



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

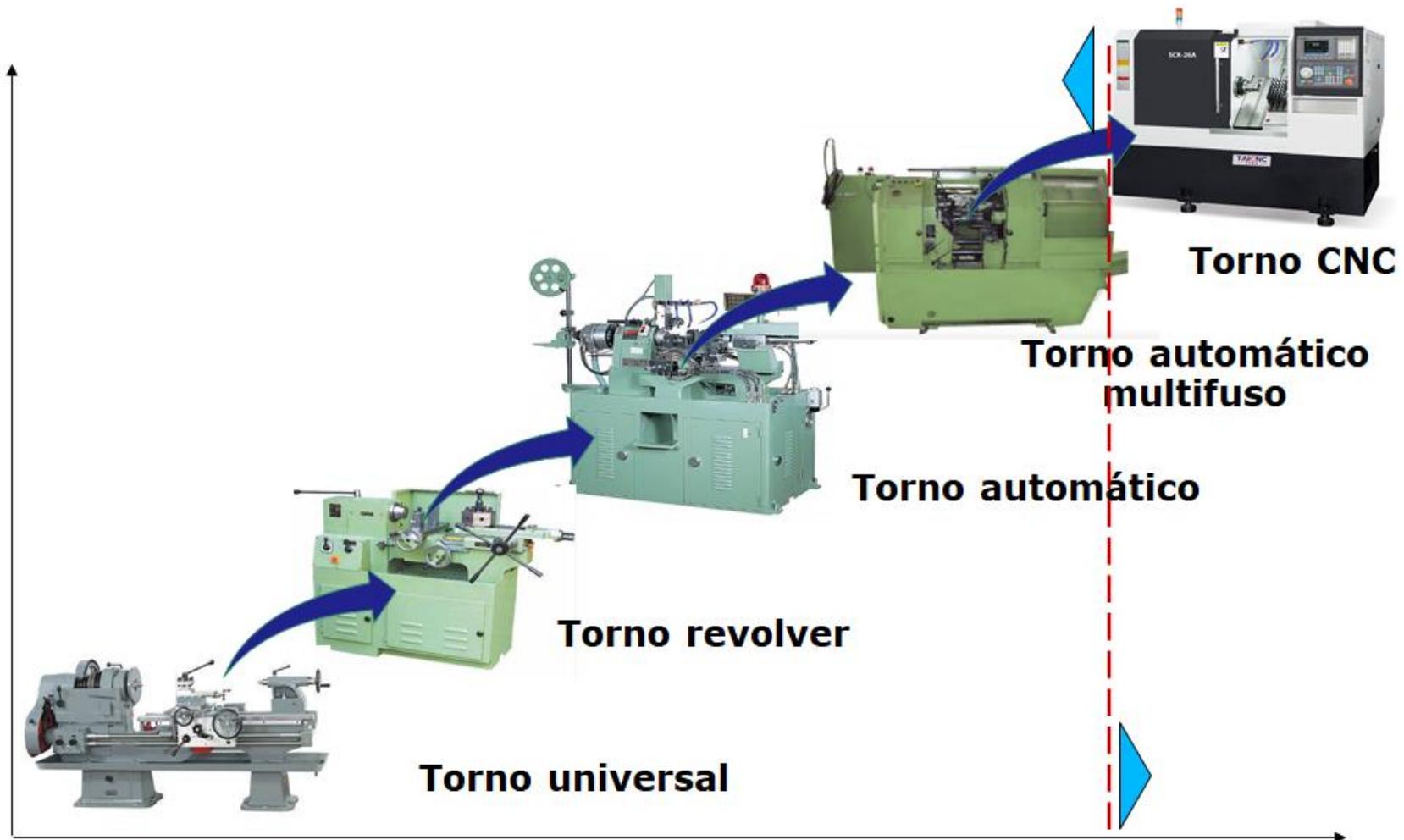
PMR 3203

- COMPUTAÇÃO APLICADA A PRODUÇÃO -

2023.1



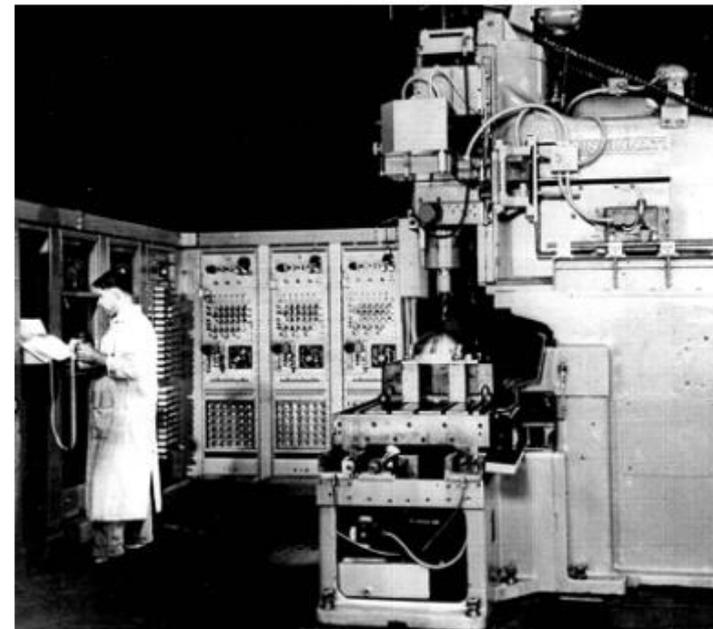
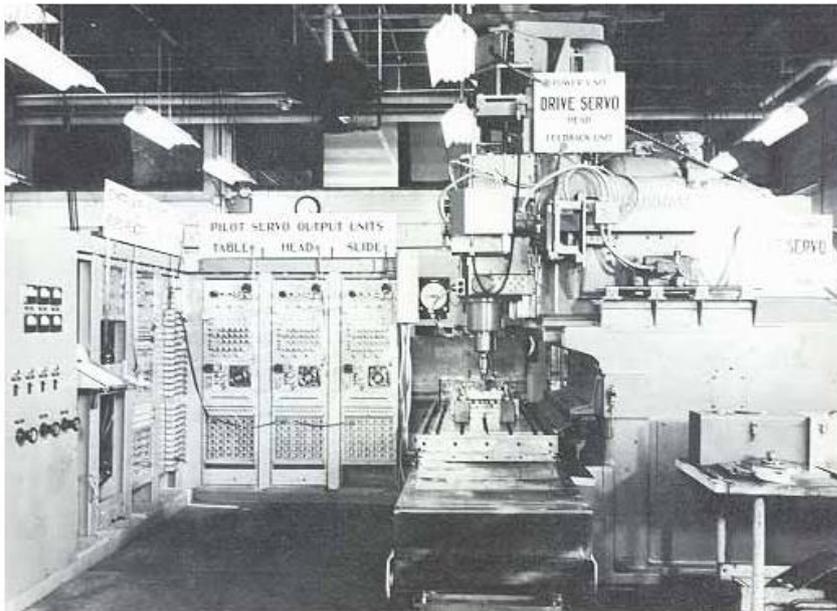
Evolução da automatização dos tornos





Histórico

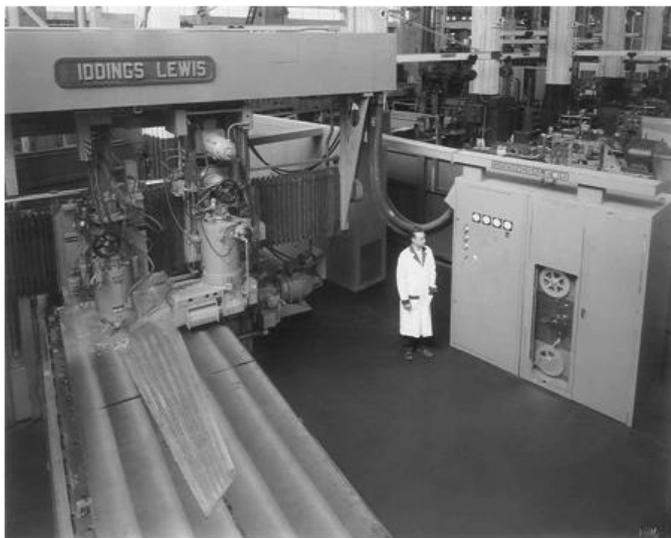
- 1942 – John T. Parson ⇒ ideia de usar “computadores” IBM com cartões perfurados para calcular trajetórias de ferramentas
- 1952 - Primeira máquina-ferramenta NC é demonstrada no *Massachusetts Institute of Technology*





Histórico

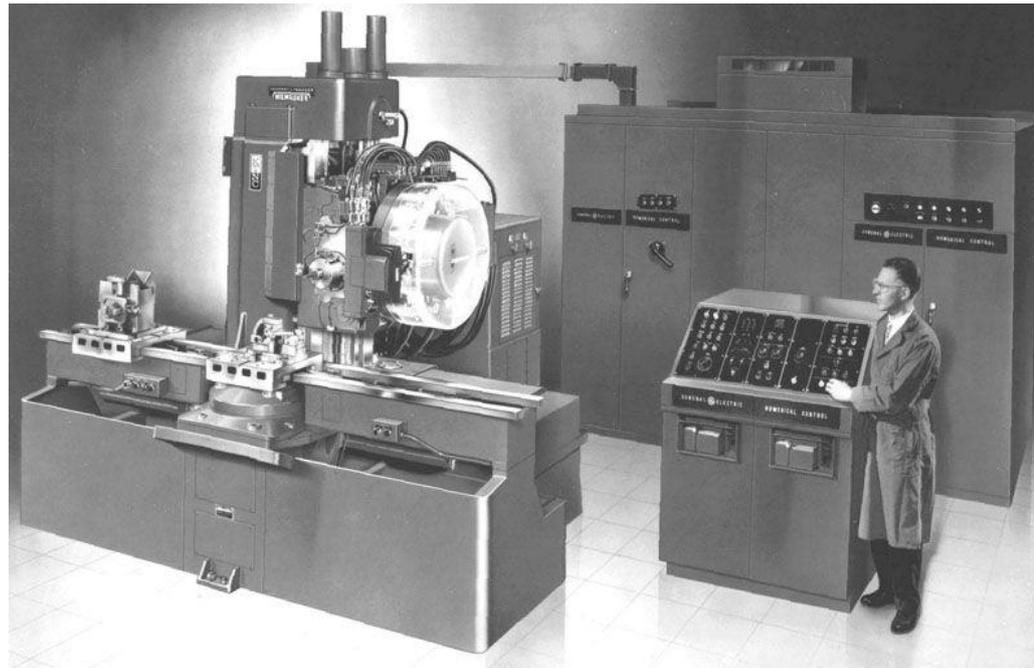
- 1955 - Giddings e Lewis desenvolveram a primeira máquina NC comercial. Era uma fresadora "5 eixos" com fitas-magnéticas e tinha uma mesa de 1,98 X 5,94 m (6-18') com dois cabeçotes cada um se movendo ao longo de dois eixos





Histórico

- 1958 – 14 de Janeiro John T. Parsons e Frank Stulen. Recebem a Patente No. 2.821.187
- 1968 – Primeira máquina-ferramenta NC no Brasil – furadeira
- 1972 – Primeira máquina-ferramenta NC nacional - ROMI





Aplicações do Comando Numérico



torneamento



fresamento



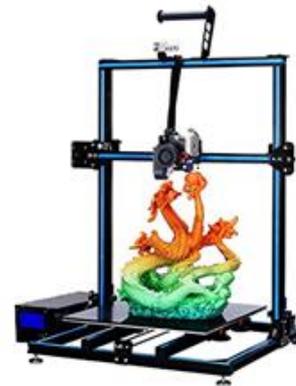
Máquinas de medir por coordenadas



robôs



**Máquinas de corte
a Laser/plasma**



Impressoras 3D



manipuladores



Exemplos

Walter Tools WFL Demo 2.0

<https://www.youtube.com/watch?v=tHEJafOXhAE>

Cnc Machine Metal Machining

https://www.youtube.com/watch?v=A6_w6sNuk0Q

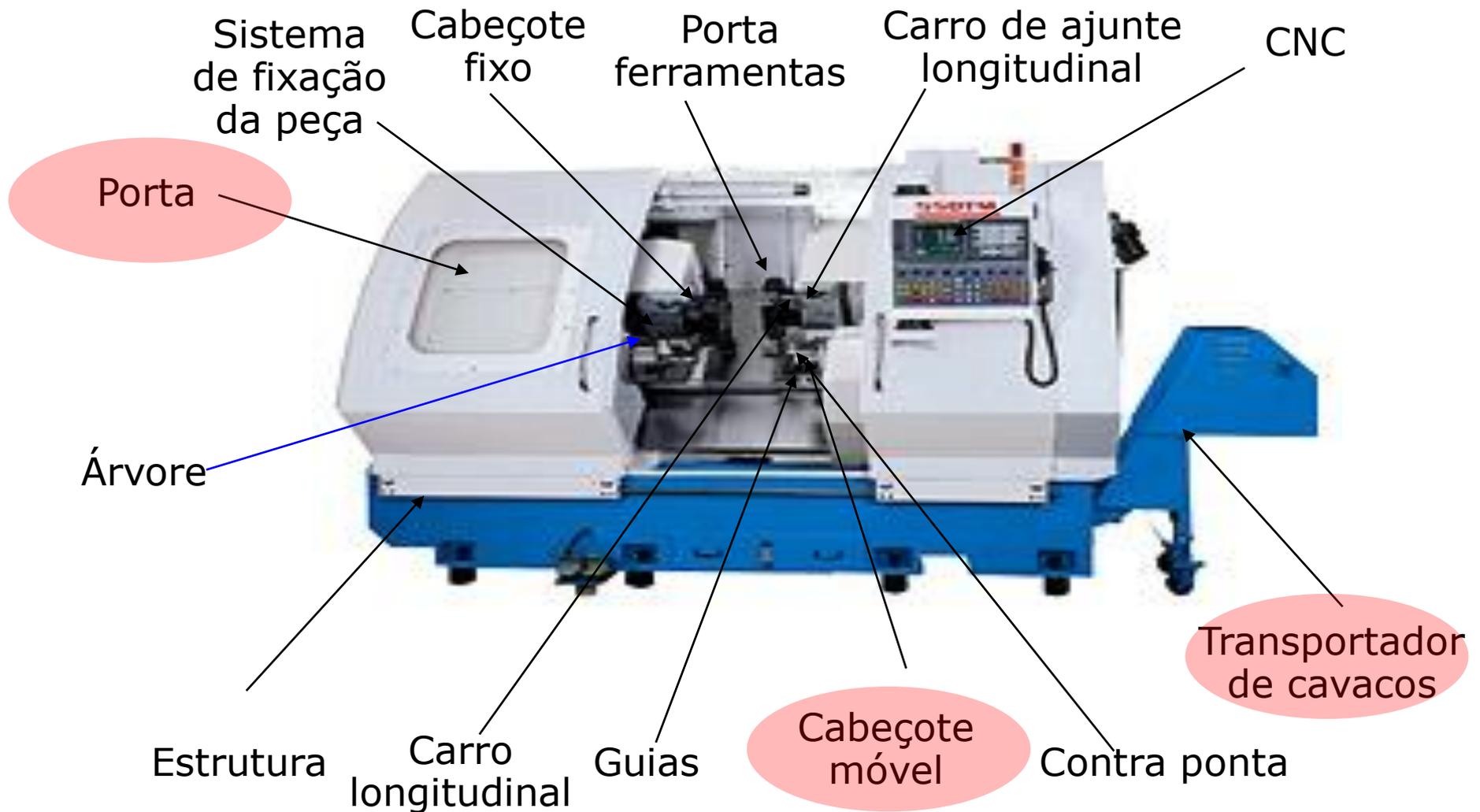


Informações controladas pelo computador

- **primárias** ==> controle dos movimentos principais da máquina (rotação da árvore, movimento, incremento e sincronismos dos eixos de movimentação, acelerações e velocidades de avanço, etc.)
- **secundárias** ==> controle dos sistemas auxiliares, (refrigeração, troca de ferramentas, transporte de cavacos, pressão nas linhas ar comprimido e fluido hidráulico, vácuo, etc.)



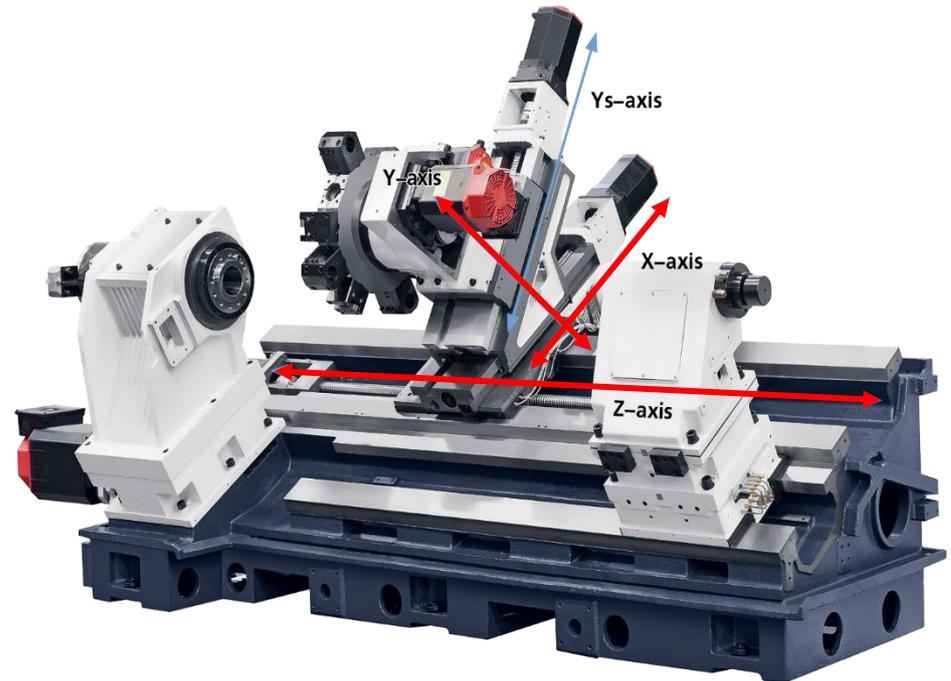
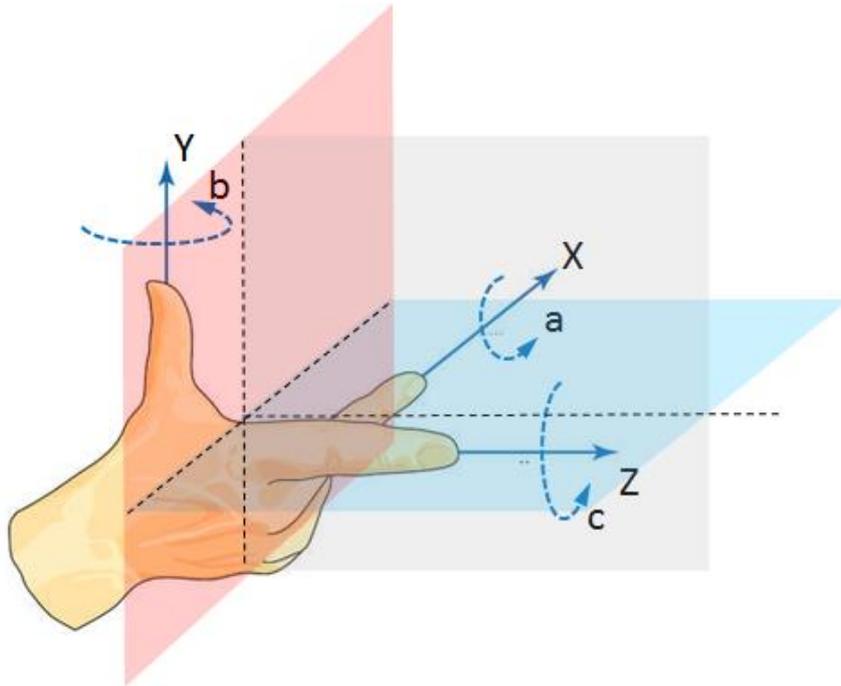
Torno de comando numérico





Eixos e sistemas de coordenadas

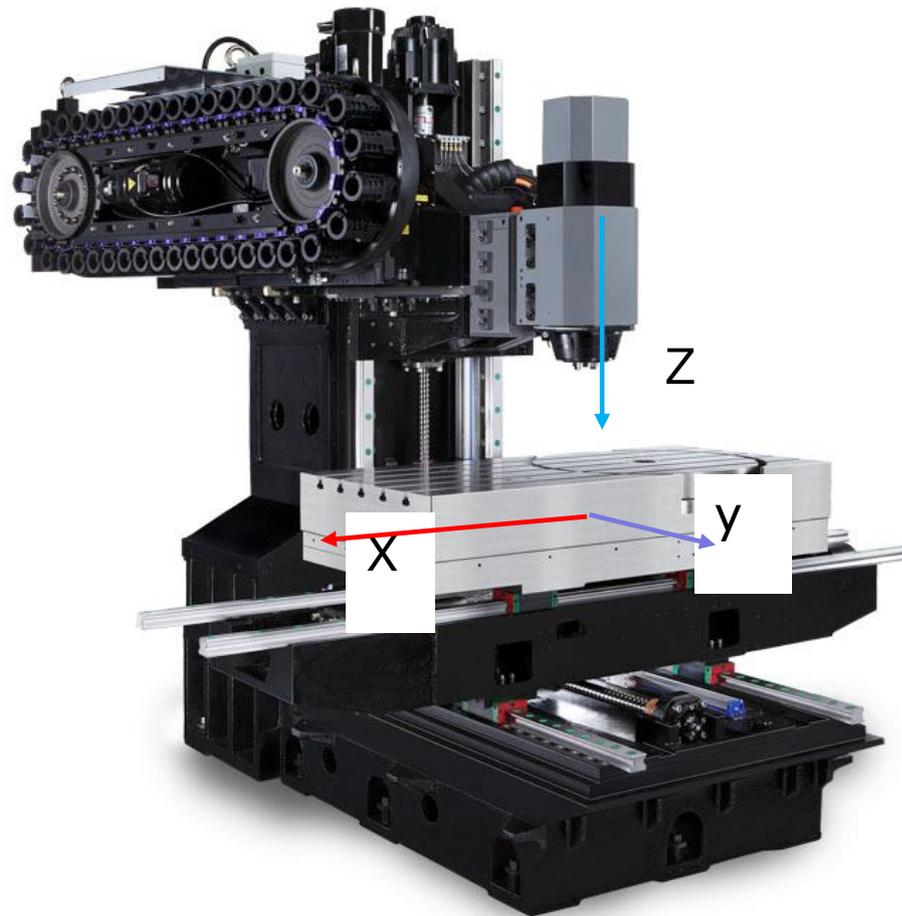
→ Regra da mão direita





Eixos e sistemas de coordenadas

→ Regra da mão direita - fresadora





Estrutura da programação

- Declaração de ferramentas
- Início
- Declaração de sub-rotinas
- Movimentação
- Fim do programa



Programação manual – ISSO

Códigos de programação

- % – início de programa
- () – comentários
- + – mais ou sentido positivo
- - – menos ou sentido negativo
- / – divisão
- : – parada
- . – ponto decimal
- , – virgula



Programação manual – ISO

Códigos de programação

- A,B,C – rotações em torno dos eixos coordenados X, Y e Z
- D – correção da ferramenta
- E – avanço secundário
- F – avanço da ferramenta
- G – código de movimentação
- H – comando livre
- I,J,K – parâmetros de interpolação circular
- L – comando livre
- M – funções miscelâneas
- N – linha de programação ou linha de comando



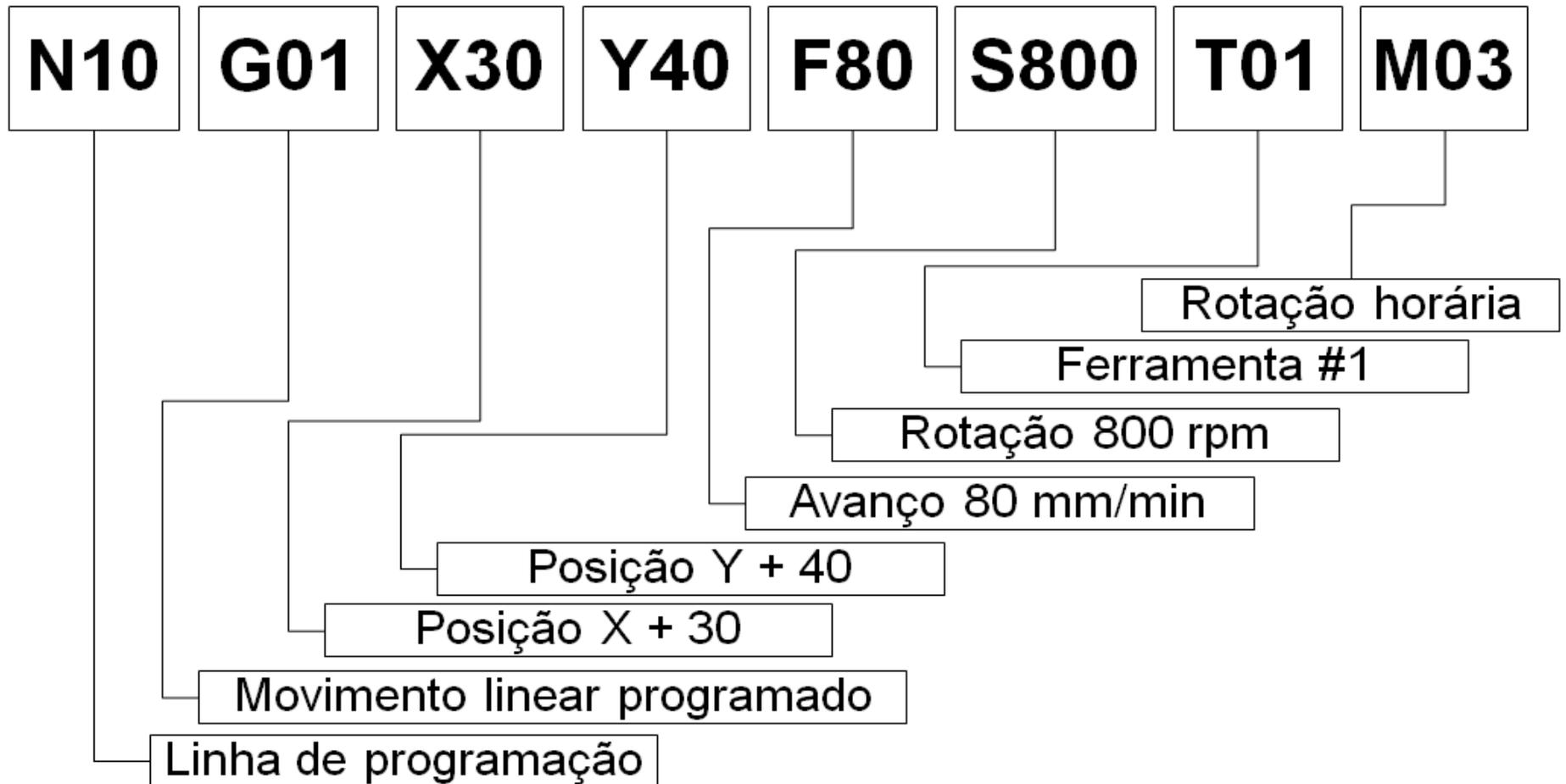
Programação manual – ISO

Códigos de programação

- O – comando livre
- S – rotação da árvore
- T – ferramenta
- U – eixo secundário X
- V – eixo secundário Y
- W – eixo secundário Z
- X,Y,Z – sentido de movimentação, eixos coordenados



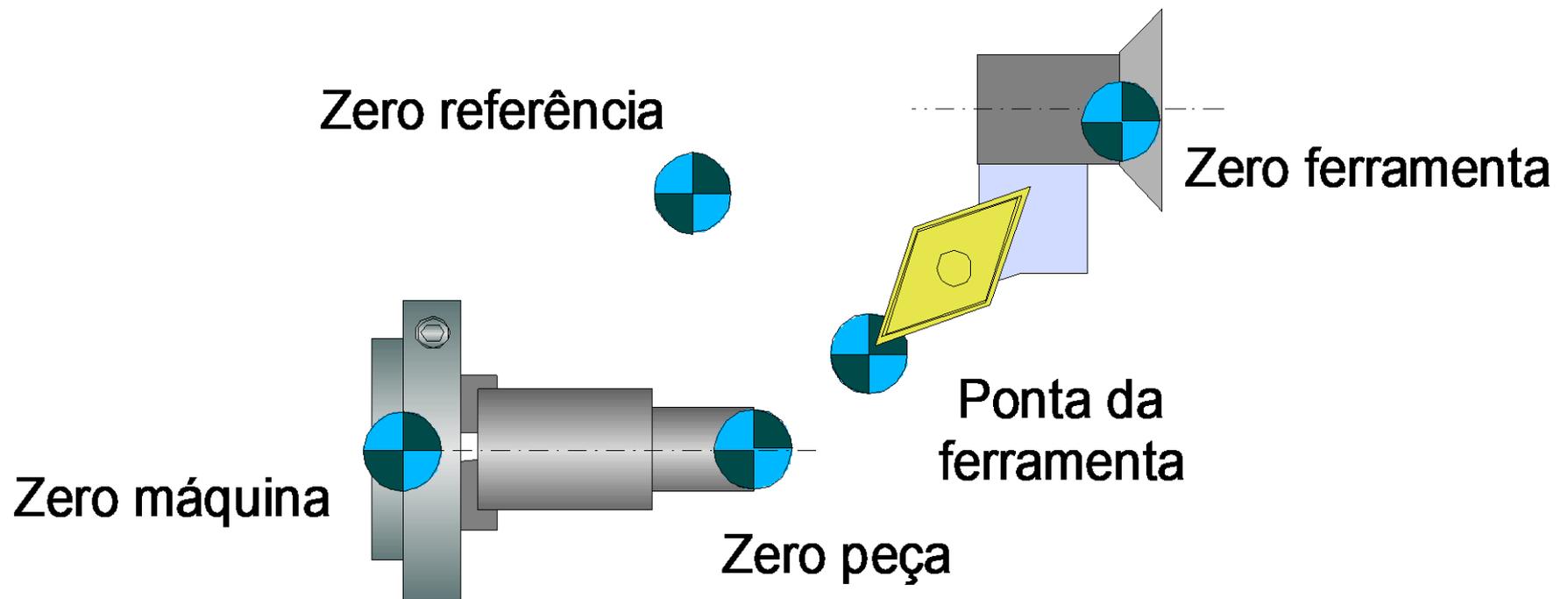
Sintaxe da programação





Zeros da programação

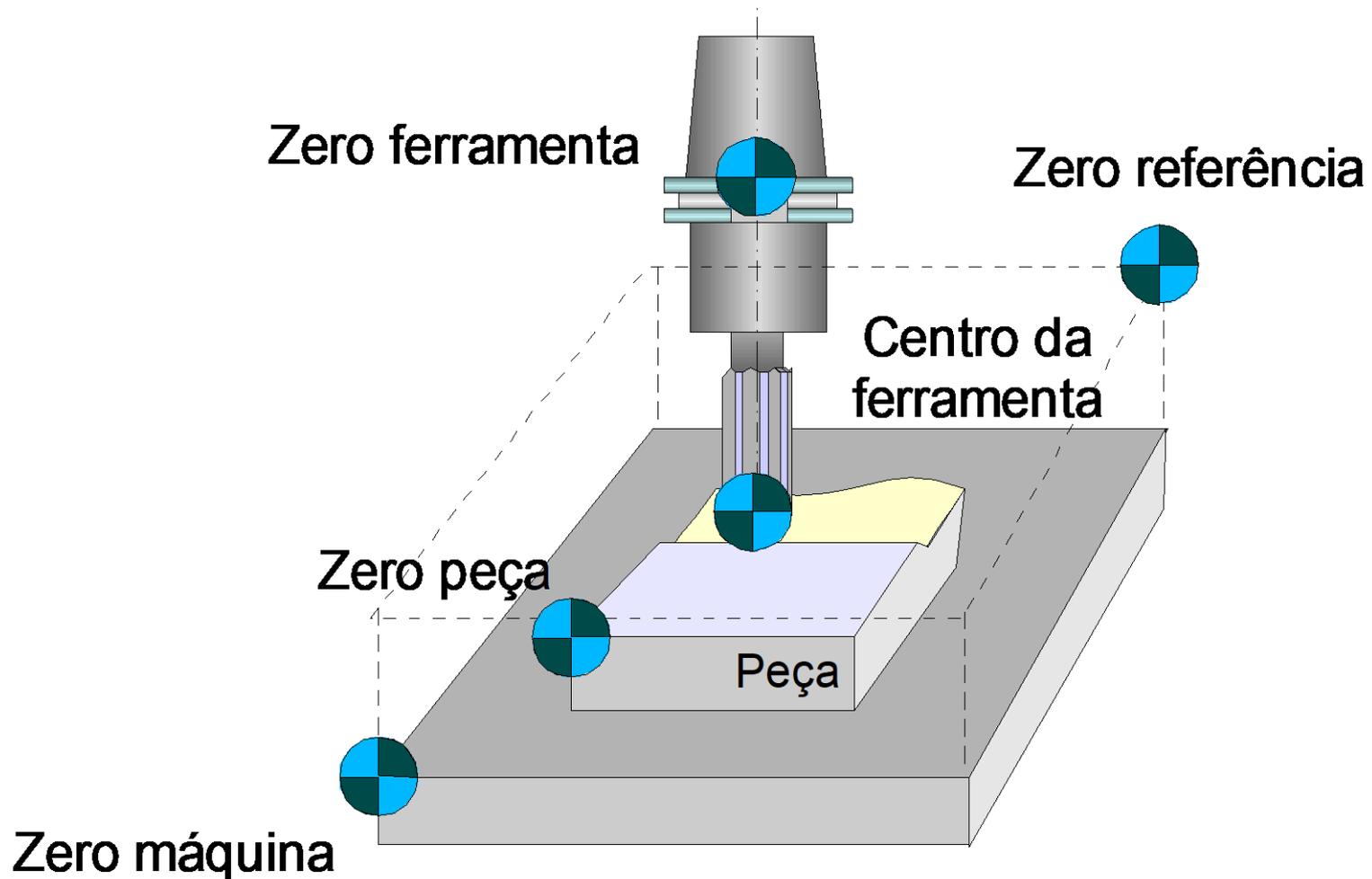
- Torneamento





Zeros da programação

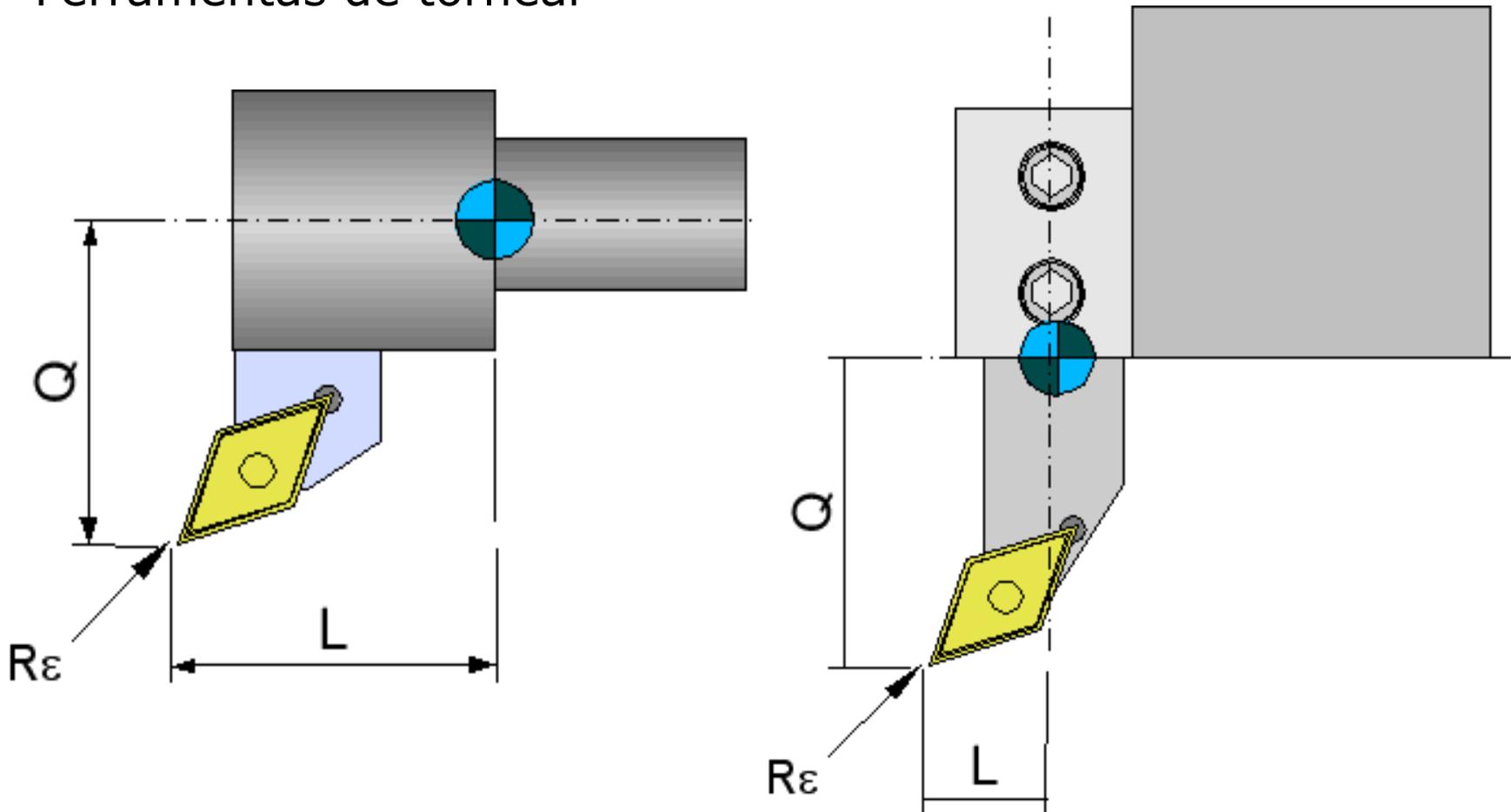
- Fresamento





Dados da ferramenta

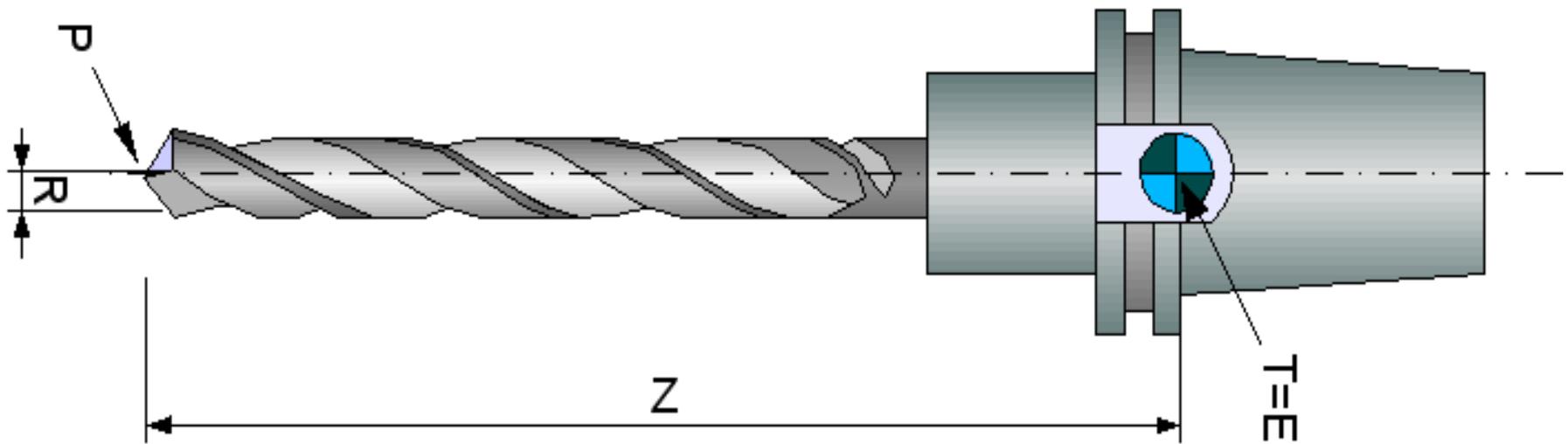
- Ferramentas de torneiar





Dados da ferramenta

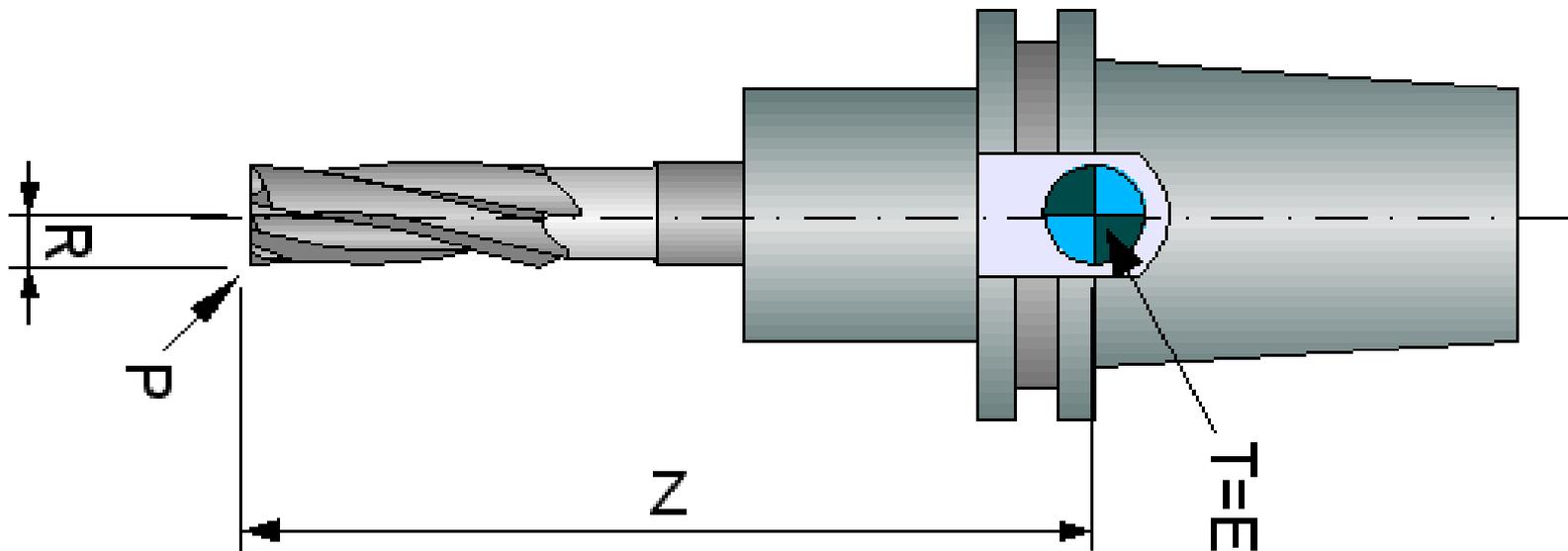
- Ferramentas de furar (Brocas)





Dados da ferramenta

- Ferramentas de fresar





Comandos ISO para torneamento

- 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



Comandos ISO para torneamento

- G12 – desativa sobre metal
- G20 – dimensões em polegadas
- G21 – dimensões em milímetros
- G20 – dimensões em polegadas
- G21 – dimensões em milímetros
- G22 – limite de movimentos ligados (ON)
- G23 – limite de movimentos desligados (OFF)
- G27 – verificação do ponto de segurança
- G28 – retorno ao ponto de segurança
- G29 – retorno do ponto de segurança



Comandos ISO para torneamento

- G30 – retorno ao 2º, 3º e 4º ponto de referência
- G31 – desativa função G30
- G32 – execução de rosca
- G34 – execução de rosca de roscas com passo variável
- G35 – compensação de ferramenta em X
- G37 – compensação de ferramenta em Z



Comandos ISO para torneamento

- G40 – compensação do raio da ferramenta
- G41 – cancela G40
- G40 – compensação do raio da ferramenta
- G41 – cancela G41
- G42 – compensação do raio da ferramenta a esquerda
- G43 – compensação do raio da ferramenta a direita



Comandos ISO para torneamento

- G50 – programação do zero absoluto
- G52 – define sistema de coordenadas de trabalho
- G54, até G59 – sistemas de coordenadas predefinidos
- G65 – chamada de macro simples
- G66 – chamada de macro customizado
- G67 – cancela G66
- G68 – imagem espelhada para tornos de duas torres ligada (ON)
- G69 – imagem espelhada desligada (OFF)



Comandos ISO para torneamento

- G70 – ciclo de acabamento
- G71 – ciclo de desbaste
- G72 – ciclo de faceamento
- G73 – repetição de um padrão de movimentação
- G74 – furação no eixo Z
- G75 – cavidade no eixo X
- G76 – ciclo de usinagem de rosca



Comandos ISO para torneamento

- G90 – ciclo de corte A
- G91 – sistema de coordenadas incremental
- G92 – Define o sistema de coordenadas de trabalho
- G94 – Avanço em minutos
- G95 – Avanço em revoluções
- ~~G96~~ – Liga velocidade superficial constante (torneamento)
- G97 – cancela G96
- G92 – ciclo de usinagem de rosca
- G94 – ciclo de corte B
- G98 – avanço em mm/min
- G99 – avanço em mm/rotação



Comandos ISO para torneamento

Comandos M (*miscellaneous*)

- M00 – parada do programa
- M01 – parada de programa opcional
- M02 – Fim de programa
- M03 – Liga a árvore no sentido horário
- M04 – Liga a árvore no sentido anti-horário
- M05 – Desliga a árvore
- M06 – Troca de ferramenta
- M08 – Liga o fluido de corte
- M09 – Desliga o fluido de corte



Comandos ISO para torneamento

Comandos M (*miscellaneous*)

- M10 – Ligar o freio do 4º eixo de fresamento (se esse existir)
- M11 – Desliga o freio do 4º eixo de fresamento (se esse existir)
- M19 – Orientação da árvore
- M30 – Reset, Fim de programa
- M31 – Liga a esteira removedora de cavaco
- M33 – Desliga a esteira removedora de cavaco
- M88 – Liga a refrigeração através da árvore
- M89 – Desliga a refrigeração através da árvore
- M97 – Chamada de sub-rotina
- M99 – Looping ou retorno de sub-rotina



Comandos ISO - Principais comandos

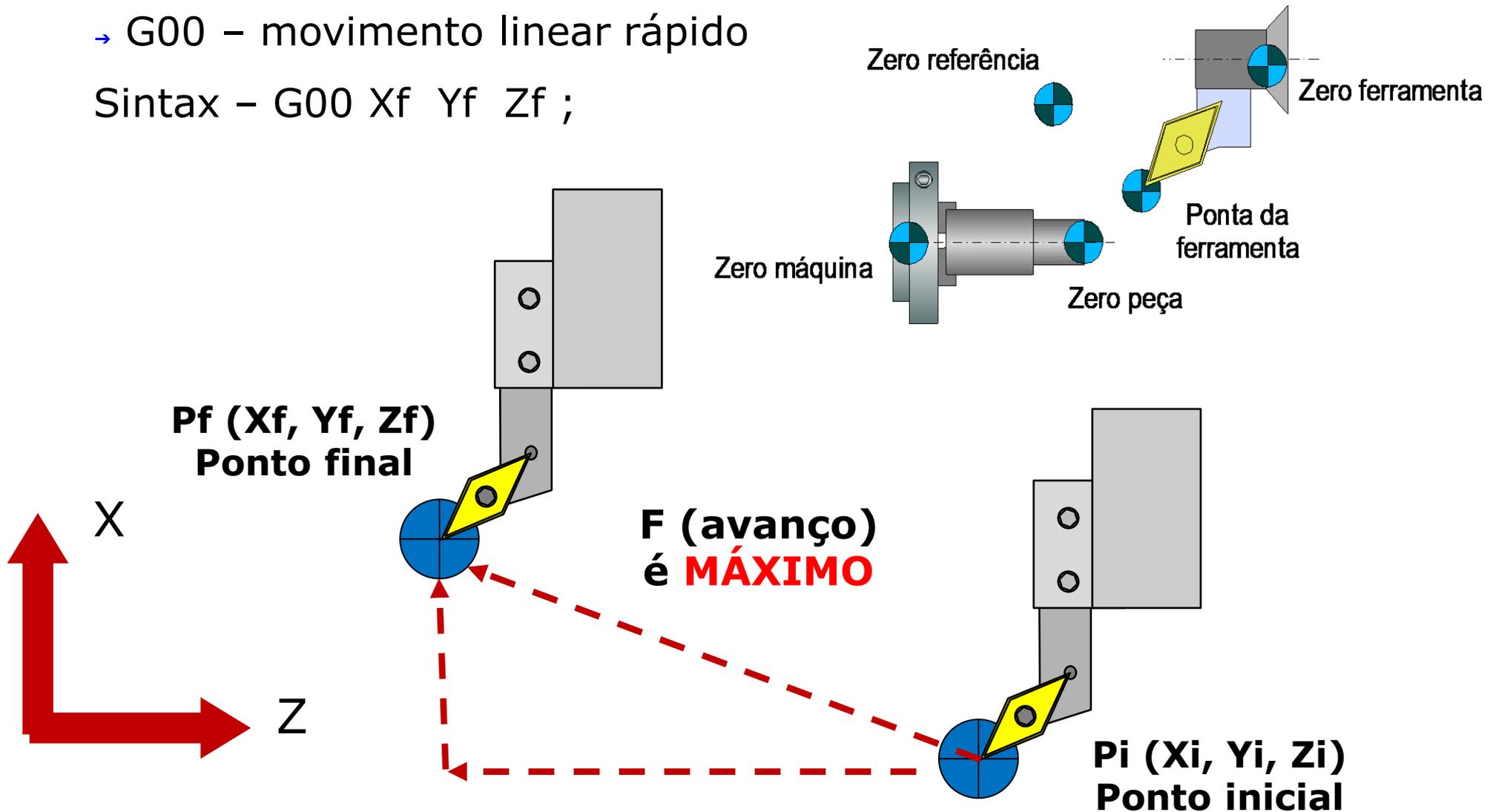
- G00 – movimento linear rápido
- G01 – movimento linear com avanço programado
- G02 – movimento circular horário com avanço programado
- G03 – movimento circular anti-horário com avanço programado
- G04 – cavidade
- G07 – eixo de interpolação imaginário - seno
- G09 – curva
- G10 – parada exata
- G11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



Comando G00

→ G00 – movimento linear rápido

Syntax – G00 Xf Yf Zf ;

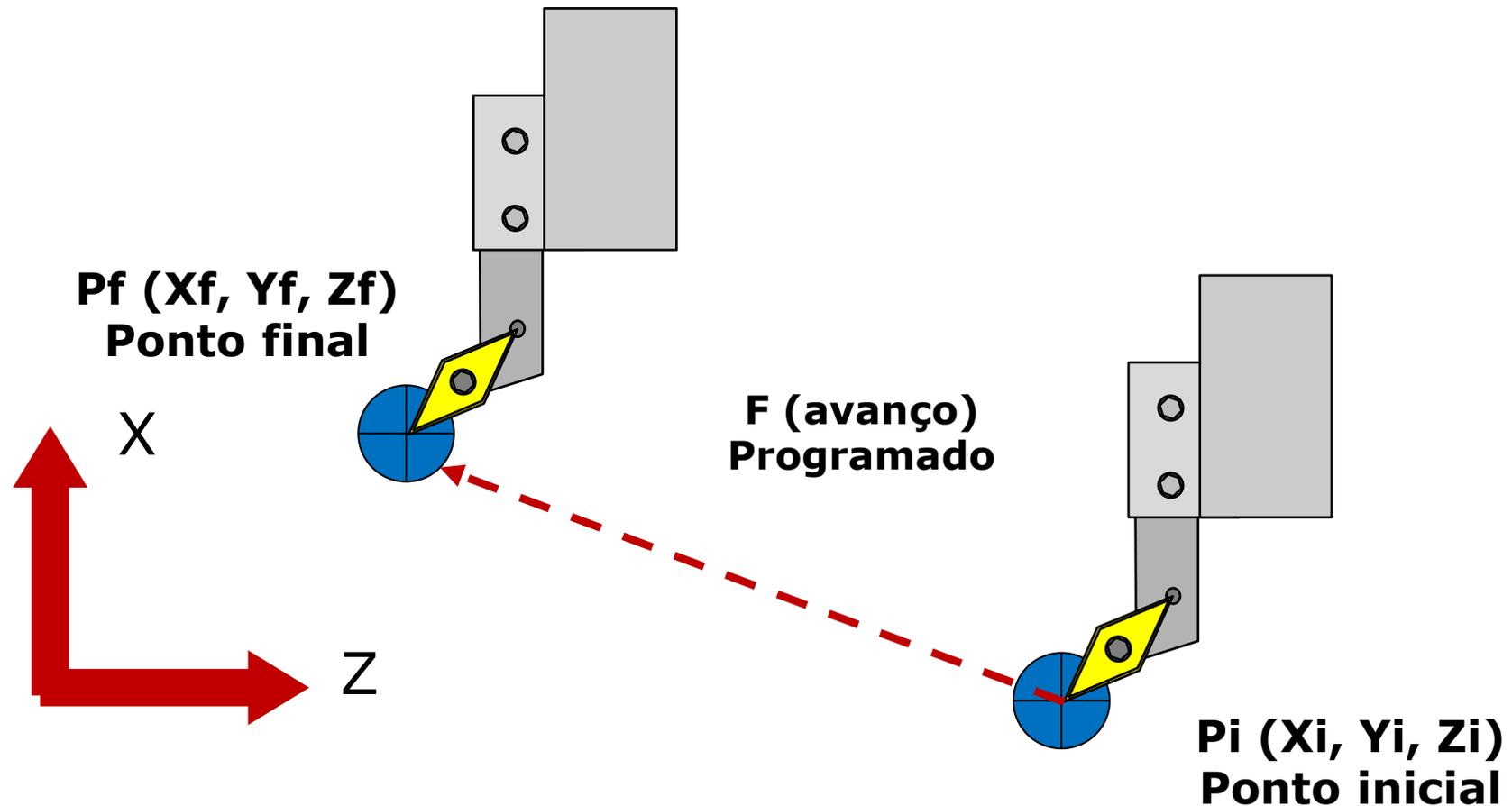




Comando G01

→ G01 – movimento linear com avanço programado

Syntax – G01 Xf Yf Zf **F**;



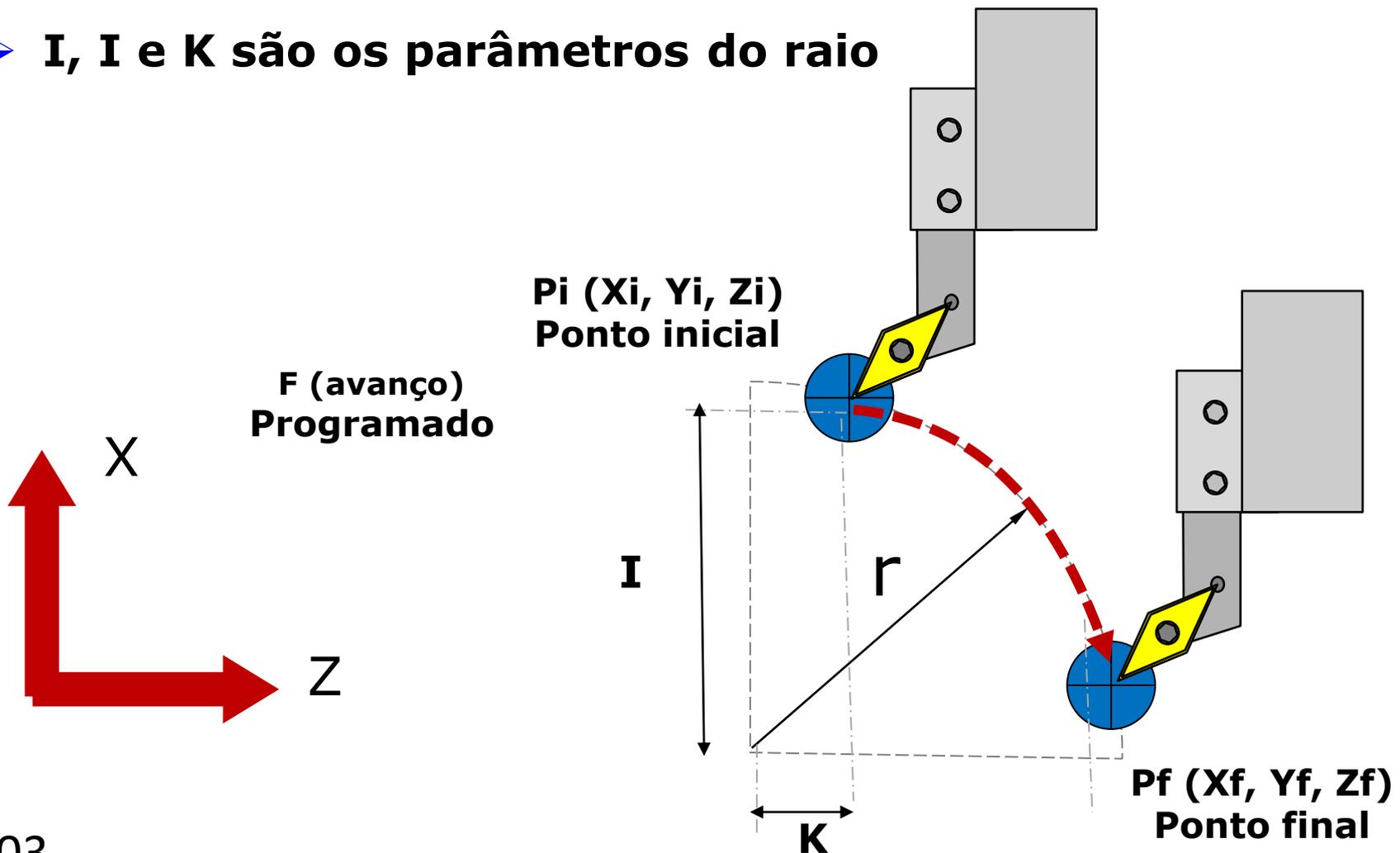


Comando G02

→ G02 – movimento circular horário com avanço programado

Syntax – G02 Xf Yf Zf I J K F;

➤ **I, J e K** são os parâmetros do raio



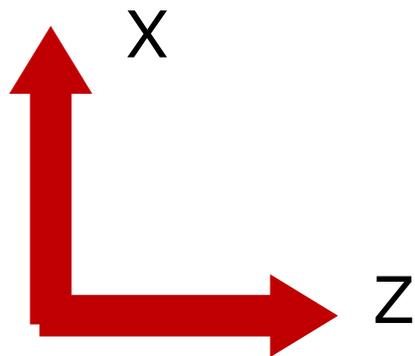


Comando G02

→ G03 – movimento circular anti-horário com avanço programado

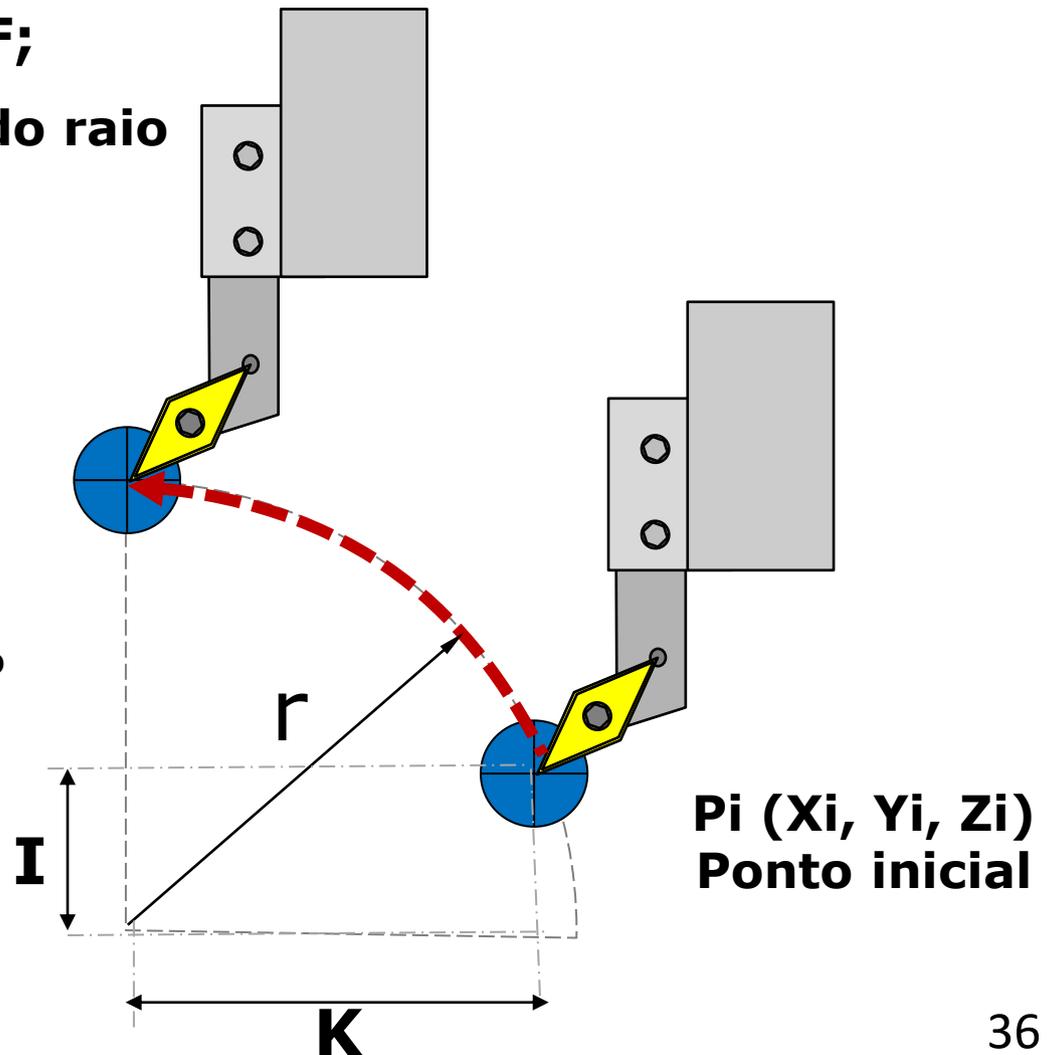
Syntax – G03 Xf Yf Zf **I J K F**;

➤ **I, J e K** são os parâmetros do raio



Pf (Xf, Yf, Zf)
Ponto final

F (avanço)
Programado



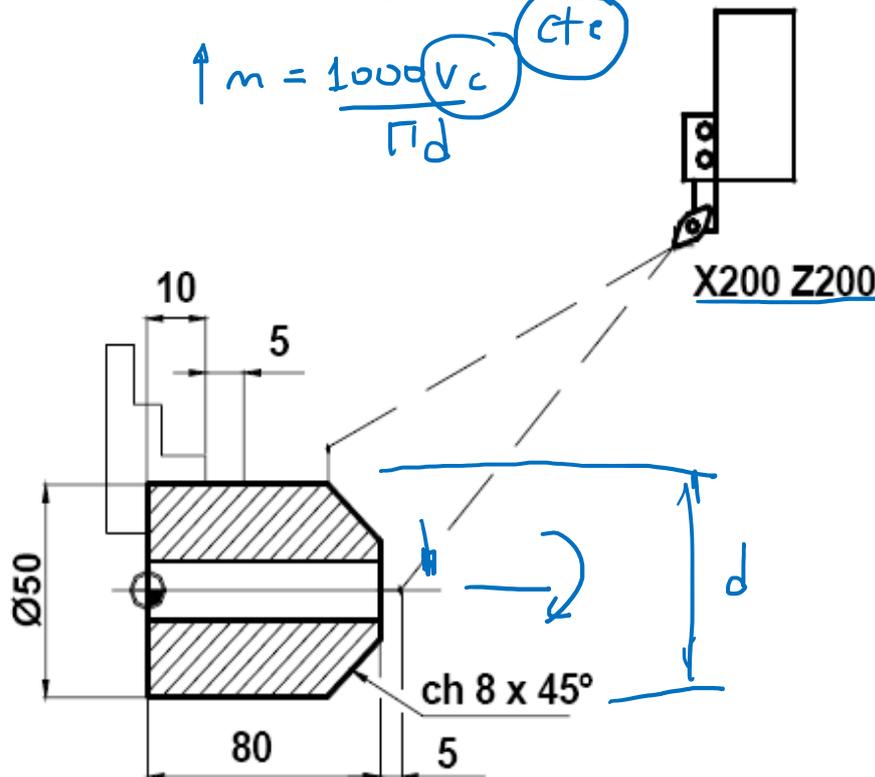


Exemplo de programa

Torneamento

$$V_c = \frac{\pi d m}{1000}$$

$$\uparrow m = \frac{1000 V_c}{\pi d} \text{ cte}$$



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;

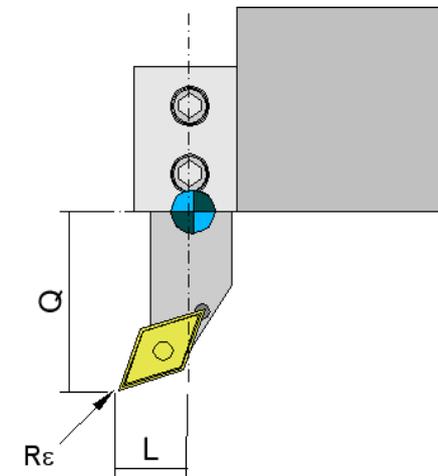
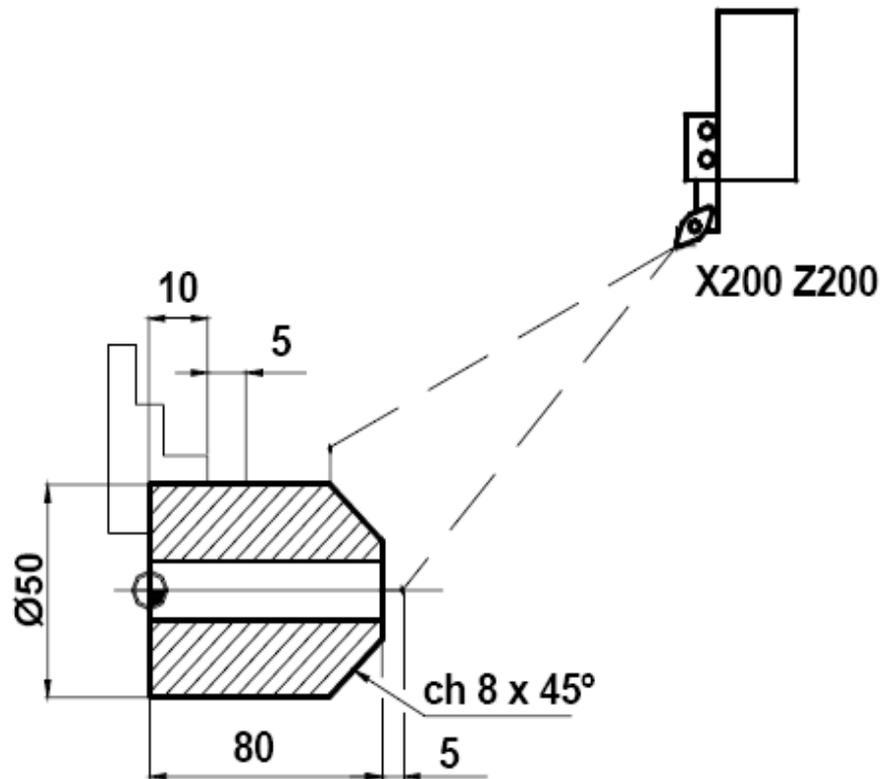


Exemplo de programa

O0001 (**Exercício 01**);
N10 G21 G40;

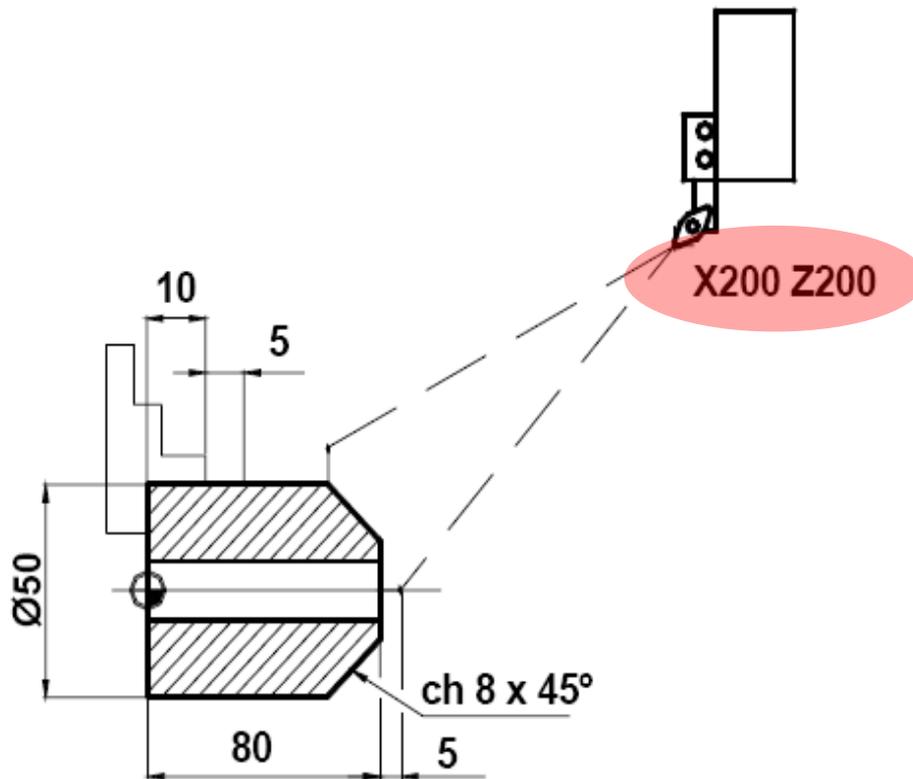
G21 - dimensões em milímetros

G40 - compensação do raio da ferramenta





Exemplo de programa



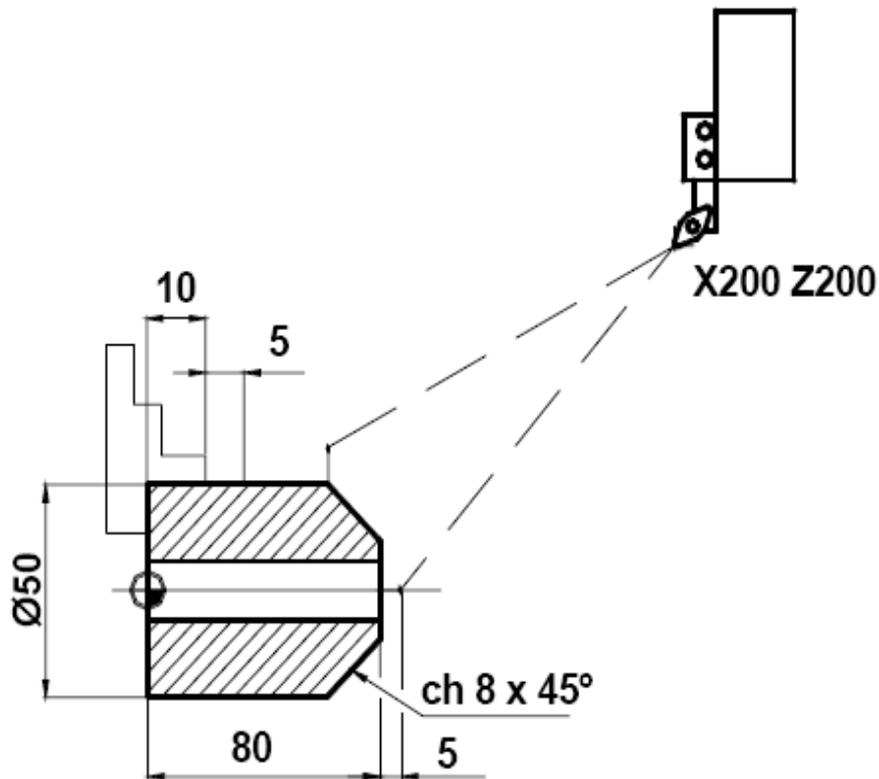
O0001 (**Exercício 01**);
N10 G21 G40;
N20 G00 X200 Z200 T00;

G00 – movimento linear rápido

T00 – ferramenta 0



Exemplo de programa



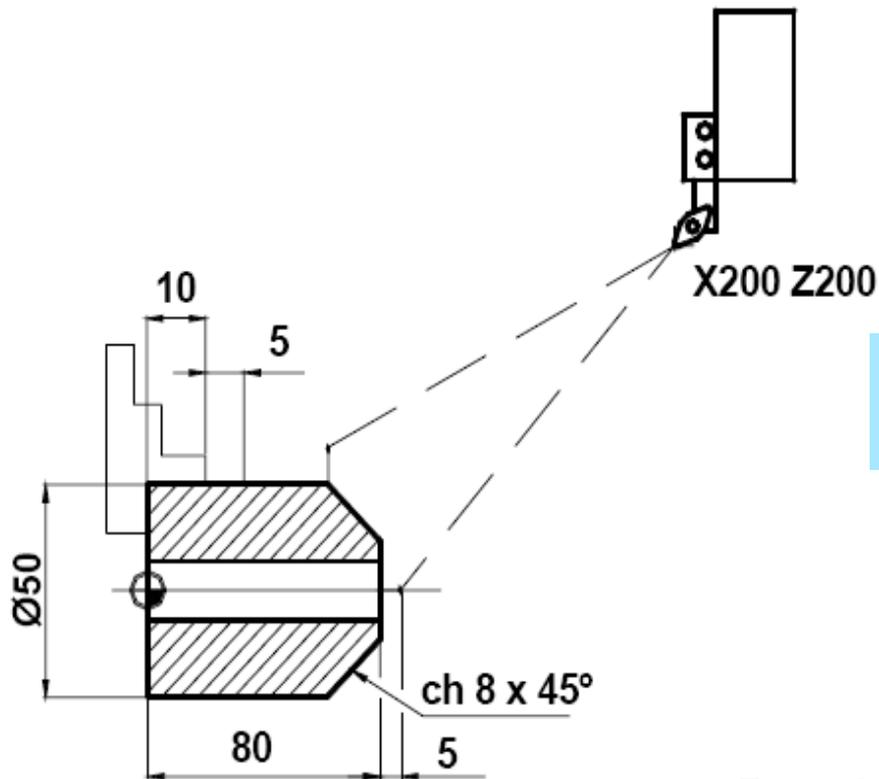
O0001 (**Exercício 01**);
N10 G21 G40;
N20 G00 X200 Z200 T00;
N30 T0101 (acabamento

T0101 - ferramenta 01

T0101 - posição da
ferramenta do porta
ferramentas - 01

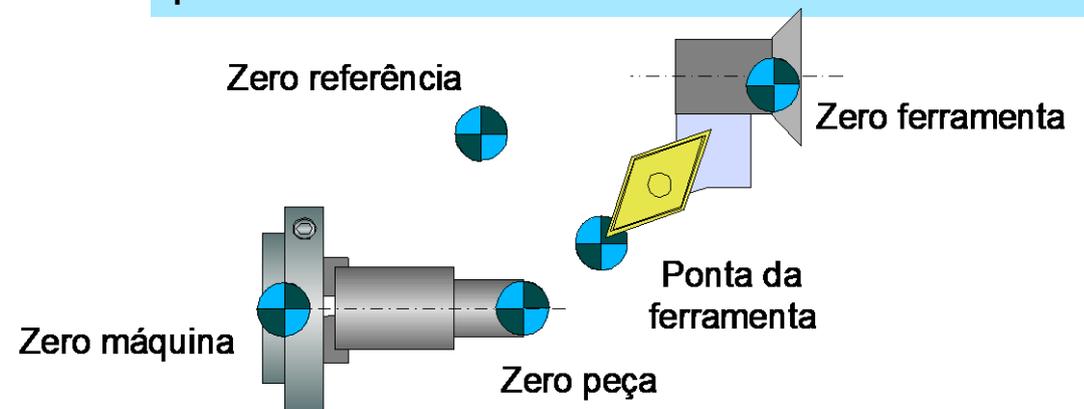


Exemplo de programa



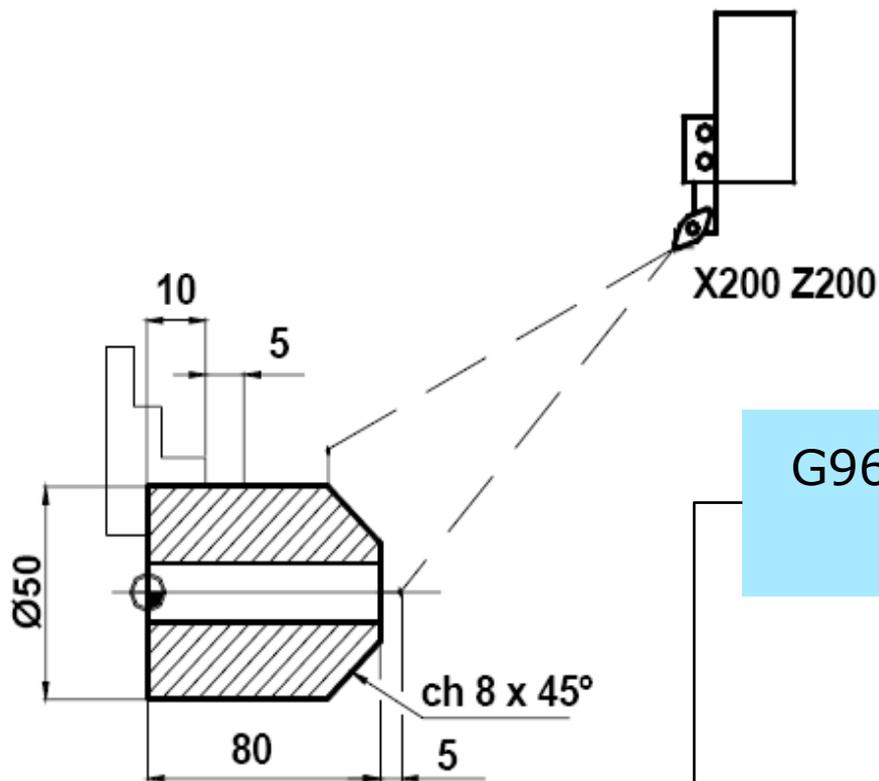
```
O0001 (Exercício 01);  
N10 G21 G40;  
N20 G00 X200 Z200 T00;  
N30 T0101 (acabamento);  
N40 G54;
```

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;
```

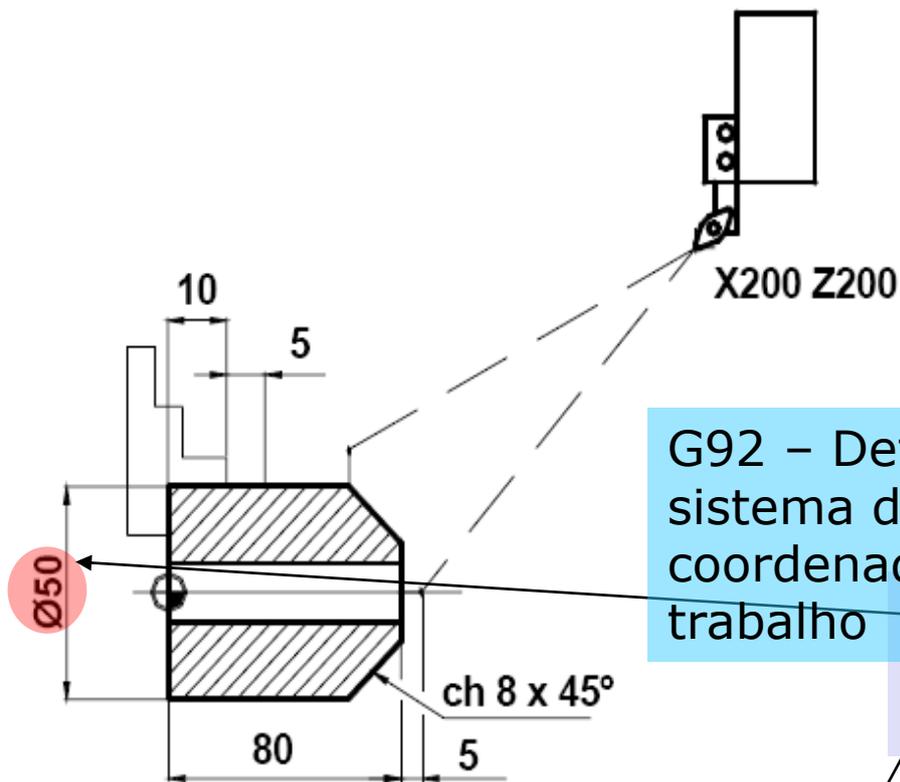
G96 – Liga velocidade superficial constante (torneamento)

S220 – Velocidade de 220

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



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
```

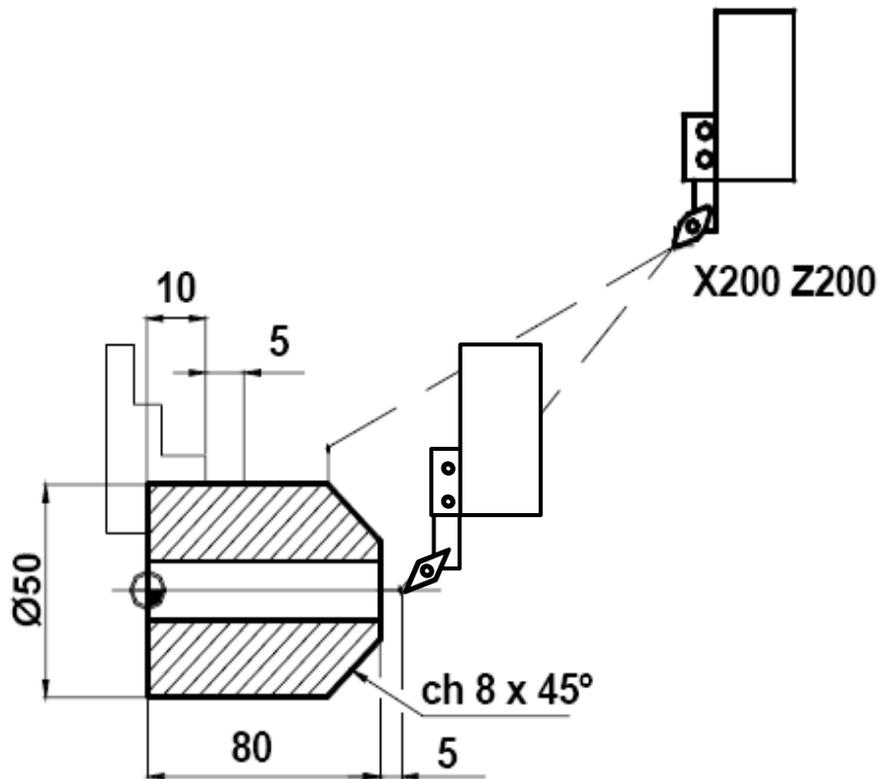
G92 - Define o sistema de coordenadas de trabalho

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

Tabelado



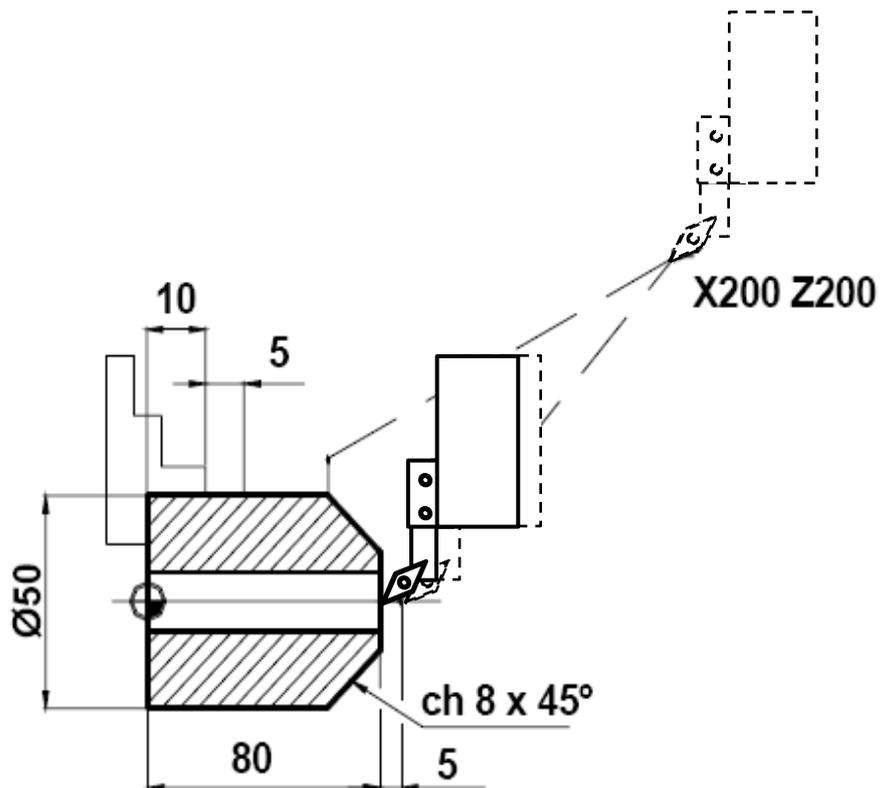
Exemplo de programa



```
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;
```



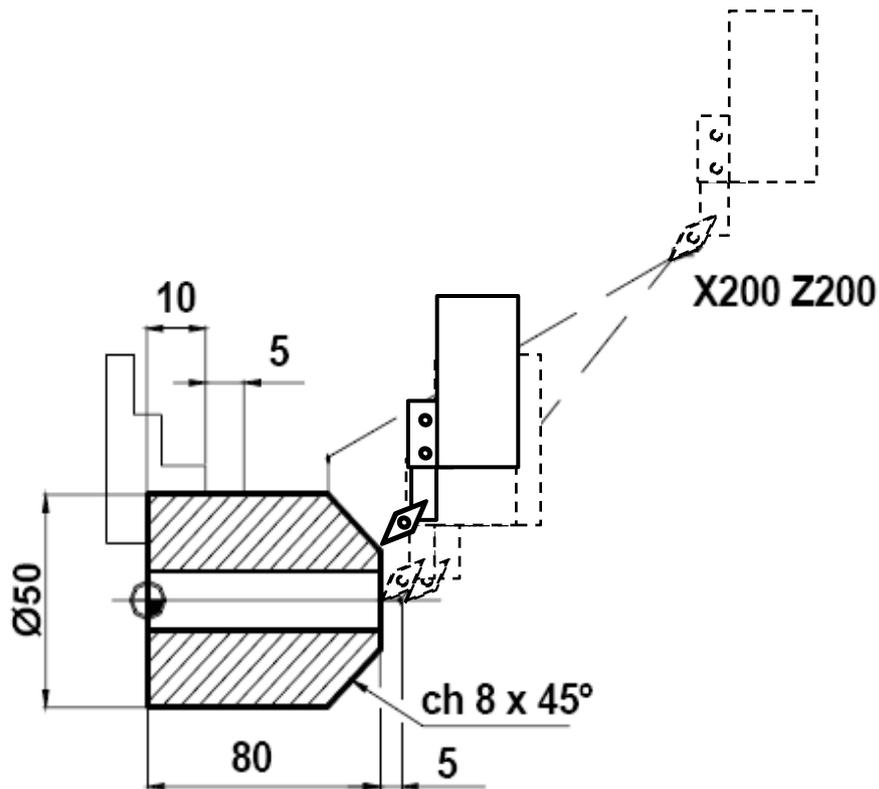
Exemplo de programa



```
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
```



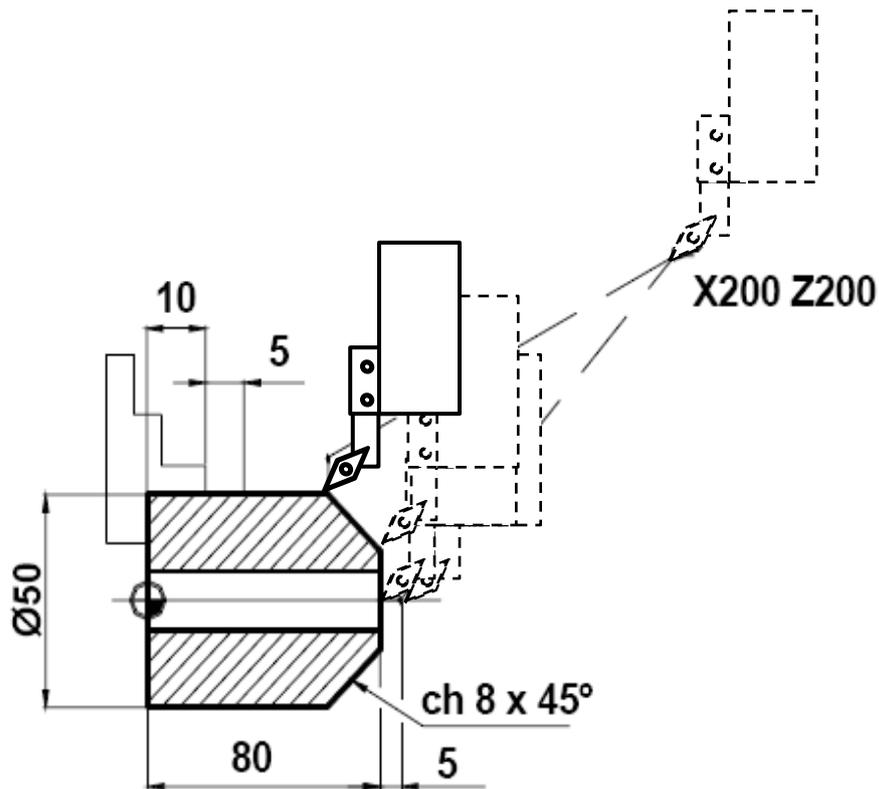
Exemplo de programa



```
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
```



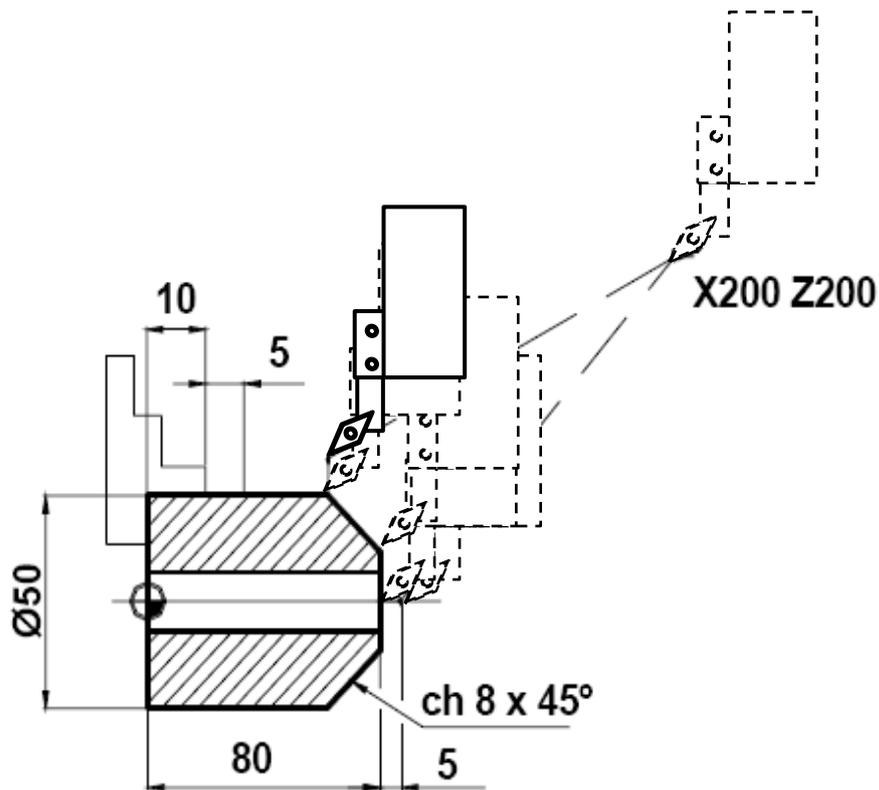
Exemplo de programa



```
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;
```



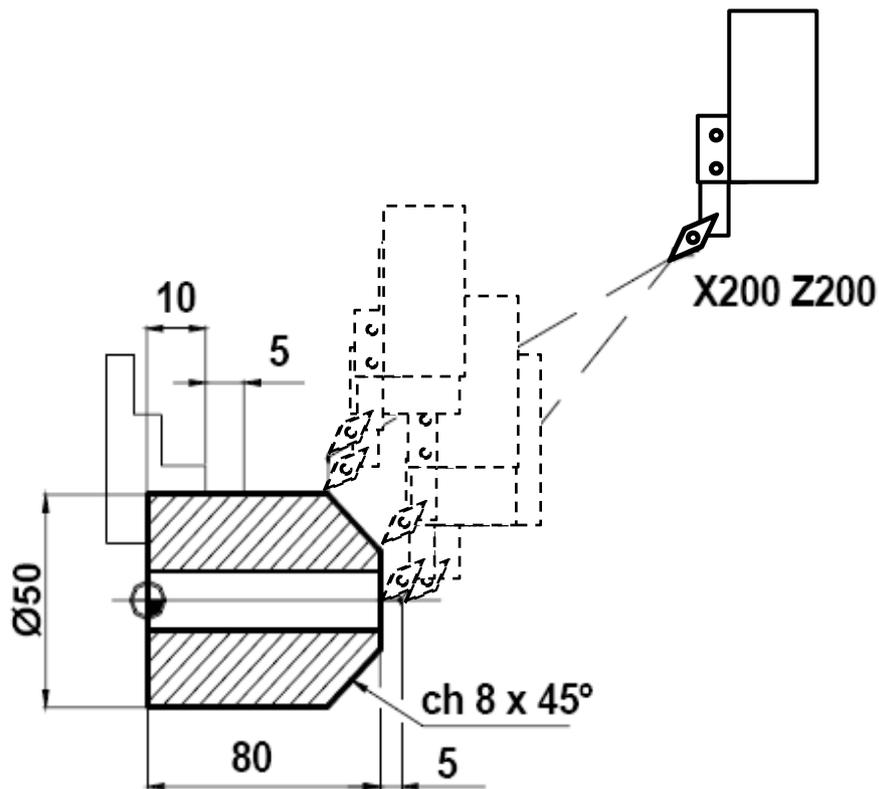
Exemplo de programa



```
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;
```



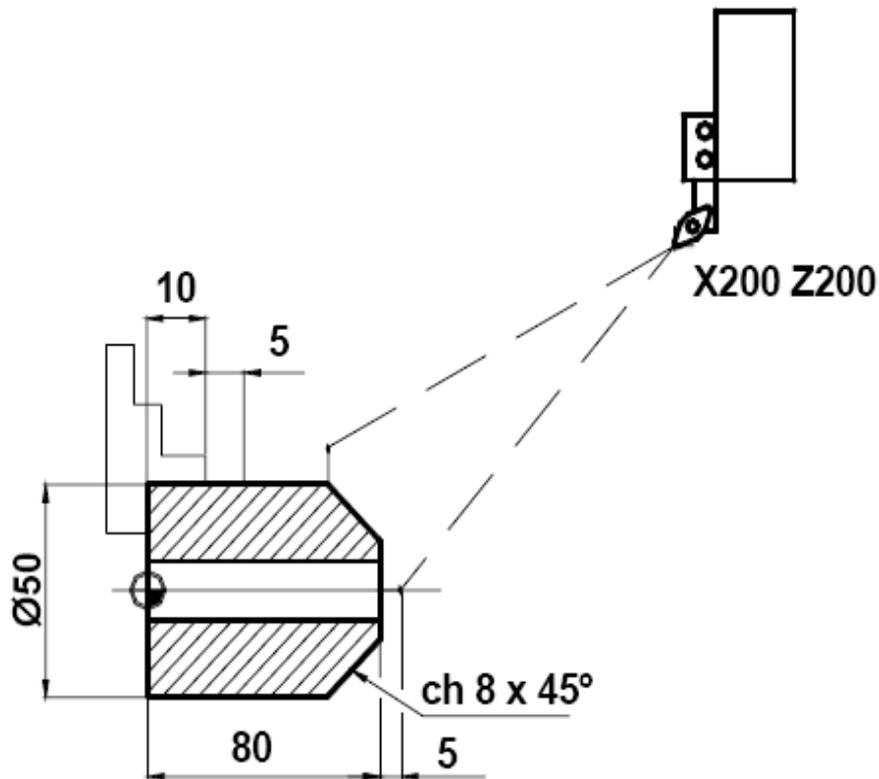
Exemplo de programa



```
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
```



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



- Fim -