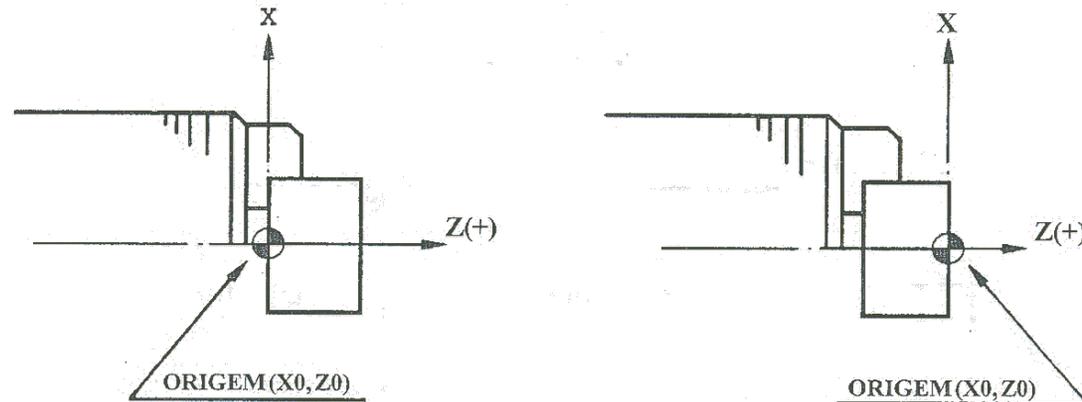
Centros de Torneamento – Operações Típicas.

Sistema de Coordenadas em CT

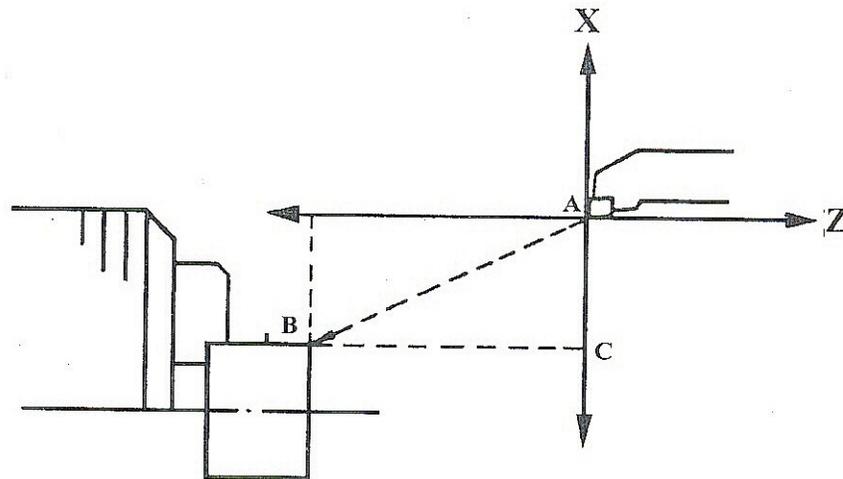
- Todos movimentos da ferramenta são descritos no plano XZ, em relação ao Zero Peça. Os sinais das coordenadas são função do quadrante onde a ferramenta está;



– Sistema de Coordenadas Absolutas

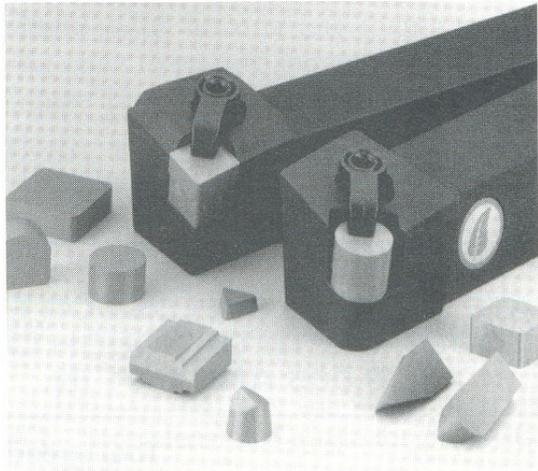


– Sistema de Coordenadas Incrementais



Ferramentas para operações de Centros de Torneamento

- Os Centros de Torneamento modernos utilizam fixadores de ferramenta como insertos substituíveis/indexáveis. Existem fixadores específicos para cada tipo de operação;
- Existem insertos de diferentes materiais como carbonetos, cerâmicas e diamantes entre outros;
- As vantagens da utilização dos insertos inclui a precisão do raio da ponta da ferramenta que facilita a determinação do centro de raio das ferramentas;



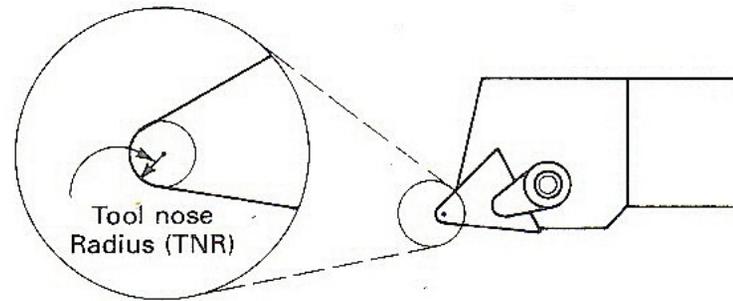
(a) Ceramic insert tooling

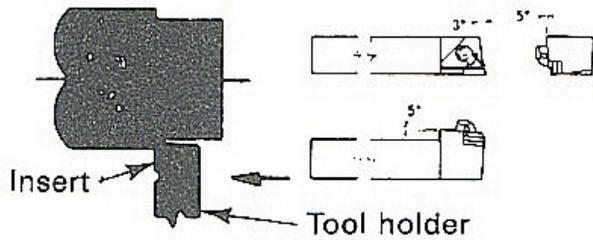


(b) Carbide insert turning tool

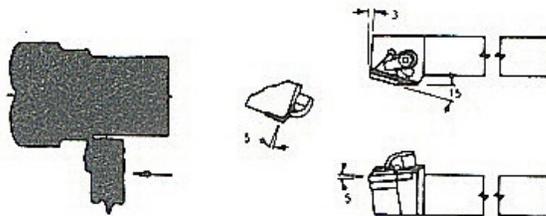


(c) Carbide insert boring bars

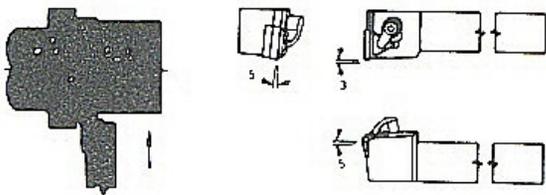




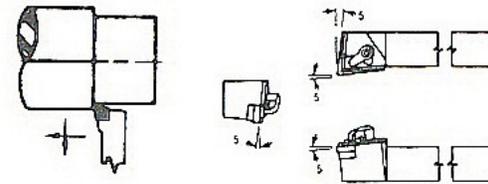
Style A for turning, facing or to a square shoulder.



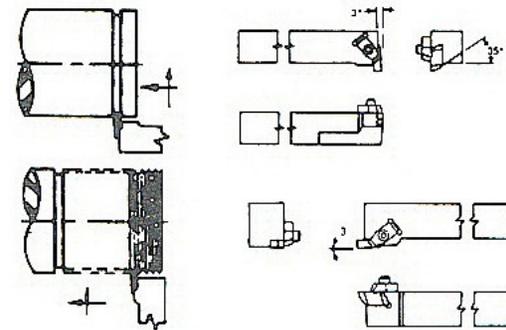
Style B for rough turning, facing or boring where a square shoulder is not required.



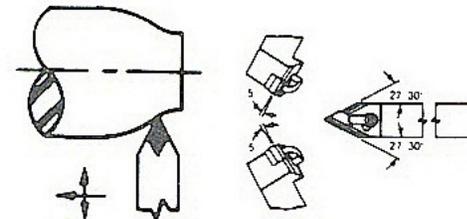
Style F for facing, straddle facing or turning with shank parallel to work axis.



Style L for both turning and facing with same tool. 80° diamond insert.

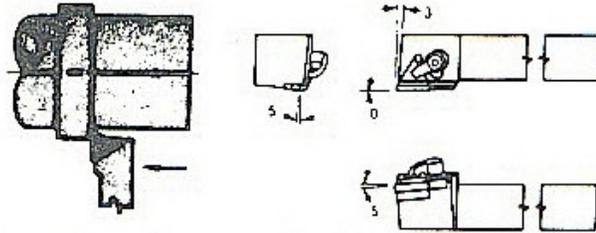


Style NE and style NS for threading and grooving operations. Inserts available for 60° V, Acme, Buttress and API threads.

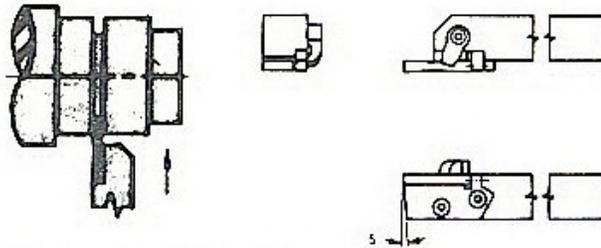


Style P for Profile machining. Insert centrally located.

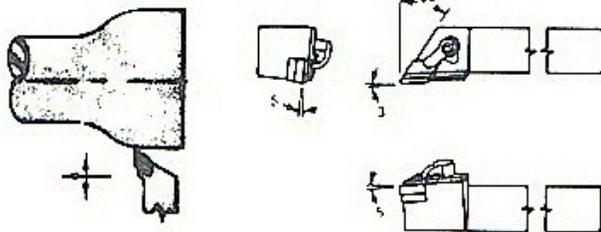
Tipos de fixadores de ferramenta (Kennametal).



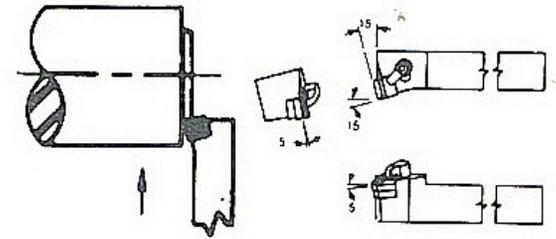
Style G for turning close to chuck or shoulder, or facing to a corner.



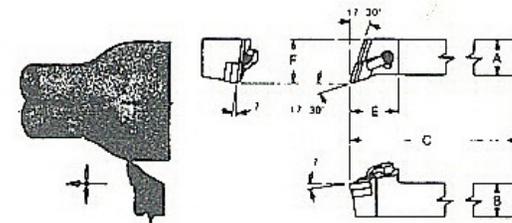
Style GCH for deep grooving.



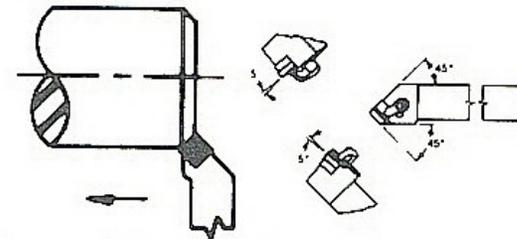
Style J for profiling and finish turning.



Style K for lead angle facing or turning with shank parallel to work axis.

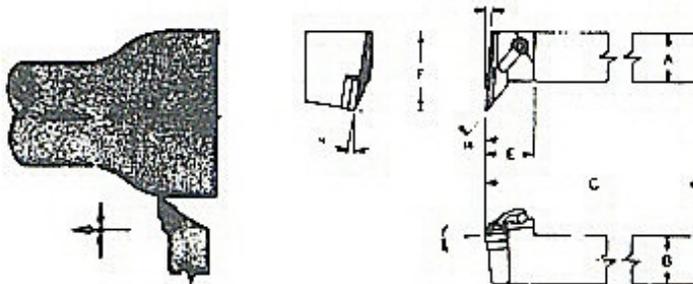


Style Q for profiling machining 55° insert.

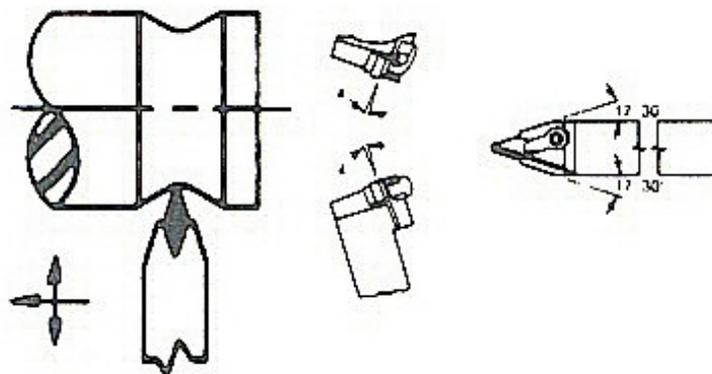


Style S for chamfering and facing 45° lead angle.

Tipos de fixadores de ferramenta (Kennametal).



Style U for profile machining 35° insert.



Style V for profile machining. 35° insert.

Tipos de fixadores de ferramenta (Kennametal).

insert identification system

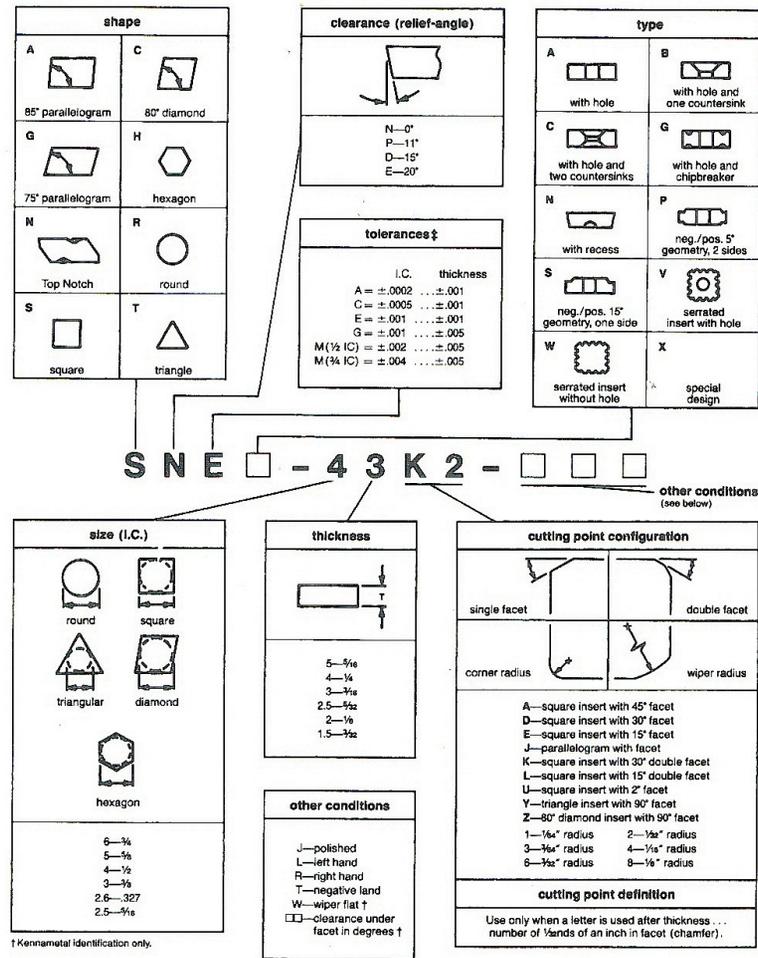
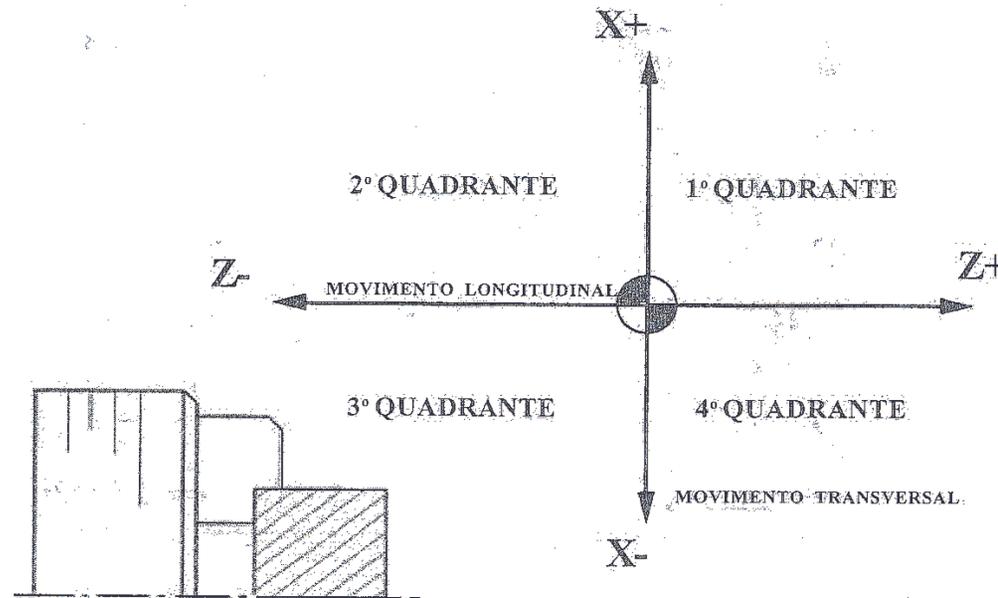


FIGURE 3-9 Kennametal insert identification system. (Courtesy of Kennametal, Inc.)

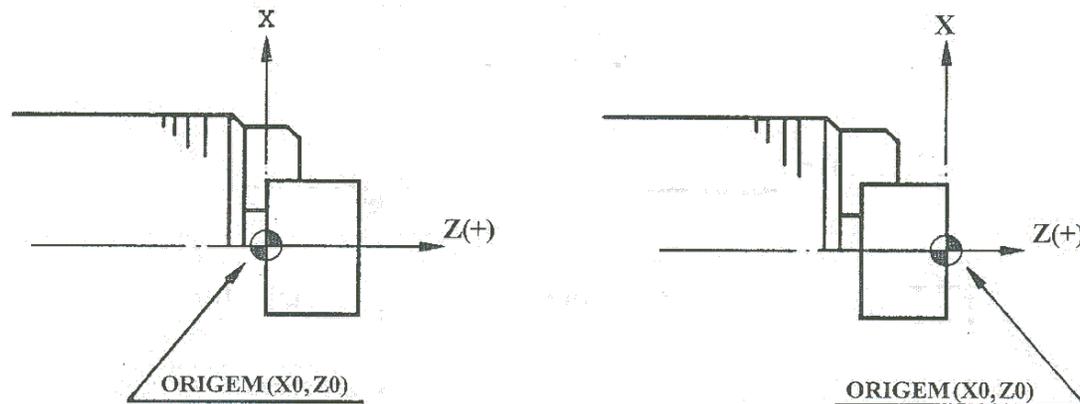
Sistema de identificação de inserto da Kennametal.

Sistema de Coordenadas em CT

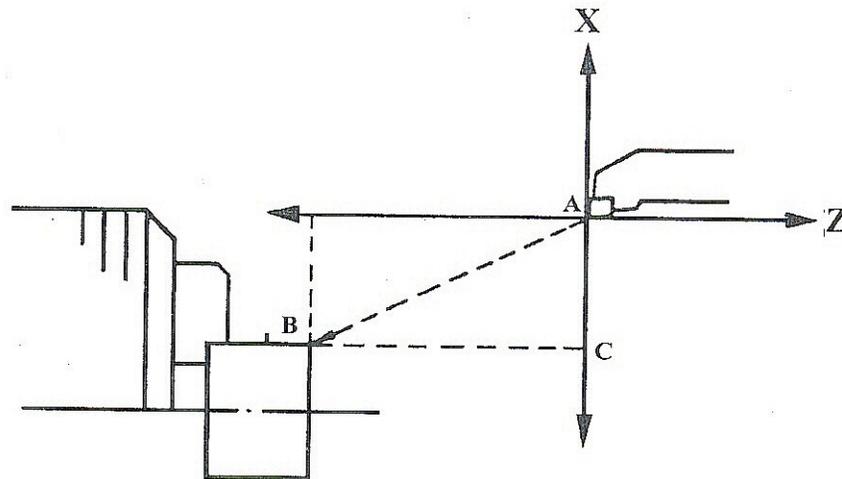
- Todos movimentos da ferramenta descritos no plano XZ, em relação ao Zero Peça. Os sinais das coordenadas são função do quadrante onde a ferramenta está;



- Sistema de Coordenadas Absolutas

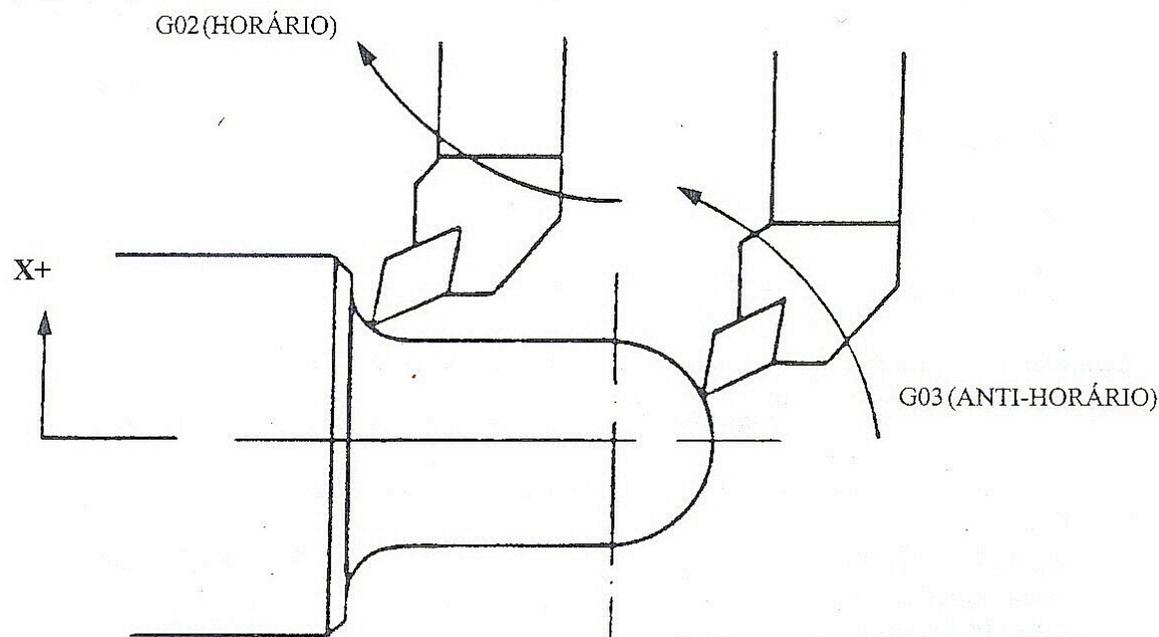


- Sistema de Coordenadas Incrementais



Programando Centro de Torneamento

- Interpolação circular: G02 e G03;



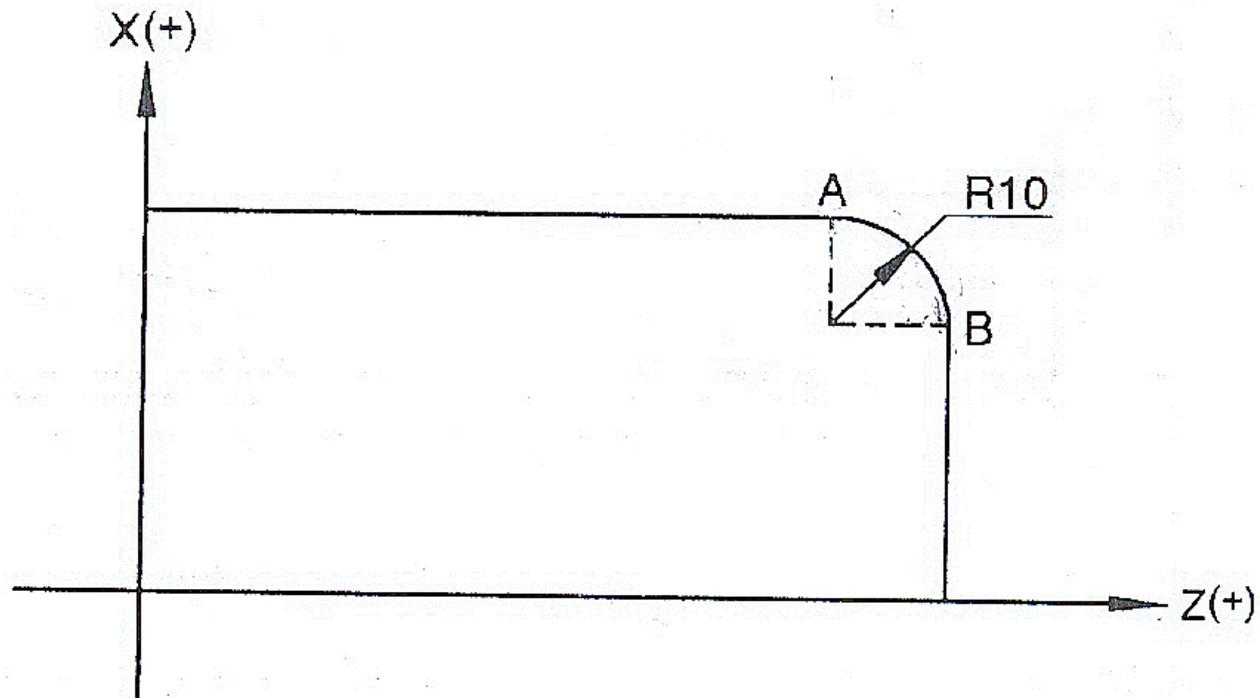
G02/G03 X__Z__R__ (R = raio, sempre positivo) ou
G02/03 X__Z__I__K__

- Usando I e K

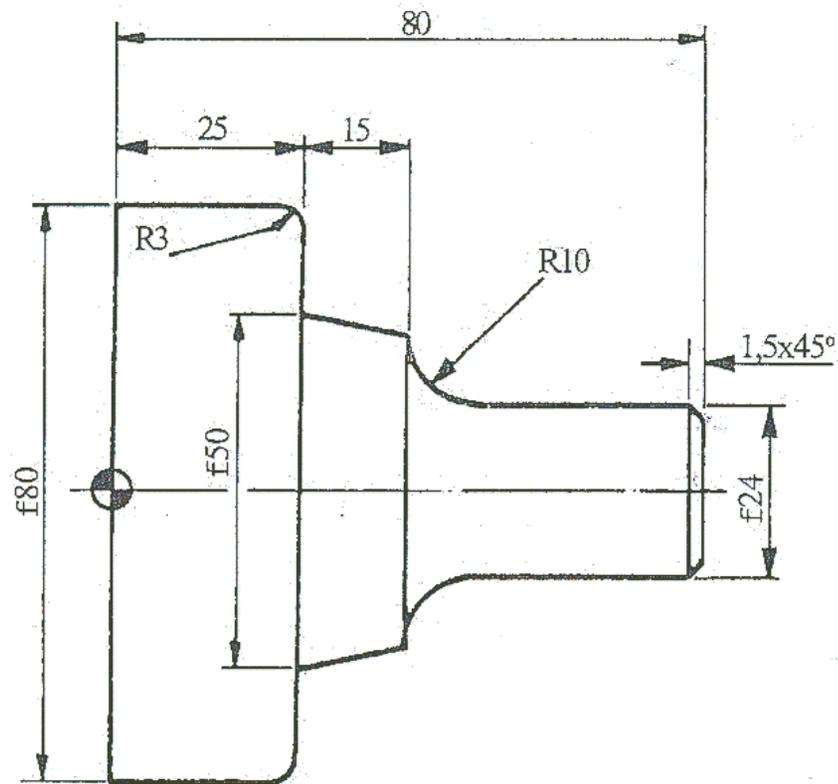
EXEMPLO:

SENTIDO A-B: I-10 K0

SENTIDO B-A: I0 K-10



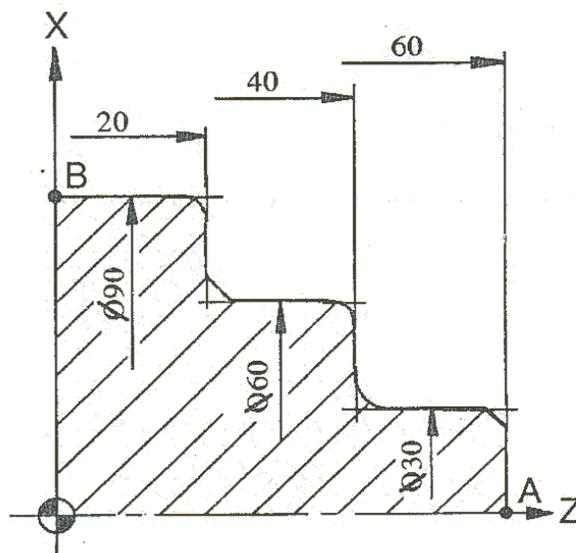
Exemplo



```
N30 G0 X21 Z81;  
N40 G1 Z80 F.25;  
N50 X24 Z78.5;  
N60 Z50;  
N70 G2 X44 Z40 R10;  
ou  
N70 G2 X44 Z40 I10 K0;  
N80 G1 X50 Z25;  
N90 X74;  
N100 G3 X80 Z22 R3;  
ou  
N100 G3 X80 Z22 I0 K-3;  
N110 G1 Z0;
```

Coordenada X sempre em diâmetro

- Chanframento e arredondamento de cantos: C e R (Fanuc)
 - Chanfros ou cantos arredondados podem ser inseridos automaticamente entre dois movimentos lineares que formem ângulos retos (90°), programando C ou R no bloco que gera o primeiro movimento linear;



A → B

```

N40 G01 X0 Z60 F.3;
N50 X30 C3;
N60 Z40 R3;
N70 X60 R3;
N80 Z20 C3;
N90 X90 R3;
N100 Z0;
  
```

B → A

```

N40 G01 X90 Z0 F.2;
N50 Z20 R3;
N60 X60 C3;
N70 Z40 R3;
N80 X30 R3;
N90 Z60 C3;
N100 X0;
  
```

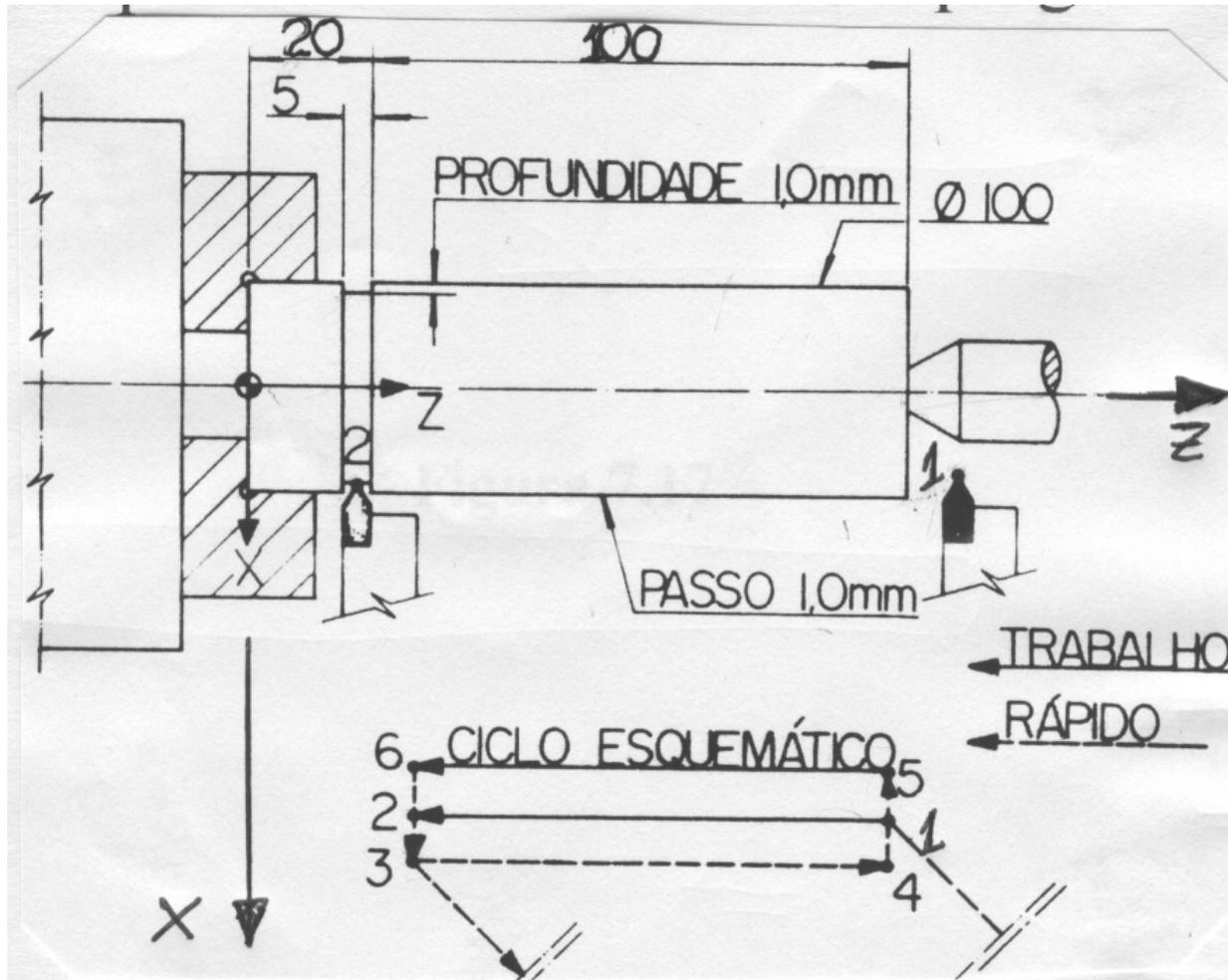
OBS.: No exemplo foram considerados raios e chanfros de "3mm"

– **Abertura de roscas**

Função G33: o movimento de rotação do eixo árvore é sincronizado com o movimento de avanço do carro;

- **Roscas paralelas ao eixo Z:**

- Os pontos inicial e final da rosca são definidos por **X** e **Z**;
- O passo da rosca é definido por **I** e **K** (definem projeções do passo sobre os eixos x e z respectivamente);



		COORD. X	COORD. Z
Ponto de Início	1	49,5	125,0
Ponto de Término	2	49,5	17,5
Ponto de Saída	3	50,5	17,5
Ponto 4		50,5	125,0
Ponto 5		49,0	125,0
Ponto 6		49,0	17,5

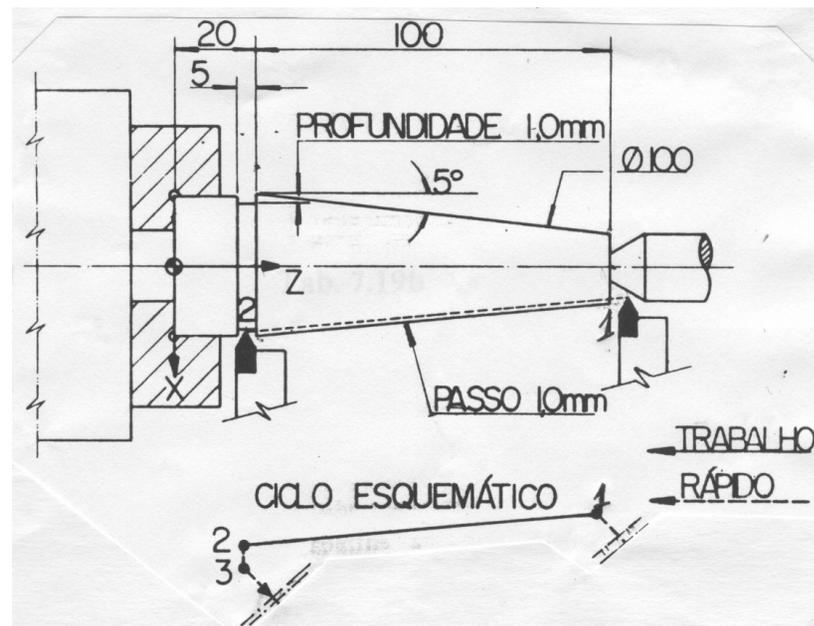
n 0001	g01	x 49500	z 125000		f0(*)	Aproximação rápida
n 0002	g33		z 17500	k 1000		1º Passe da rosca
n 0003	g01	x 50500			f0	Saída rápida
n 0004			z 125000			Posicionamento em "z"
n 0005		x 49000				Realimentação para 2º passe
n 0006	g33		z 17500	k 1000		2º Passe da rosca
n 0007	g01	x 50500			f0	Saída rápida

Programa manuscrito para abertura da rosca paralela.

Nota: f0 - Função auxiliar de avanço rápido

- **Roscas cônicas**

- Para cada passo longitudinal (em z através de K) existirá uma componente transversal do passo (em x através de I). I será função de K e do ângulo de conicidade. Ou seja, os dois carros movem-se simultaneamente;



– **Cálculo das coordenadas dos pontos 1,2 e 3**

Ponto 1:

$$Z1 = 100 + 20 + 5 = 125$$

$$X1 = (100/2 - 1) - 5.tg. 5^\circ = 48,562557$$

Ponto 2:

$$Z2 = 20 - 5/2 = 17,5$$

$$X2 = 48,562557 + (100 + 5 + 2,5).tg 5^\circ = 57,967588$$

$$K = 1$$

$$I = K.tg 5^\circ = 0,0874886$$

Ponto 3:

$$Z3 = 17,5$$

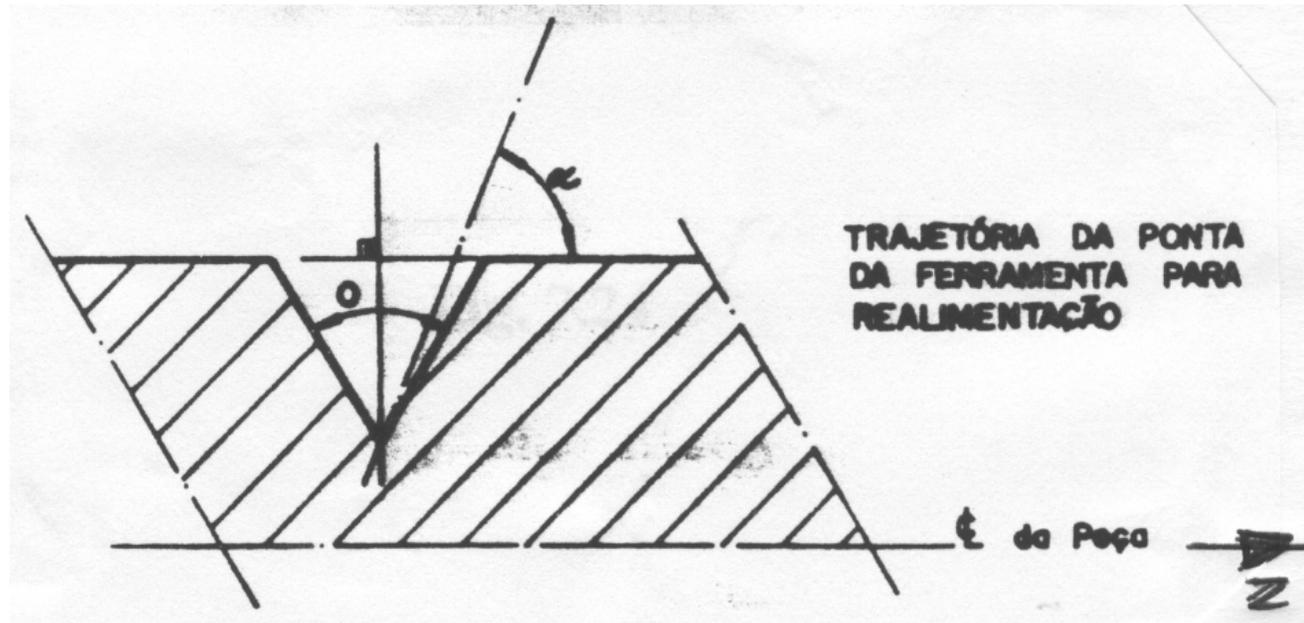
$$X3 = 57,967588$$

	COORD. X	COORD. Z
Ponto de Aproximação 1	48.562557	125,0
Ponto de Término 2	57.967588	17,5
Ponto de Saída 3	59.467588	17,5

n0001	g01	x48562	z125000			f0 (*)	Aprox. Rápida
n0002	g33	x57968	z 17500	i 088	K1000	f0	1º Passe de Rosca
n0003	g01	x59468					Saída Rápida

Técnicas de roscamento

- A técnica de roscamento => modo como se faz o posicionamento gradativo da ponta da ferramenta para que esta atue no material gerando a rosca;
- Neste posicionamento a ferramenta caminha incremento a incremento de passadas segundo uma trajetória (lugar geométrico da ponta da ferramenta), que pode ser definida de formas diferentes;

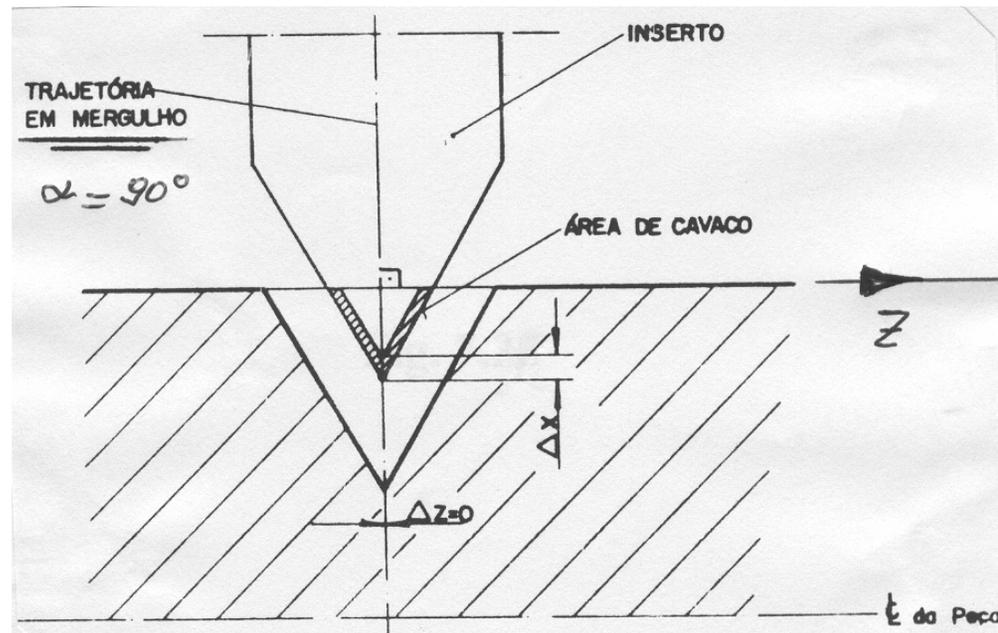


Θ - Ângulo do filete;

α - Ângulo entre trajetória de alimentação e a direção de Z+;

– **Técnica de roscamento de mergulho [$\alpha = 90^\circ$]**

- alimentação ao longo do eixo x ;
- as duas arestas de corte da ferramenta trabalham igualmente, cortando a mesma quantidade de material;
- o fluxo de cavaco gerado concentra-se na ponta da ferramenta => desgaste prematuro e quebras;



- No caso limite onde $\alpha = 90^\circ - \Theta/2$, tem-se:

$$\Delta Z = \Delta X \cdot \text{tg}(90^\circ - (90^\circ - \Theta/2))$$

$$\Rightarrow \Delta Z = \Delta X \cdot \text{tg}(\Theta/2);$$

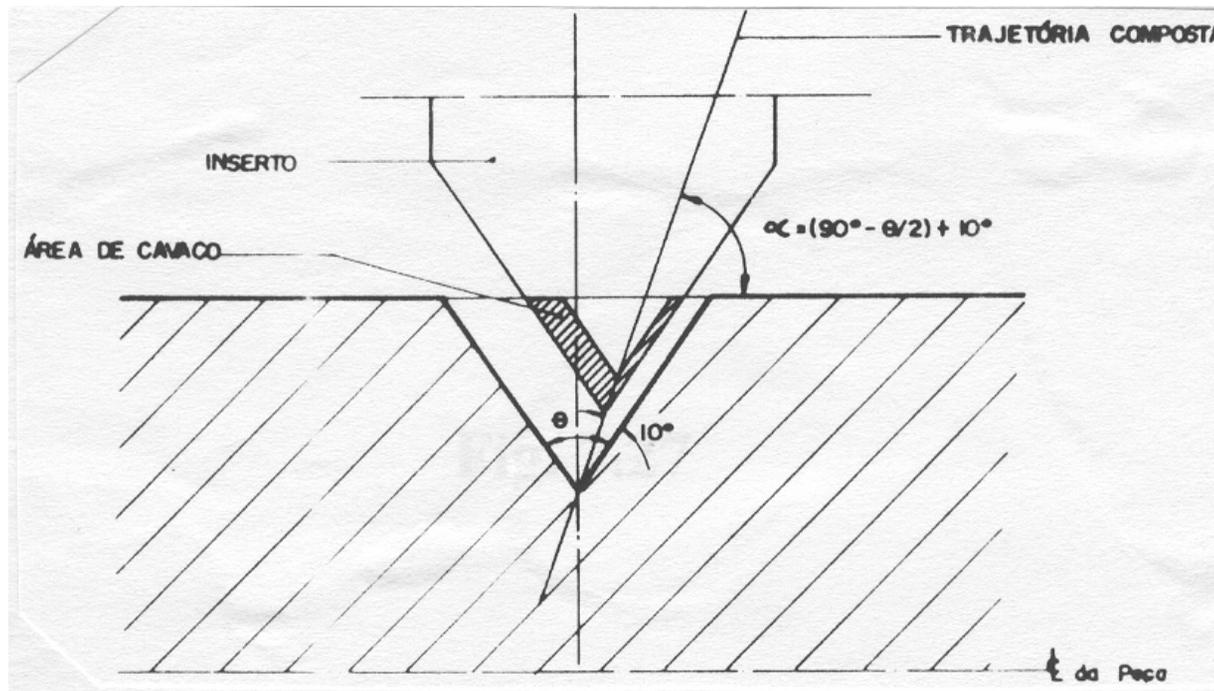
- Na trajetória limite o fluxo de cavaco é mais natural, não força a aresta de corte como no caso do roscamento de mergulho;

Inconveniente: como somente uma aresta corta material, tem-se acabamentos diferentes entre um flanco do filete e outro;

- **Solução empírica:** trabalhar com um α de trajetória entre os limites e cerca de 10° acima de $(90^\circ - \Theta/2)$:

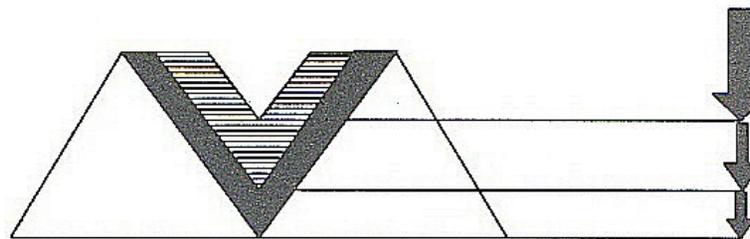
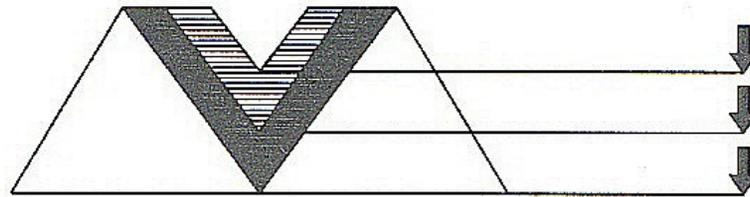
$$\alpha = (90^\circ - \Theta/2) + 10^\circ \Rightarrow \alpha = 100^\circ - \Theta/2$$

$$\text{Ex: Se } \Theta = 60^\circ \Rightarrow \alpha = 70^\circ$$

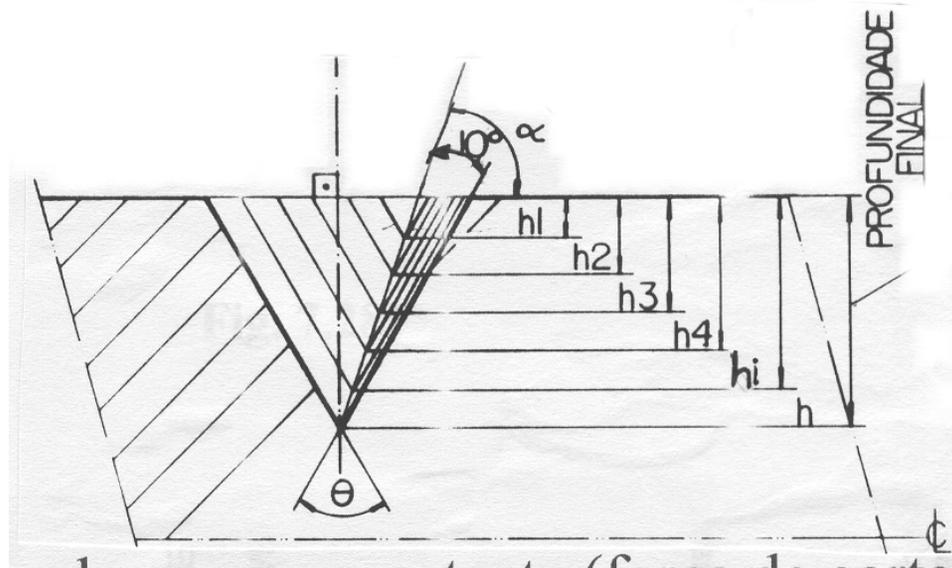


Área de cavaco para cada passada na abertura de roscas

- Se na determinação dos incrementos de um corte de rosca a altura do filete for simplesmente dividida pelo número de passadas => os incrementos terão a mesma profundidade => a área de cavaco aumenta a cada passada;



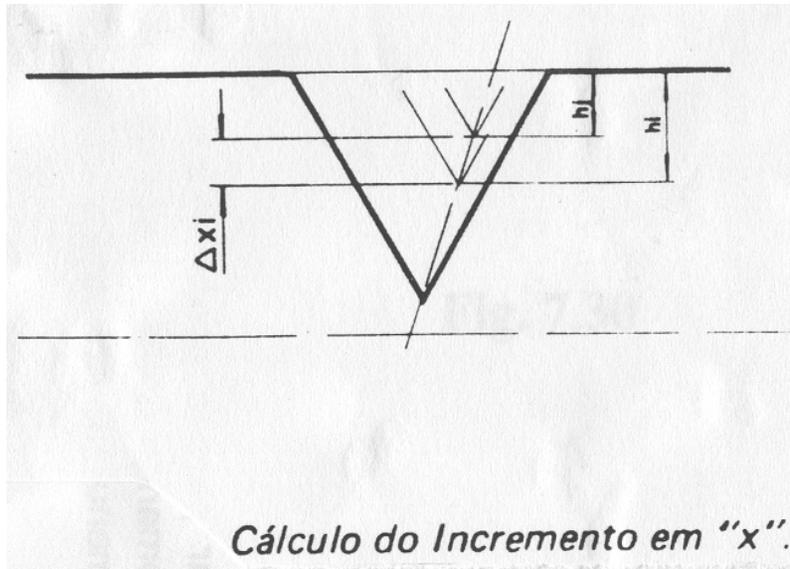
- Para manter a área de cavaco constante (força de corte constante), deve-se variar a altura “ h_i ”;



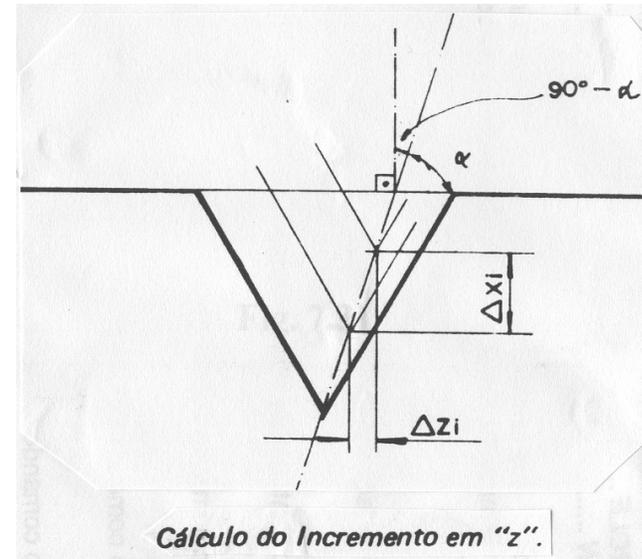
$$h_i = h \sqrt{\frac{i}{N}}$$

h = profundidade final do filete
 h_i = profundidade da passada i
 i = passada
 N = número de passadas

- Cálculo dos incrementos em x e em z

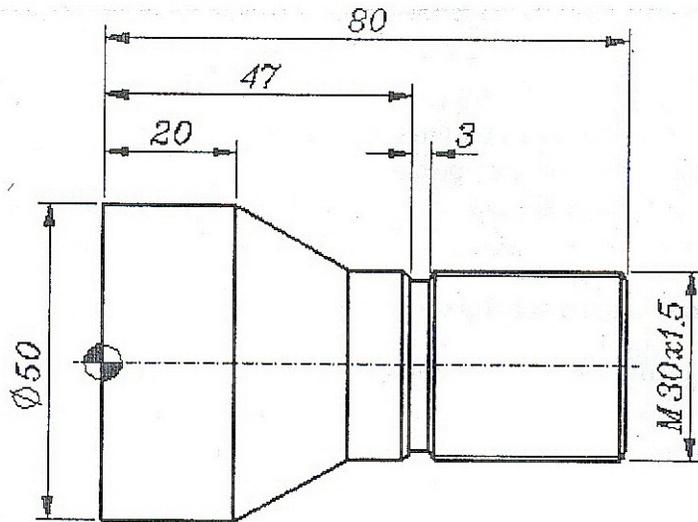


Em x : $\Delta x_i = h_i - h_j \quad (j = i - 1)$



Em z : $\Delta z_i = \Delta x_i \cdot \text{tg}(90^\circ - \alpha)$

Exemplos de programação de rosca (Fanuc)



O0330 (CICLO DE ROSCA);
 N10 G21 G40 G90 G95;
 N20 G0 X300 Z200 T00;
 N30 T0101 (ROSCA M30X1.5);
 N40 G54;
 N50 G97 S1000 M3;
 N60 G0X35 Z83;
 N70 X29.35;
 N80 G33 Z48.5 F1.5;
 N90 G0X35;
 N100 Z83;
 N110 X28.95;
 N120 G33 Z48.5;
 N130 G0X35;
 N140 Z83;
 N150 X28.55;
 N160 G33 Z48.5;
 N170 G0X35;
 N160 Z83;
 N170 X28.15;
 N180 G33 Z48.5;
 N190 G0X35;
 N200 Z83;
 N210 X28.05;
 N220 G33 Z48.5;
 N230 G0X35;
 N240 Z83;
 N250 M30;

CÁLCULOS:

1º) *Altura do filete (P):*

$$P = (0.65 \times \text{passo})$$

$$P = (0.65 \times 1.5)$$

$$P = 0.975$$

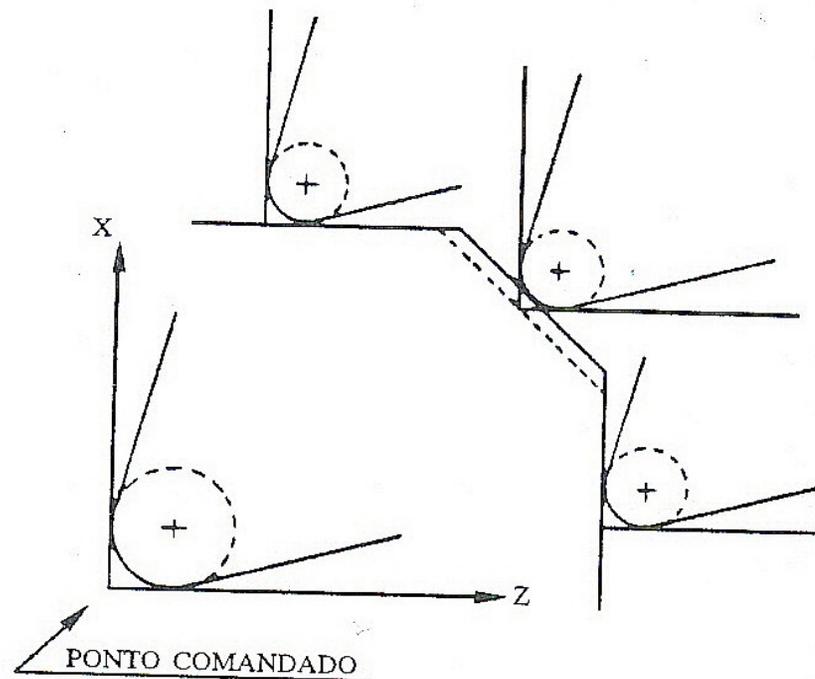
2º) *Diâmetro final (X):*

$$X = \text{Diâmetro inicial} - (P \times 2)$$

$$X = 30 - (0.975 \times 2)$$

$$X = 28.05$$

- **Compensação manual de raio de ferramenta**



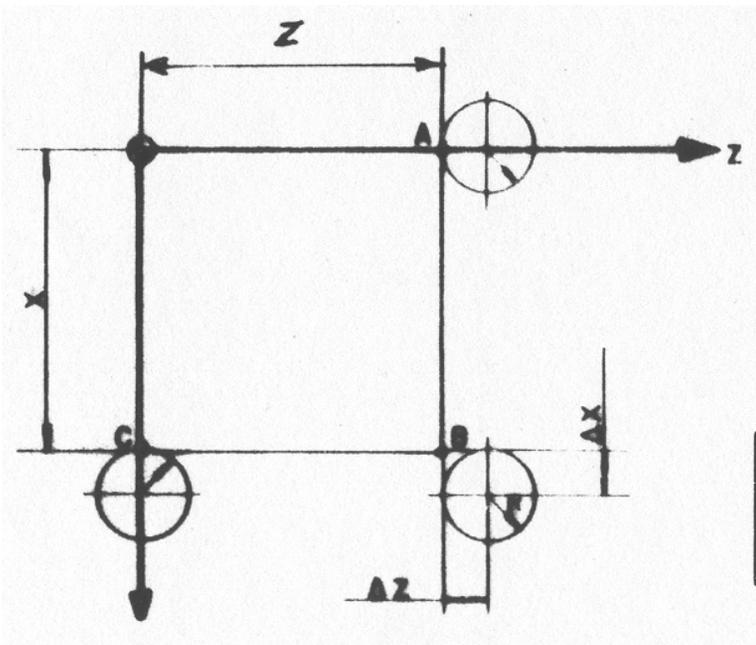
- Duas estratégias de programação:
 - Baseando-se no raio do círculo da ferramenta;
 - Baseando-se na ponta teórica da ferramenta;

– *Programação baseada no raio do círculo da ponta da ferramenta*

Em CT programa-se o centro do círculo de ponta da ferramenta;

Em CU programa-se o centro da ferramenta;

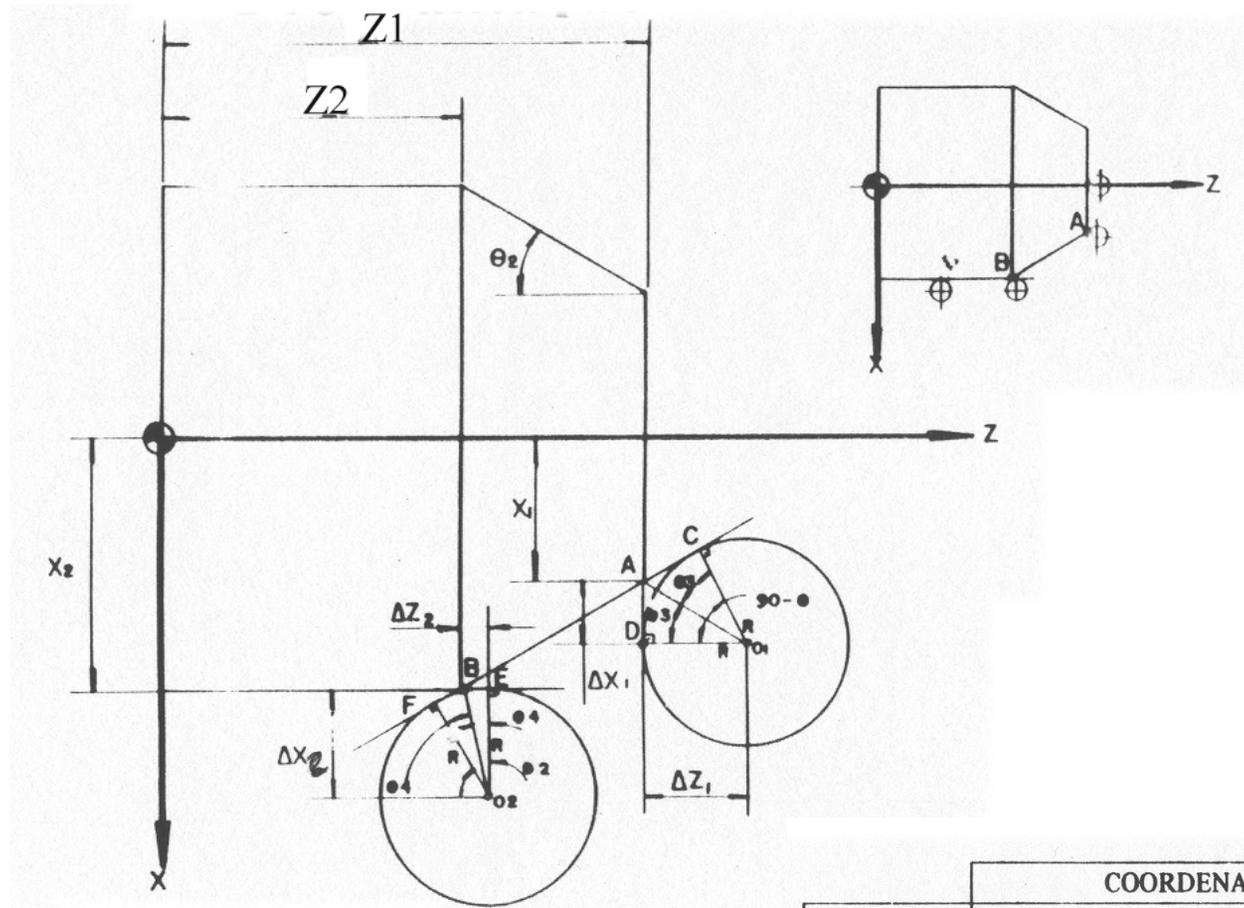
• *Programação de um contorno cilíndrico simples*



PONTO	COORDENADAS A PROGRAMAR	
	EIXO X	EIXO Z
A	0	$z + \Delta z$
B	$x + \Delta x$	$z + \Delta z$
C	$x + \Delta x$	0

Neste caso: $\Delta x = \Delta z = R$ (raio da ferramenta)

• *Programação de um cone concordando com cilindro*



PONTO	COORDENADAS A PROGRAMAR	
	x	z
A	$x_1 + \Delta x_1$	$z_1 + \Delta z_1$
B	$x_2 + \Delta x_2$	$z_2 + \Delta z_2$

$$\Delta x_1 = AD$$

O \angle compreendido entre os segmentos de reta 0_1D e 0_1A e entre 0_1C e 0_1A é θ_3 . Sendo $\theta_3 = (90 - \theta_2/2)$ (Ver igualdade dos triângulos $AD0_1$ e $AC0_1$) tem-se:

$$\Delta z_1 = R = D0_1$$

Como $\text{tg } \theta_3 = \Delta x_1/R \Rightarrow \text{tg}(90 - \theta_2/2) = \Delta x_1/R$ tem-se:

$$\Delta x_1 = R \cdot \text{tg}[(90 - \theta_2)/2]$$

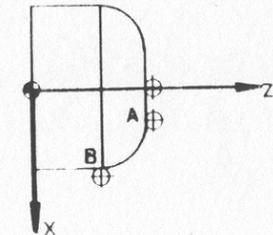
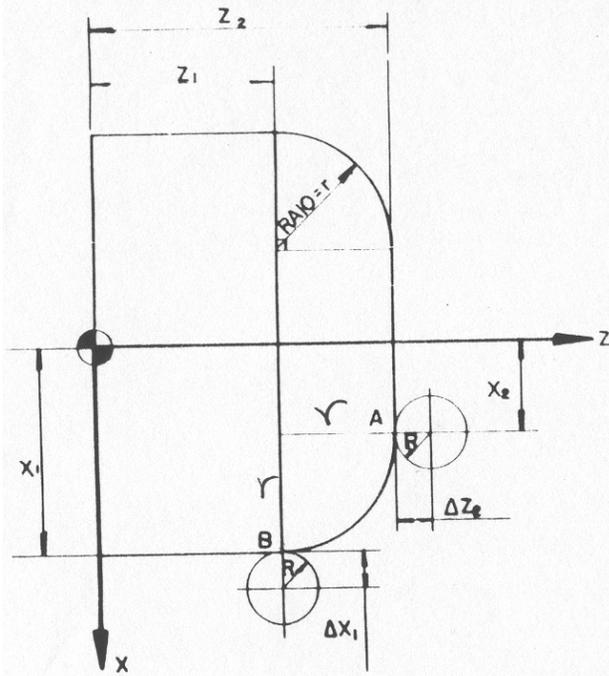
O \angle compreendido entre os segmentos 0_2F e 0_2B e entre 0_2E e 0_2B é θ_2 . Sendo $\theta_4 = \theta_2/2$ (Ver igualdade dos triângulos $B0_2F$ e $B0_2E$) tem-se:

$$\Delta x_2 = R = 0_2E$$

Como $\text{tg } \theta_4 = \Delta z_2/R \Rightarrow \text{tg}(\theta_2/2) = \Delta z_2/R$ tem-se:

$$\Delta z_2 = R \cdot \text{tg}(\theta_2/2)$$

- *Programação de um perfil circular concordando com cilindro*



PONTO	COORDENADAS A PROGRAMAR	
	x	z
A	x_2	$z_2 + \Delta z_2$
B	$x_1 + \Delta x_1$	z_1

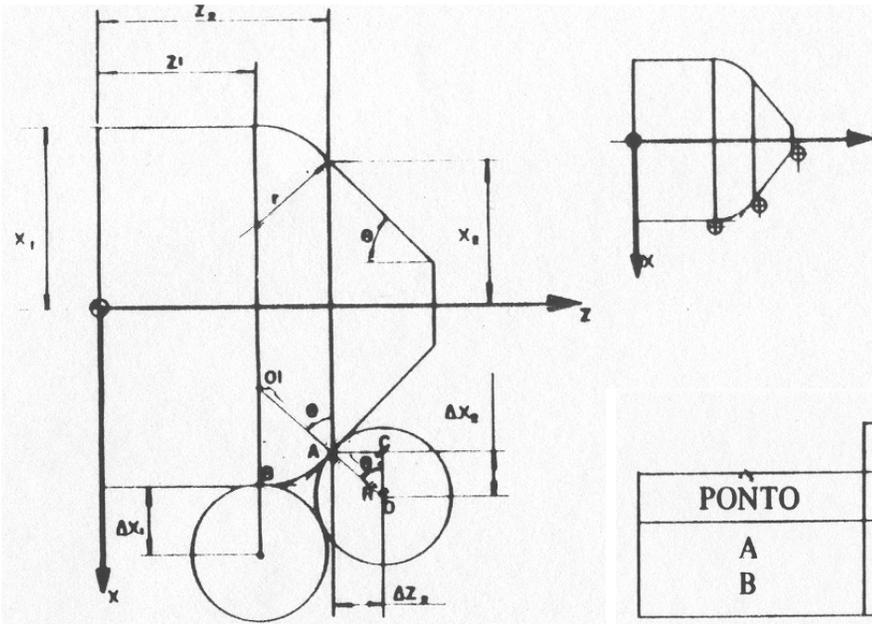
$\Delta x_1 = \Delta z_2 = R$ (raio da ponta da ferramenta)

Distâncias do centro do raio (Para a interpolação circular)

Percurso A a B: $I = 0, \quad K = R + r$

Percurso B a A: $I = R + r, \quad K = 0$

Programação de um perfil circular concordando com um cone



PONTO	COORDENADAS A PROGRAMAR	
	x	z
A	$x_2 + \Delta x_2$	$z_2 + \Delta z_2$
B	$x_1 + \Delta x_1$	z_1

$$\Delta x_1 = R$$

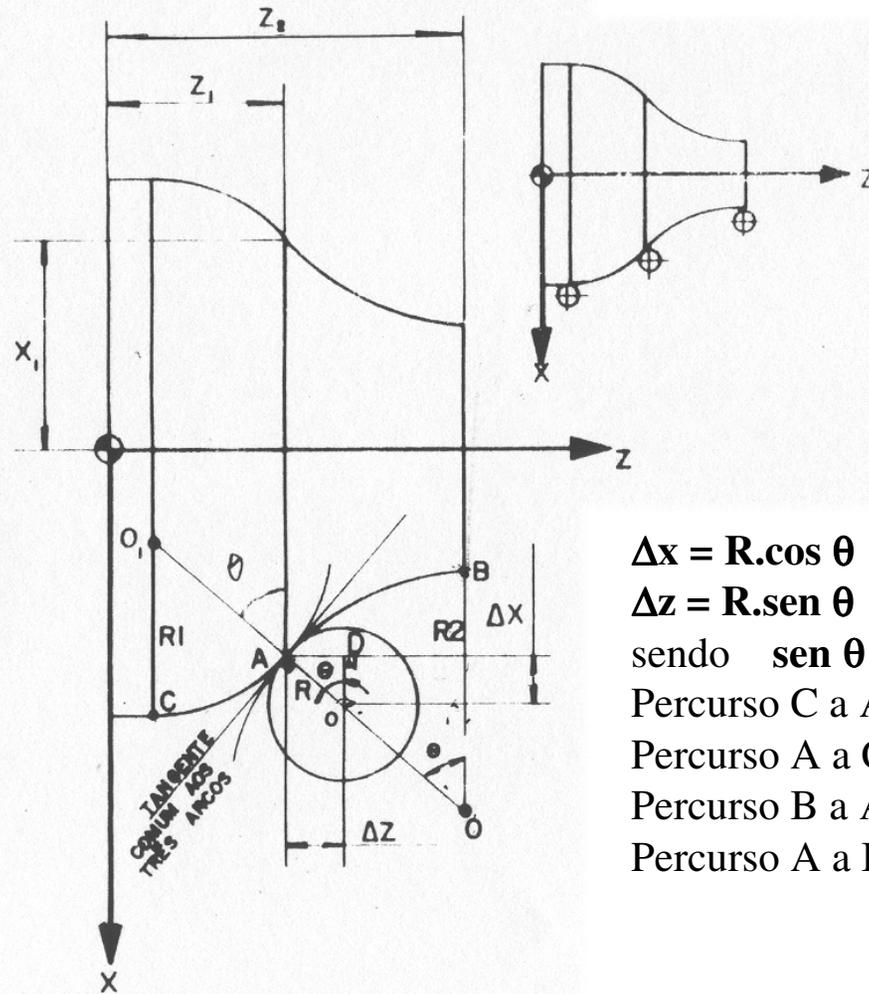
$$\Delta x_2 = R \cdot \cos \theta \text{ (ver triângulo OAC)}$$

$$\Delta z_2 = R \cdot \sin \theta$$

$$\text{Percurso A} \Rightarrow \text{B:} \quad \mathbf{I = (R + r) \cos \theta, \quad K = (R + r) \sin \theta}$$

$$\text{Percurso B} \Rightarrow \text{A:} \quad \mathbf{I = R + r, \quad K = 0}$$

Programação de arcos tangentes



Coordenadas:

$$\text{Eixo } x = x_1 + \Delta x$$

$$\text{Eixo } z = z_1 + \Delta z$$

$$\Delta x = R \cdot \cos \theta \quad (\text{ver triângulo OAD})$$

$$\Delta z = R \cdot \sin \theta \quad (\text{ver triângulo OAD})$$

$$\text{sendo } \sin \theta = (z_2 - z_1) / R_2:$$

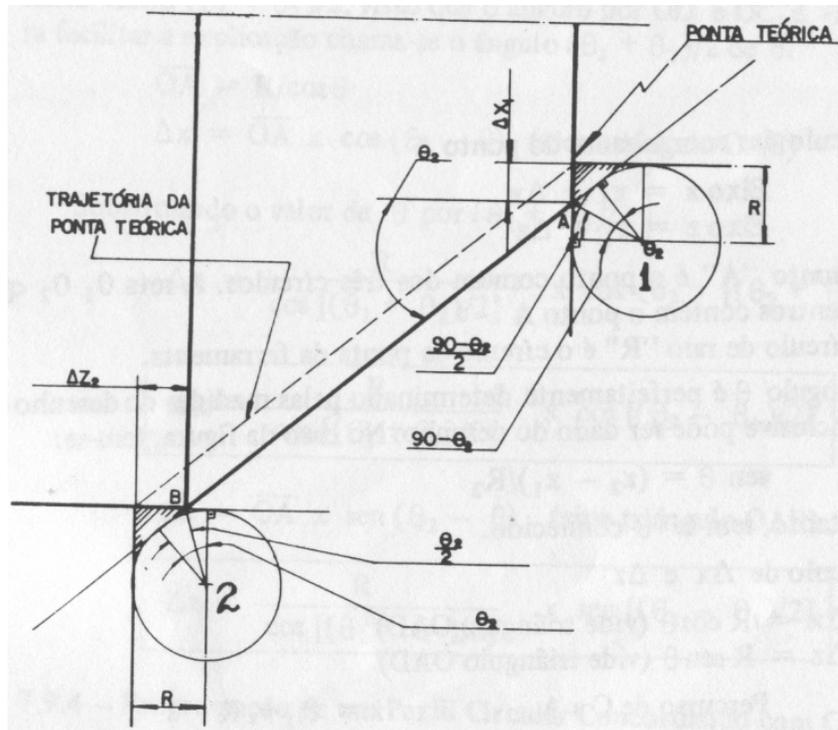
$$\text{Percurso C a A: } I = R_1 + R, \quad K = 0$$

$$\text{Percurso A a C: } I = (R_1 + R) \cdot \cos \theta, \quad K = (R_1 + R) \sin \theta$$

$$\text{Percurso B a A: } I = R_2 - R, \quad K = 0$$

$$\text{Percurso A a B: } I = (R_2 - R) \cos \theta, \quad K = (R_2 - R) \sin \theta$$

Exemplo: Programação de um cone concordando com cilindro



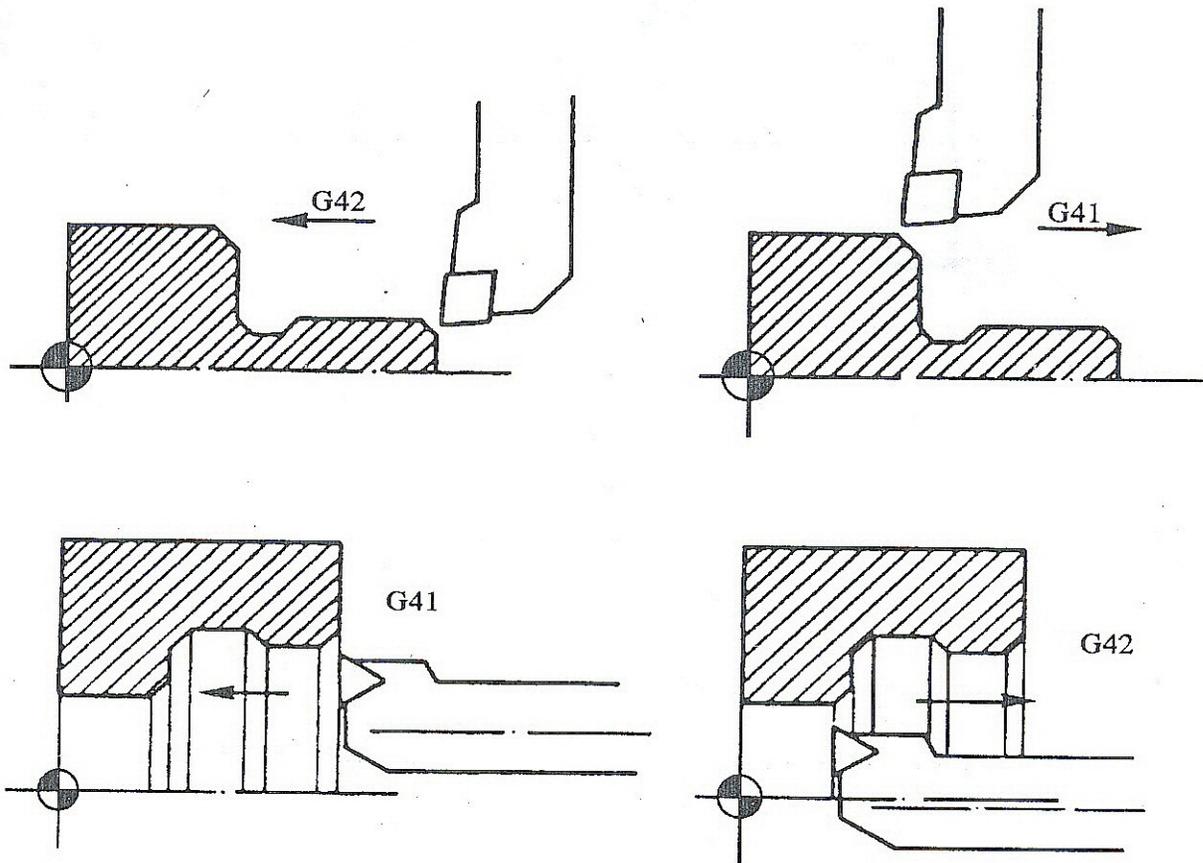
PONTO	COORDENADAS A PROGRAMAR	
	x	z
A'	$x_1 - \Delta x_1$	$z_1 \pm \Delta z_1$
B'	$x_2 + \Delta x_2$	$z_2 - \Delta z_2$

$$\begin{aligned} \Delta z_1 &= 0 \\ \Delta x_2 &= 0 \\ \Delta x_1 &= R - R \operatorname{tg} (90 - \Theta_2)/2 \\ \Delta x_1 &= R [1 - \operatorname{tg} ((90 - \Theta_2)/2)] \\ \Delta z_2 &= R - R \operatorname{tg} \Theta_2/2 = R(1 - \operatorname{tg} \Theta_2/2) \end{aligned}$$

Programação baseada na ponta teórica da ferramenta

- Baseia-se na programação do percurso descrito pela ponta teórica da ferramenta e é válida somente para Centros de Torneamento;
- Leva ao mesmo resultado, porém se torna mais difícil (visualização e resolução) à medida que o contorno se torna mais complexo => não é muito usada em peças mais complexas;
- Atualmente, com os recursos dos CNC's para compensar o raio de ponta da ferramenta, esta técnica de programação não é mais usada;

Compensação automática de raio de ferramenta: Funções G41, G42 e G40



- Notas de aula e material complementar sobre ferramentas de corte no Moodle.