

Comando Numérico

Novas Tecnologias de Manufatura

Prof. Assoc. Mário Luiz Tronco

Comando Numérico

■ **Conceitos básicos de operação de máquinas CN**

Os recursos de um Comando Numérico podem ser agrupados em duas categorias:

- ***Recursos Operativos:*** são recursos do CN que substituem a ação direta do operador:
- **Exemplos de recursos operativos:**
 - Troca automática de ferramenta (substitui o operador);
 - Abertura de rosca (substitui o operador);
 - Capacidade de realizar contornos em fresamento e torneamento (substitui dispositivos auxiliares);

Comando Numérico

- **Recursos Complementares:** são recursos do CN que o fazem mais versátil, mais fácil de ser operado e mais comunicativo com o operador:

- ***Exemplos de recursos complementares:***
 - Capacidade de operar em mm ou pol (maior versatilidade);
 - Pontos de referência fixos que permitem zerar a máquina a qualquer instante (mais fácil de operar);
 - Mostradores ativos durante funcionamento mostrando condições atuantes como posição, avanço, posição no programa (mais comunicativo);

Comando Numérico

■ Modos de OPERAÇÃO de máquinas CN

Para OPERAR uma máquina CN pode-se introduzir as informações de três formas: *Manual, Automático ou MDI*:

- **Modo manual:** Atua-se diretamente sobre o CN através do acionamento de botões/manetes correspondentes às operações desejadas;
- **Modo automático:** O CN obedece somente às informações contidas no programa de instruções;
- **Modo M.D.I (Manual Data Input):** insere-se manualmente as mesmas funções usadas para escrever o programa usado no modo automático;

*Os três modos de operação são geral e mutuamente exclusivos.
Ativando-se um deles os outros dois ficam inoperantes.*

Comando Numérico

■ O que se pode fazer em modo manual

- ligar/desligar o motor principal;
- acionar o eixo árvore;
- ligar/desligar o fluido de corte;
- movimentar a torre de ferramentas (CT);
- movimentar o trocador de ferramentas;
- trocar ferramentas;
- movimentar a mesa indexável;
- movimentar qualquer carro.

Comando Numérico

- **O que se pode fazer no modo automático**
 - Todas as operações e funções possíveis de serem programadas, compatíveis com os recursos da máquina comandada pelo CN;

- **O que se pode fazer no modo M.D.I**
 - Todos os recursos usados para a operação em modo automático podem ser introduzidas ao comando através do M.D.I., usando a mesma linguagem de programação;

Comando Numérico

■ Métodos de programação de máquinas CN (Generalidades)

- A programação CN consiste de *planejamento* e *documentação* da seqüência de processamento a ser realizada pela máquina CN;
- A programação pode ser feita basicamente de três formas:
 - Programação manual;
 - Programação assistida por computador:
 - Via linguagens específicas (APT, EXAPT, etc.);
 - Via sistemas CAD/CAM (SmarCam, SurfCAM, etc.);
 - Programação MDI (*Manual Data Input*);

Comando Numérico

■ Programação manual

- O programador prepara o código CN usando a linguagem própria do CN ou a linguagem padronizada (Código G);
- O programa é escrito manualmente ou numa forma a partir da qual uma mídia (fita, disco, pendrive) é subsequente codificada;
- Usa-se a programação manual tanto para operações ponto-a-ponto quanto para contornos simples. Operações 3D e mais complexas => Programação via sistemas CAD/CAM;

Comando Numérico

■ 2.2 Programação assistida por computador

Pode ser feita através de linguagens específicas ou através de sistemas CAD/CAM

■ Via linguagens específicas:

- As instruções são escritas em linguagem do tipo APT, EXAPT etc. que são então convertidas pelo computador para um código que é interpretado e executado pelo CN (Código G);
- As funções do programador se restringem a:
 - i) definir a geometria da peça e
 - ii) especificar a trajetória da ferramenta, a seqüência de operações e os parâmetros de usinagem utilizando a linguagem em questão;

Comando Numérico

- O computador:
 - i) converte a linguagem programada em Código G,
 - ii) faz cálculos aritméticos e correções e
 - iii) faz o pós-processamento para máquina em questão;

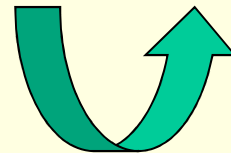
- Algumas linguagens:
 - APT (Automatically Programmed Tools);
 - AUTOSPOT (Automatic System for Positioning Tools);
 - ADAPT (Adaptation of APT);
 - EXAPT (Extended Subset of APT).

Comando Numérico

Exemplo de programa em APT

```
P1 = POINT/1.0,2.0,0.0
P2 = POINT/1.0,1.0,0.0
P3 = POINT/3.5,1.5,0.0
P0 = POINT/-1.0,3.0,2.0
FROM/P0
GOTO/P1
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
```

```
GOTO/P2
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
GOTO/P3
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
GOTO/P0
```



Comando Numérico

■ Via sistemas CAD/CAM

- Neste caso as funções do programador se restringem, basicamente, a definir a geometria da peça e a trajetória da ferramenta. O sistema gera automaticamente programa CN;
- O sistemas CAD/CAM podem automatizar parte de ambas as tarefas:
 - O sistema CAD possui ferramentas que facilitam a definição da geometria;
 - O sistema CAM possui bibliotecas sobre máquinas e ferramental;
 - O sistema CAD/CAM integra estas funções permitindo, de diferentes formas a geração da trajetória da ferramenta e do Código CN;

Comando Numérico

■ Programação M.D.I (*Manual Data Input*)

- Neste caso o operador insere manualmente os comandos diretamente na MCU, através do painel de controle;
- Método preferido em pequenas plantas para introdução do CN sem necessidade de aquisição de sistemas especiais para a programação, e nem de contratar um programador;
- É usualmente aplicável a peças relativamente simples. Maior complexidade => passível de mais erros;

Comando Numérico

■ Etapas da programação manual

A programação manual consiste, basicamente, das seguintes etapas:

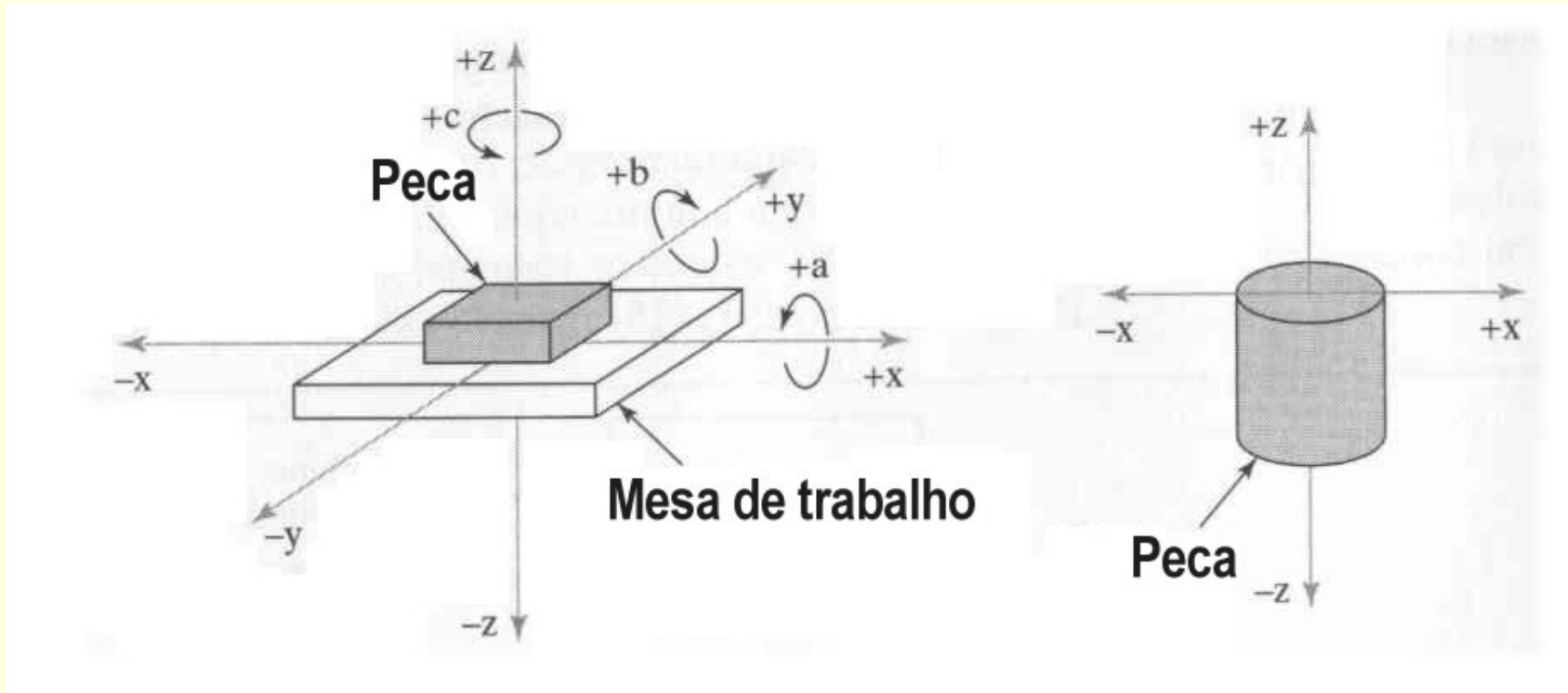
- i. Interpretação do desenho;
- ii. Planejamento de Processo;
- iii. Especificação de dispositivos de fixação;
- iv. Seleção de ferramentas e parâmetros de usinagem;
- v. Preparação de dados para cálculo de trajetórias;
- vi. Preparação do programa CN;
- vii. Simulação;
- viii. *tryout*;

Comando Numérico

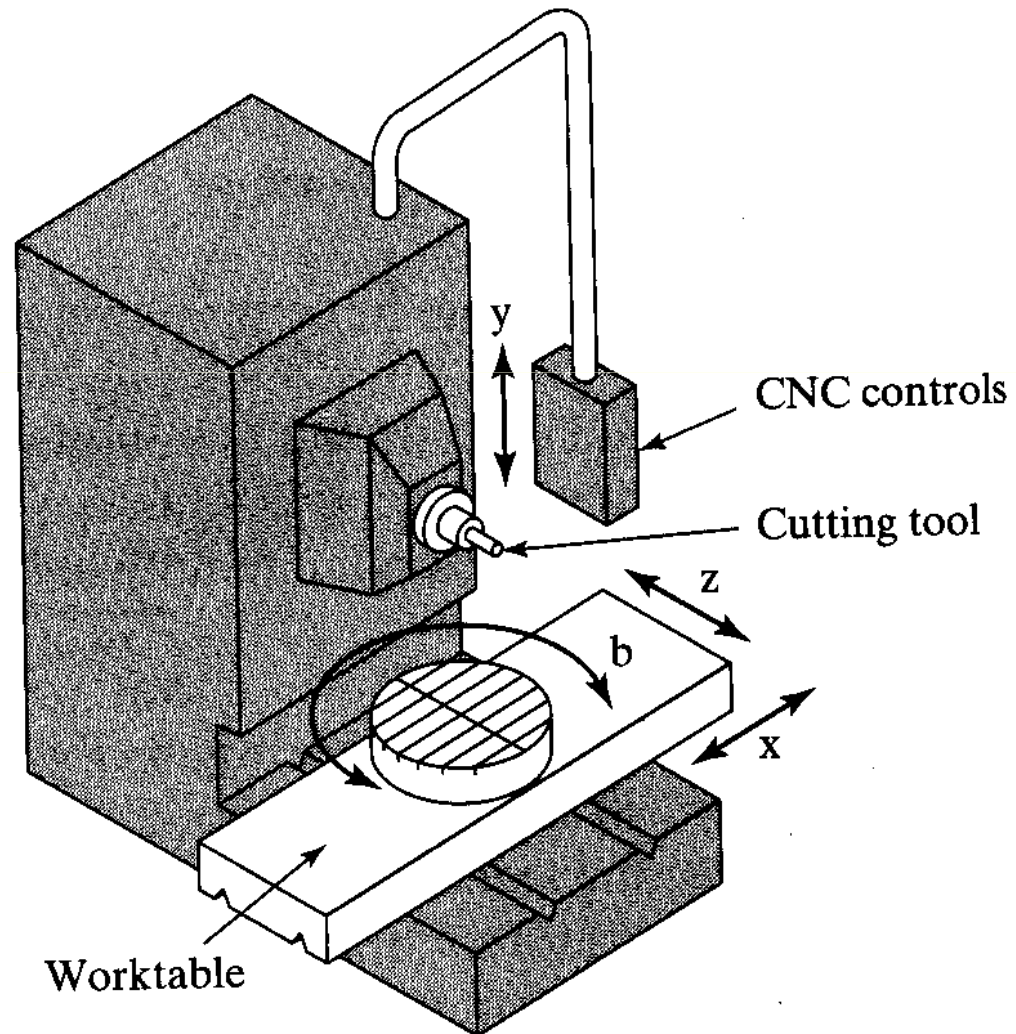
■ Eixos, sistemas de coordenadas e zeros dos sistema na programação CN

- **Eixo:** direção segundo a qual pode-se programar os movimentos relativos à ferramenta/mesa de translação ou de rotação);
 - **Eixos principais:** três eixos ortogonais (**X,Y,Z**) que direcionam os movimentos de translação;
 - **Eixos paralelos:** três eixos ortogonais (**U,V,W**) que direcionam movimentos de translação paralelos ao eixos X, Y e Z respectivamente;
 - **Eixos rotacionais:** três eixos rotacionais (**A,B,C**) que direcionam os movimentos de rotação em torno dos eixos X, Y e Z respectivamente;

Comando Numérico



Comando Numérico



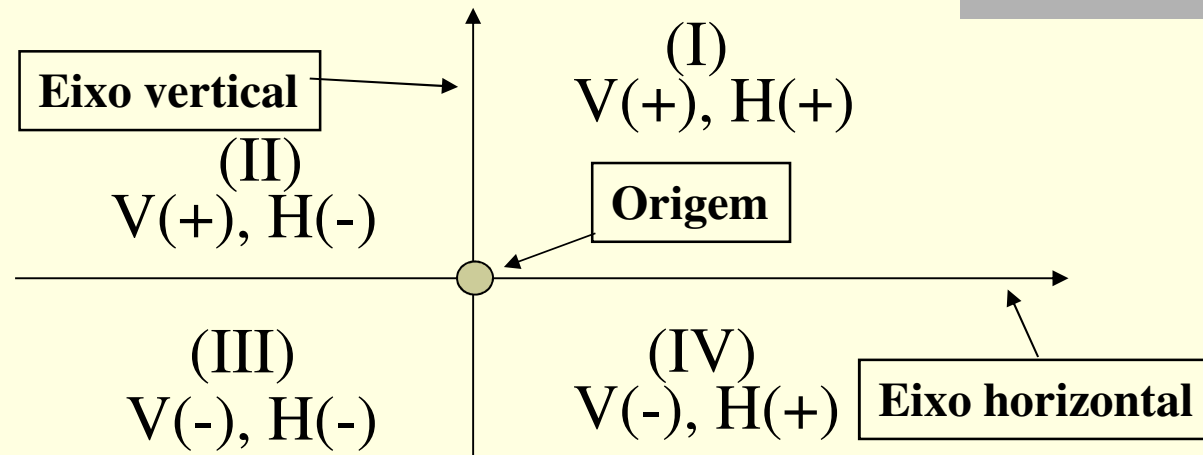
Comando Numérico

■ Sistemas de coordenadas

- Existem dois critérios para se definir as funções de posicionamento no plano de trabalho: *Sistema de coordenadas absoluto* e *sistema de coordenadas incremental*:

- **Sistema de coordenadas absoluto:** Todos os pontos são definidos através de um sistema de coordenada ortogonal, onde a interseção dos eixos é a origem. Os eixos definem quatro quadrantes de programação.

Comando Numérico



- **Ponto de origem fixo (Zero fixo):** para todas as peças o sistema de referência é sempre o mesmo, definido pela máquina e pelo comando;
- **Ponto de origem flutuante (Zero flutuante):** Ponto de referência definido em qualquer ponto contido no plano de trabalho. Cada peça pode ter um ou mais pontos zeros convenientes para a programação ou fabricação;

Comando Numérico

■ Sistema de coordenadas incremental:

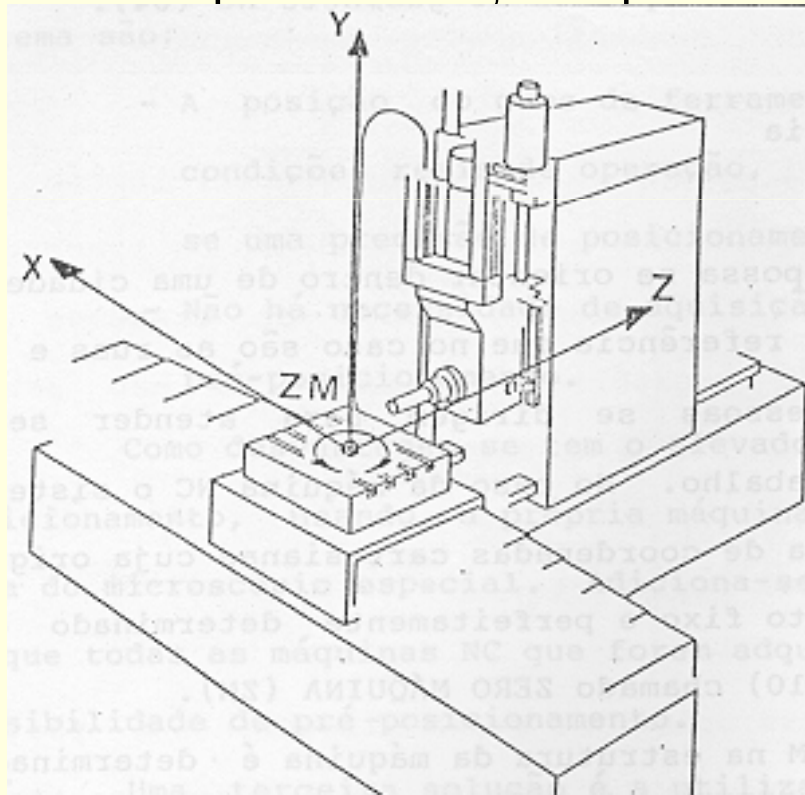
As coordenadas do ponto meta são dadas sempre em função do ponto de partida (ponto anterior), ou seja, a medida é projetada sobre as direções principais entre o ponto de partida (atual) e a meta:

- O sinal da coordenada é definido pela direção do movimento;
- Neste sistema não faz sentido falar em origem (fixa ou flutuante);

Comando Numérico

■ Zero Máquina (ZM):

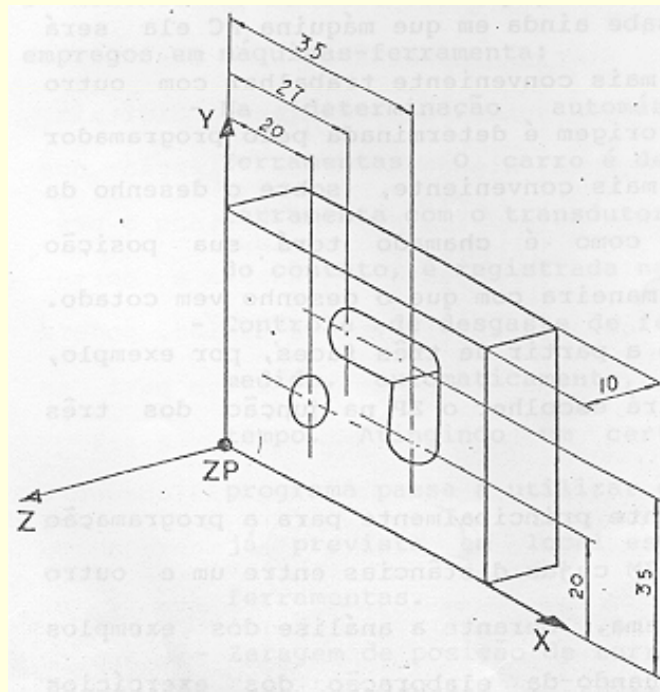
é a origem de um sistema de coordenadas cartesiano definido pelo fabricante. Este ponto é fixo, não pode ser alterado;



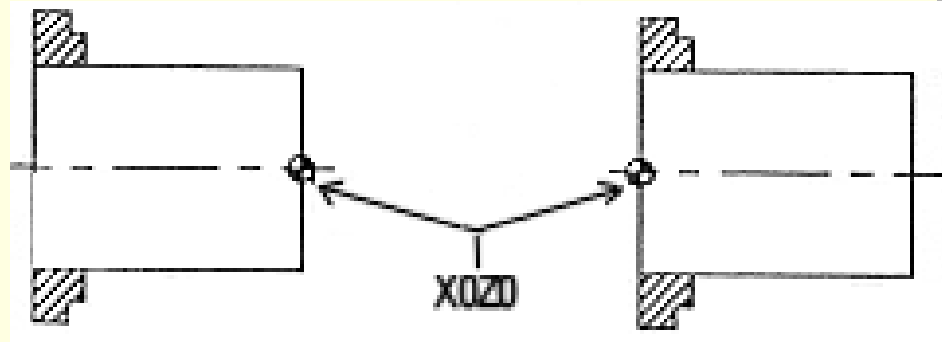
Comando Numérico

■ Zero Peça (ZP):

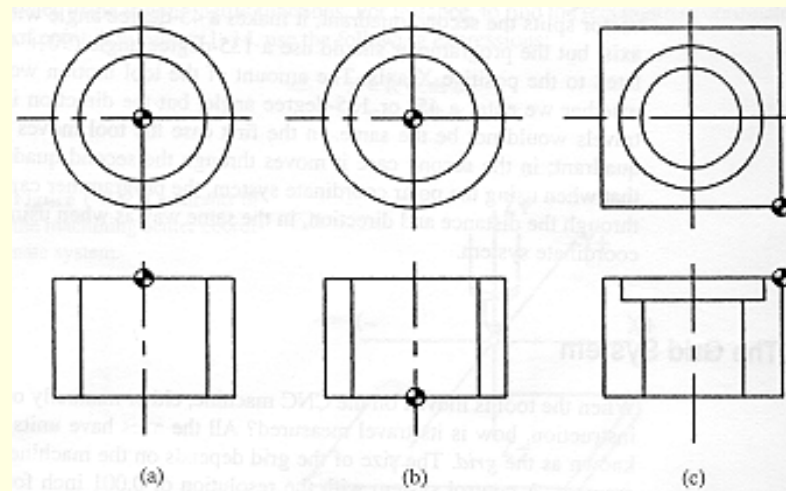
é a origem do sistema de coordenadas definido pelo programador sobre o desenho. Ela é a origem do sistema absoluto. Este ponto é definido pelo programador;



Comando Numérico



Exemplos de Zeros Peça em Centros de Torneamento.



Exemplos de Zeros Peça em Centros de Usinagem.

Comando Numérico

■ Programação CNC

- A menor informação que um CNC interpreta é a palavra, que é uma seqüência de caracteres que especifica um detalhe da operação: posição X, posição Y, avanço ou rotação do eixo árvore, etc..;
- A menor quantidade de informação que o CNC executa é um bloco, que é uma coleção de palavras formando uma instrução completa para a máquina.;
- Devido à variedade de fabricantes => uma variedade de formatos para especificação das *palavras* dentro de um *bloco* foram desenvolvidas;

Comando Numérico

■ Tipos de funções e regras de programação

As funções de programação podem ser agrupadas como segue:

- ***Funções preparatórias:*** preparam o sistema de controle para um determinado modo de operar. Exemplos:
 - Funções que definem o tipo de coordenada (abs ou inc);
 - Funções que definem a unidade (mm ou pol);
- ***Funções de posicionamento:*** definem a posição onde determinada operação deve ser realizada;
 - Funções de posicionamento principais (X, Y, Z);
 - Funções de interpolação circular (I, J, K);

Comando Numérico

- ***Funções auxiliares ou complementares:*** complementam informações necessárias para execução do comando.

Exemplos:

- Funções que definem avanço, velocidade de corte, troca de ferramentas;
- Funções miscelâneas: definem parada e partida de eixos, ligamento/desligamento de fluido de corte, etc.;
- Funções que definem início/fim de programa, seqüência, chamada de subrotinas, etc

Comando Numérico

- **Regras de programação:** As funções devem obedecer às regras básicas de precedência e de implicações.
- **Regras de precedência:** Definem a prioridade de entrada das funções no programa e no bloco:

Exemplo: Antes de se definir num dado bloco a posição de uma dada operação, através das funções de posicionamento, deve-se dizer ao comando, através de uma ou mais funções preparatórias, como ele deve percorrer a trajetória até a dada posição.

Comando Numérico

■ Programação CNC

- Programação CNC para Tornos (comandos FANUC, SIEMENS, etc.);
- Programação orientada a Centros de Usinagem;
- Programação CNC assistida por Computador;
- Programação CNC paramétrica;

Comando Numérico

■ Programação CNC

- Programação CNC

Sentenças numeradas sequencialmente

N10

N20

N30

▪

▪

Comando Numérico

Velocidade de Corte e Avanço

Material	Desbastar	Acabar	Avanço MM/ROT
Aço macio	200 a 300	200 a 400	0.1 a 1.8
Aço de média dureza	150 a 300	200 a 300	0.1 a 1.5
Aço duro	140 a 160	106 a 200	0.1 a 1.5
Aço para ferramentas	30 a 50	50 a 65	0.1 a 1.2
Aço inoxidável	70 a 90	90 a 120	0.1 a 1.2
Ferro fundido maleável	60 a 75	75 a 95	0.12 a 1.5
Ferro fundido média dureza	60 a 95	100 a 140	0.1 a 1.2
Ferro fundido duro	45 a 75	75 a 110	0.1 a 1.0
Cobre	320 a 360	360 a 560	0.1 a 1.5
Latão macio	300 a 450	450 a 550	0.1 a 1.0
Latão duro	200 a 300	300 a 400	0.1 a 1.0
Bronze macio	300 a 350	280 a 380	0.1 a 1.0
Bronze duro	150 a 200	200 a 300	0.1 a 1.0

Comando Numérico

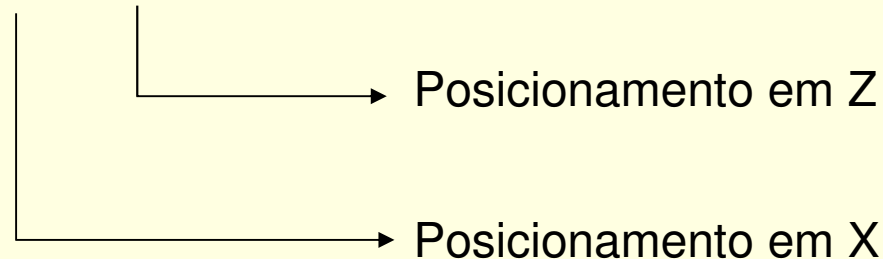
■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G00 – Avanço rápido

Usada normalmente para aproximações ou recuos de ferramentas.

G00 X___. Z__.



Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

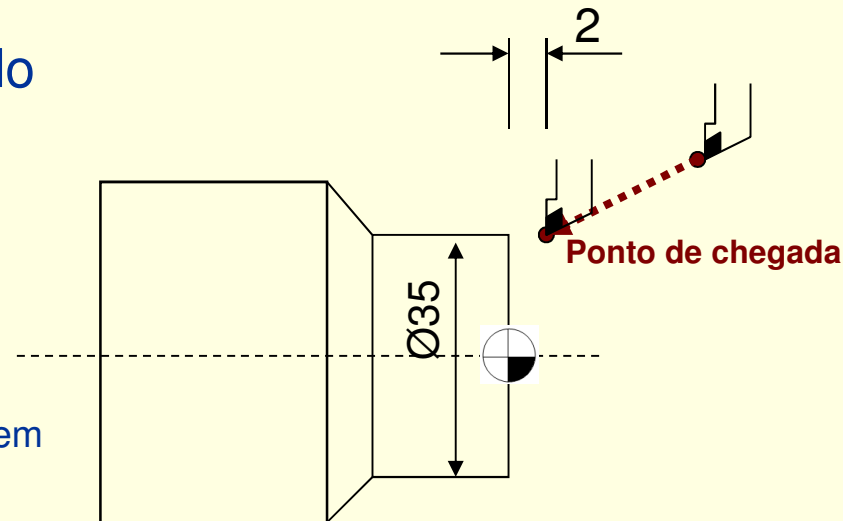
- G00 – Avanço rápido

Exemplo

G00 X35. Z2.;

Posicionamento em
X (diâmetro de
35mm)

Posicionamento em
Z (2mm positivos)



Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- **G01 – Interpolação Linear**

Usada para execução de avanços lentos, ou seja, avanços de usinagem programados, levando em consideração fatores como ferramentas e material a ser usinado. Executa movimentos retilíneos, ângulos e chanfros. A ferramenta é deslocada em uma linha reta para o ponto de chegada por intermédio do avanço que está especificado como condição adicional.

G01 X Z C R F;

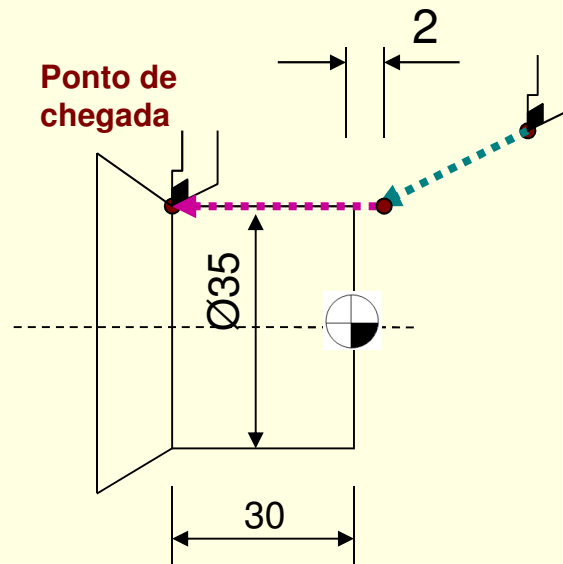
X	Coordenada absoluta final
Z	Coordenada absoluta final
C	Comando para inserção de chanfro
R	Comando para inserção de raio
F	Avanço

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G01 – Interpolação Linear – Exemplos
- Deslocamento Simples



Liga fluido refrigerante

Avanço rápido até o ponto X35, Z2

N10 G00 X35. Z2. M8;

N20 G01 Z-30. F.15;

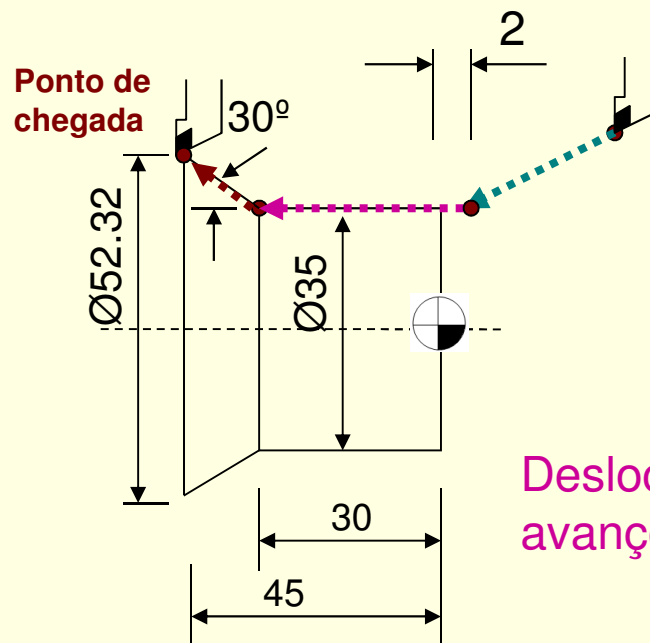
Deslocar para Z-30, com avanço de 0.15mm

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G01 – Interpolação Linear – Exemplos
- Deslocamento com Ângulo



Avanço rápido até o ponto X35, Z2

N10 G00 X35. Z2. M8;

N20 G01 Z-30. F.15;

N30 G01 X52.32 Z-45;

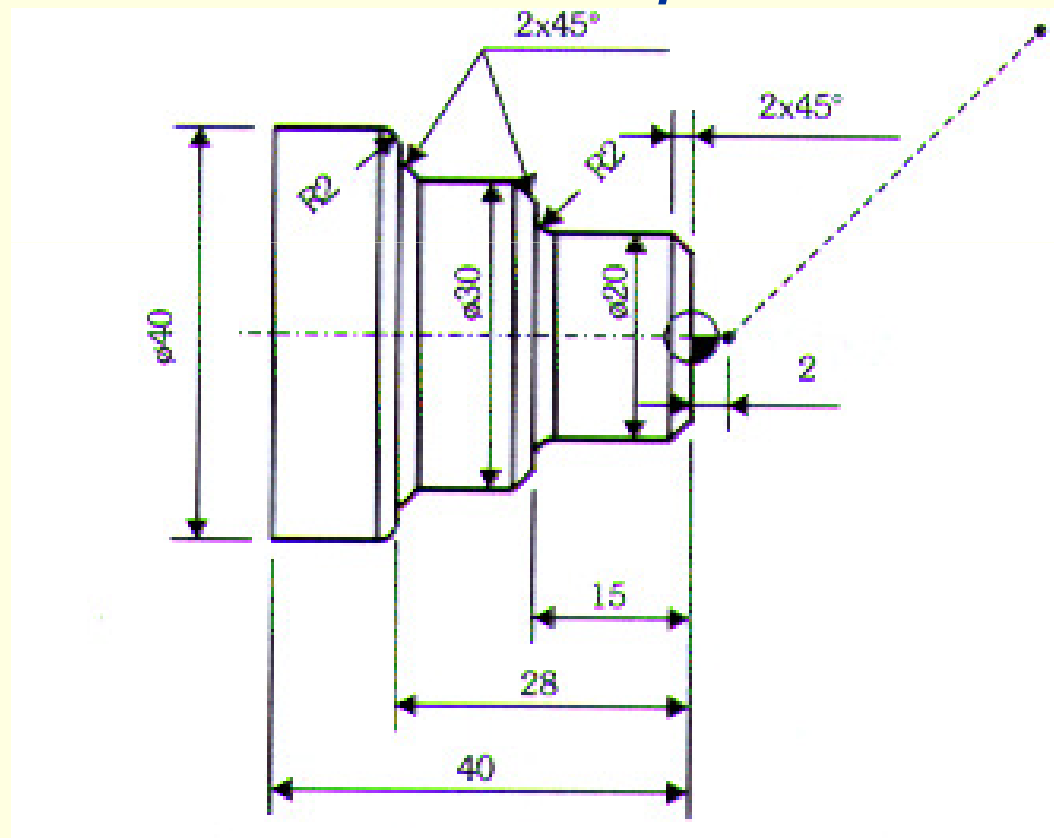
Deslocar para Z-30, com avanço de 0.15mm

Deslocar para X52.32 e Z-45,

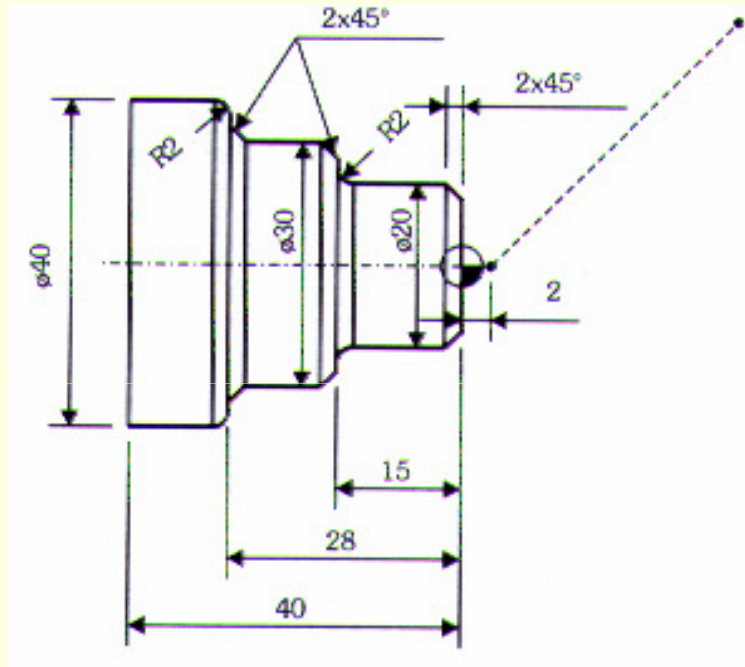
Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Chanfro e Arredondamento - Exemplo



Comando Numérico



Programa CNC:

N10 G00 X0 Z2. M8; aproximação rápida

N20 G01 Z0 F.15; encostar na face com avanço de 0.15mm

N30 G01 X20. C-2.; facear com inserção de chanfro até diâmetro de 20mm

N40 G01 Z-15. R2.; deslocamento longitudinal com raio

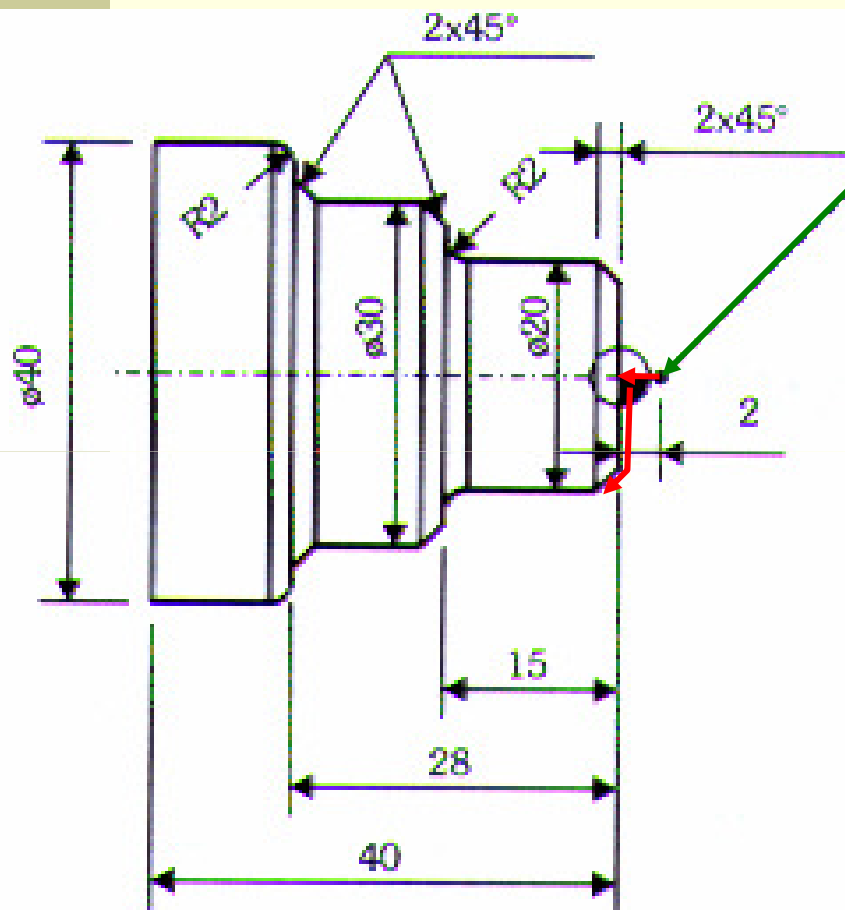
N50 G01 X30. C-2.; facear com inserção de chanfro até diâmetro de 30mm

N60 G01 Z-28. C2.; deslocamento longitudinal com chanfro

N70 G01 X40. R-2.; facear com inserção de reatio até o diâmetro de 40mm

N80 G01 Z-40.; pós movimento

Comando Numérico



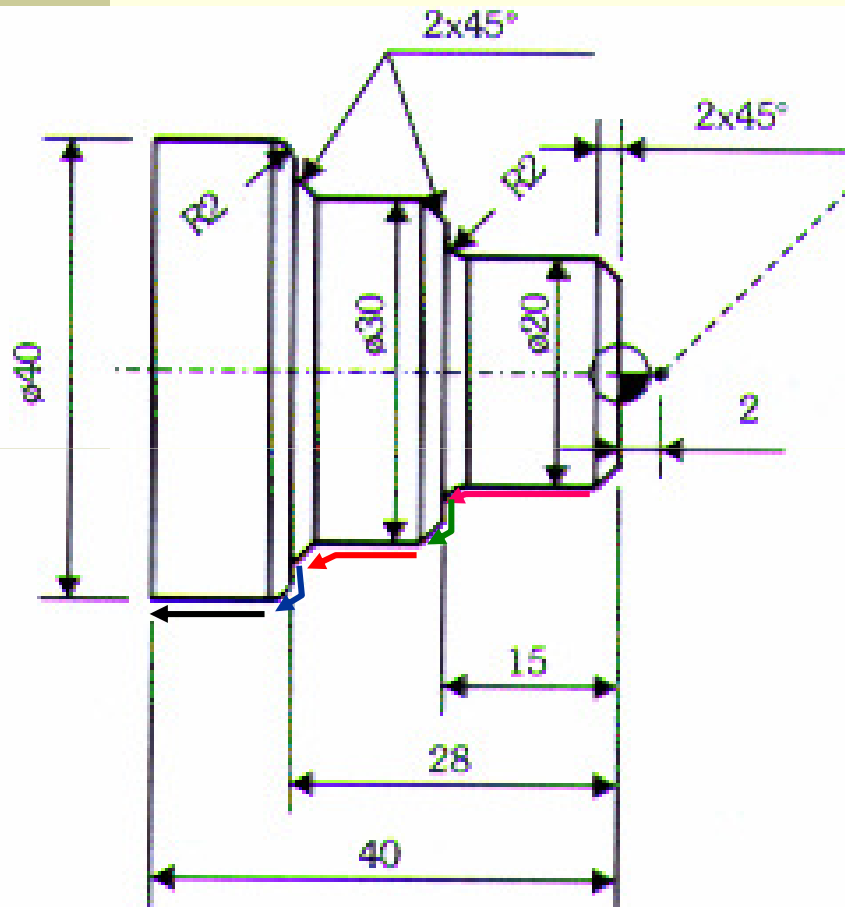
Programa CNC:

N10 G00 X0 Z2. M8; **aproximação rápida**

N20 G01 Z0 F.15; **encostar na face com avanço de 0.15mm**

N30 G01 X20. C-2.; **facear com inserção de chanfro até diâmetro de 20mm**

Comando Numérico



Programa CNC:

N40 G01 Z-15. R2.; deslocamento longitudinal com raio

N50 G01 X30. C-2; facear com inserção de chanfro até diâmetro de 30mm

N60 G01 Z-28. C2.; deslocamento longitudinal com chanfro

N70 G01 X40. R-2.; facear com inserção de reao até o diâmetro de 20mm

N80 G01 Z-40.; pós movimento (obrigatório)

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G02 e G03 – Interpolação circular nos sentidos horário e anti-horário

Funções utilizadas para gerar arcos, ou seja, perfis circulares que vão até 180° no torneamento, podendo formar uma esfera completa.

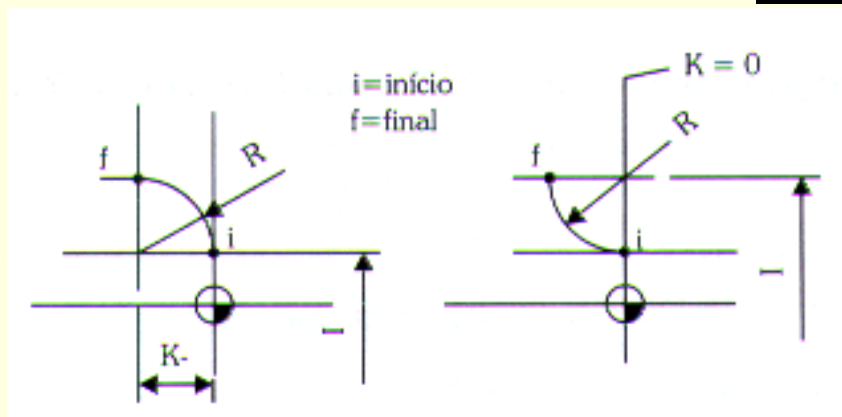
Sempre que um processo de interpolação circular for executado, a ferramenta estará posicionada no início do arco; portanto basta informar as coordenadas finais e o raio.

Comando Numérico

G02 e G03 – Interpolação circular nos sentidos horário e anti-horário

G02 / G03 X Z R / I K F

X	Coordenada absoluta final do arco
Z	Coordenada absoluta final do arco
R	Raio
I	Coordenada do centro arco em X
K	Coordenada do centro do arco em Z
F	Avanço

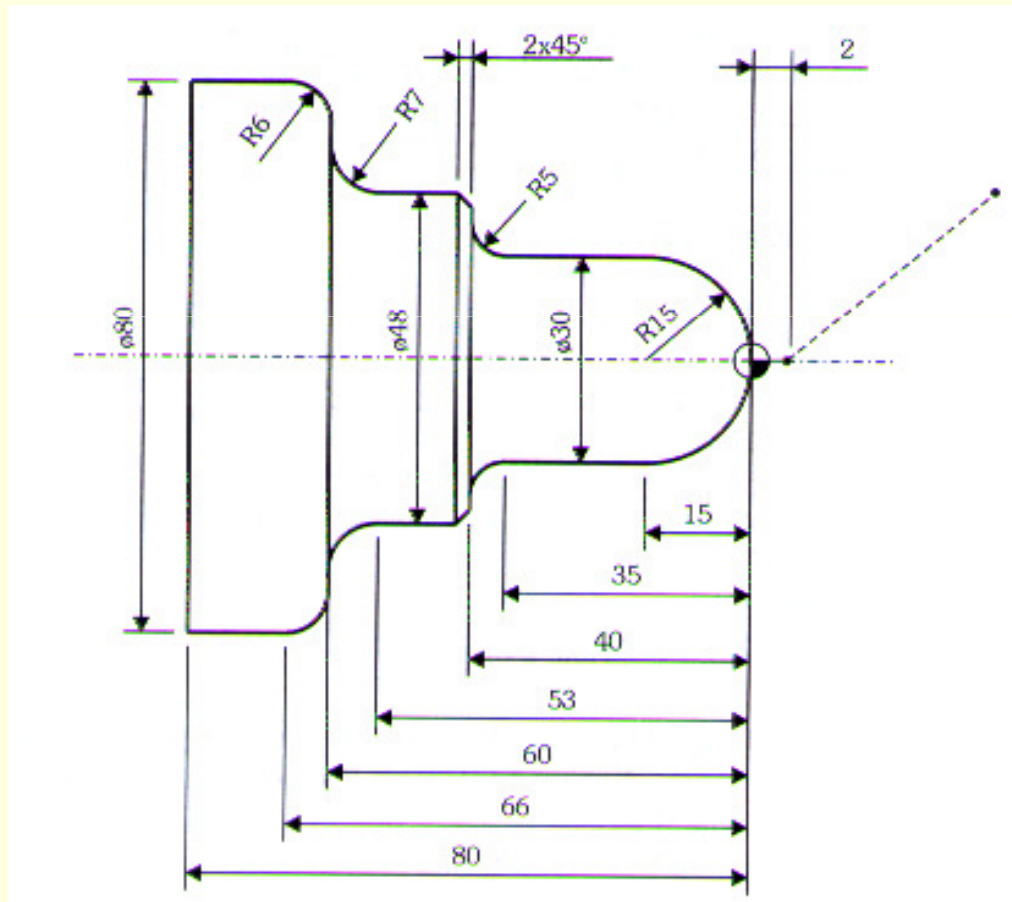


I e K, distâncias entre o início e o centro do arco.

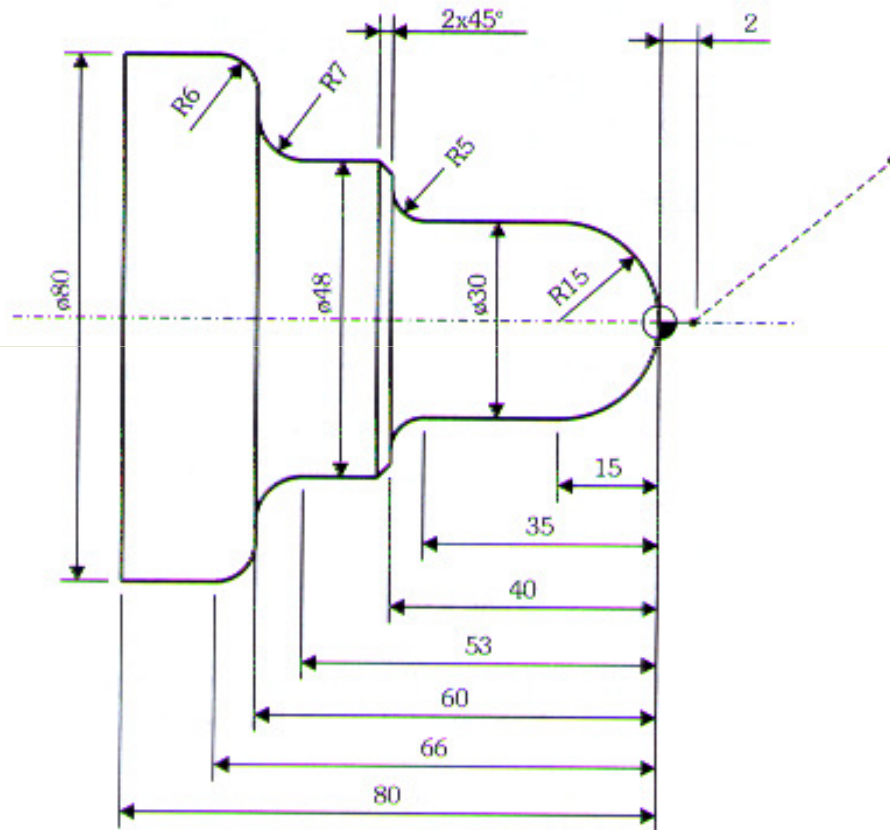
Comando Numérico

G02 e G03 – Interpolação circular nos sentidos horário e anti-horário

Exemplo



Comando Numérico



Programa CNC

```
N10 G00 X0 Z2. M08;  
N20 G01 Z0 F.15;  
N30 G03 X30. Z-15. R15.;  
N40 G01 Z-35.;  
N50 G02 X40 Z-40. R5.;  
N60 G01 X44.;  
N70 G01 X48. Z-42.;  
N80 G01 Z-53.;  
N90 G02 X62. Z-60. R7.;  
N100 G01 X68.;  
N110 G03 X80. Z-66. R6.;  
N120 G01 Z-80.;
```

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G04 – Tempo de permanência em espera

G04 X ou G04 U ou G04 P

X e U indicam o tempo em segundos

P indica o tempo em milisegundos

Usada para melhorar o acabamento

Ex: G04 X5.; **Tempo de espera de 5 segundos**

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G20 e G21

G20 – Ativa a programação em polegadas

G21 – Ativa a programação em milímetros

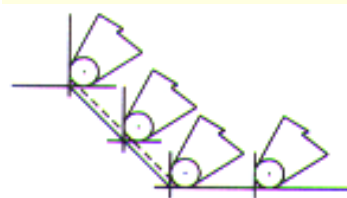
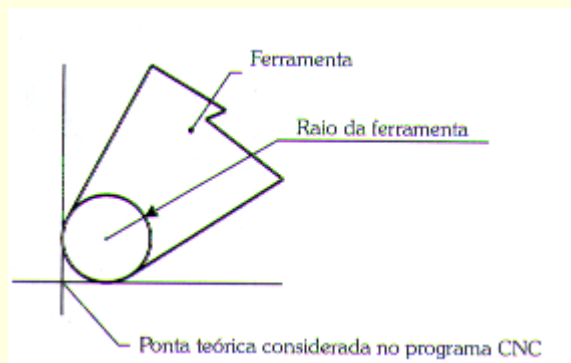
Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

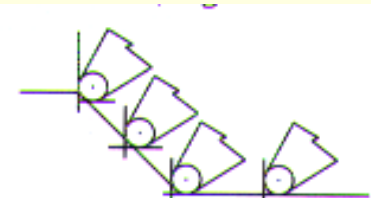
Funções Preparatórias

- Compensação de raio de corte

O sistema de compensação faz com que a ferramenta considere o contorno exato da peça, isto é, possibilita programar diretamente o perfil de acabamento sem a necessidade de cálculos auxiliares.



Sem compensação



Com compensação

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

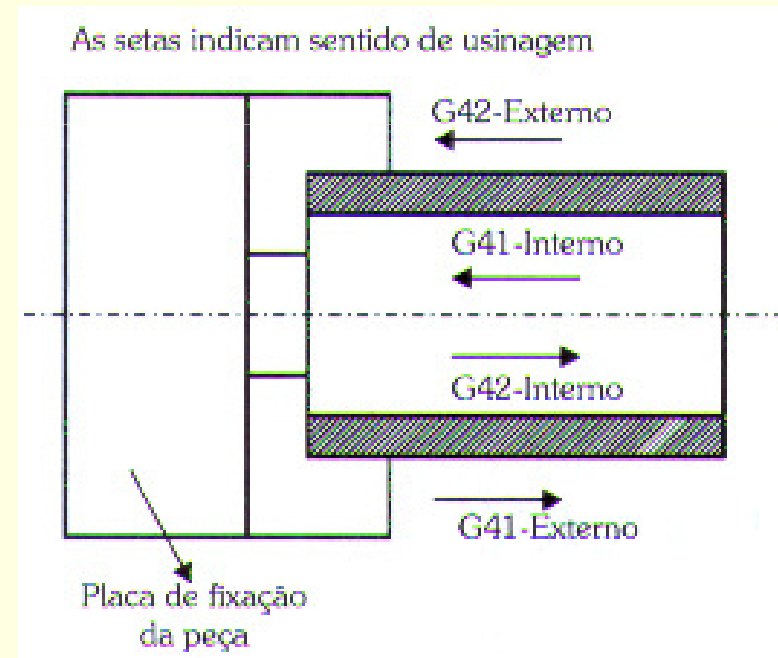
Funções Preparatórias

- Compensação de raio de corte (CRC).

G40 – Desativa CRC

G41 – Ativa CRC à esquerda

G42 – Atua CRC à direita

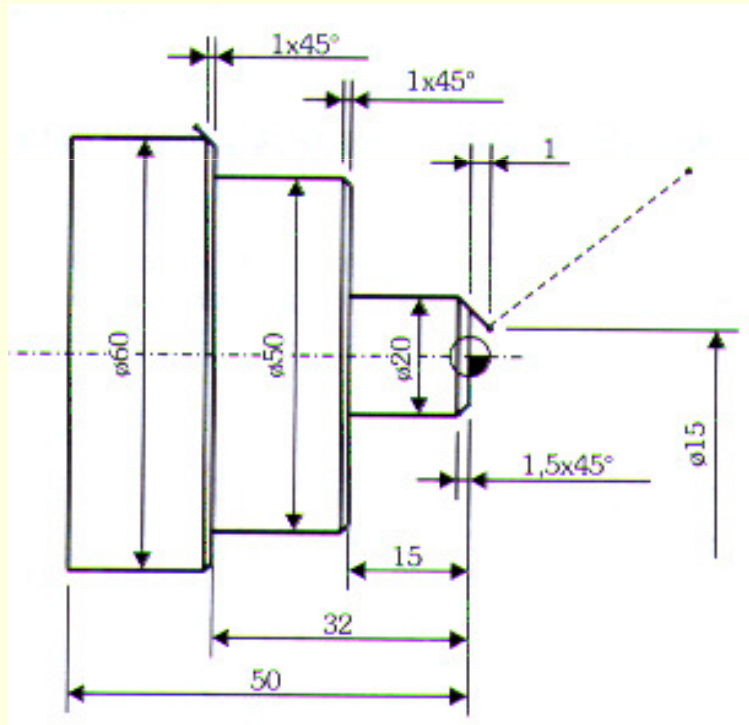


Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- Compensação de raio de corte. Exemplo – Perfil Externo



N010 G42; **ativa CRC à direita;**

N020 G00 X15. Z1. M08;

N030 G01 X20. Z-1. F.15;

N040 G01 Z-15.;

N050 G01 X50. C-1.;

N060 G01 Z-32.;

N070 G01 X58.;

N080 G01 X62, Z-34.;

N090 G00 X65.;

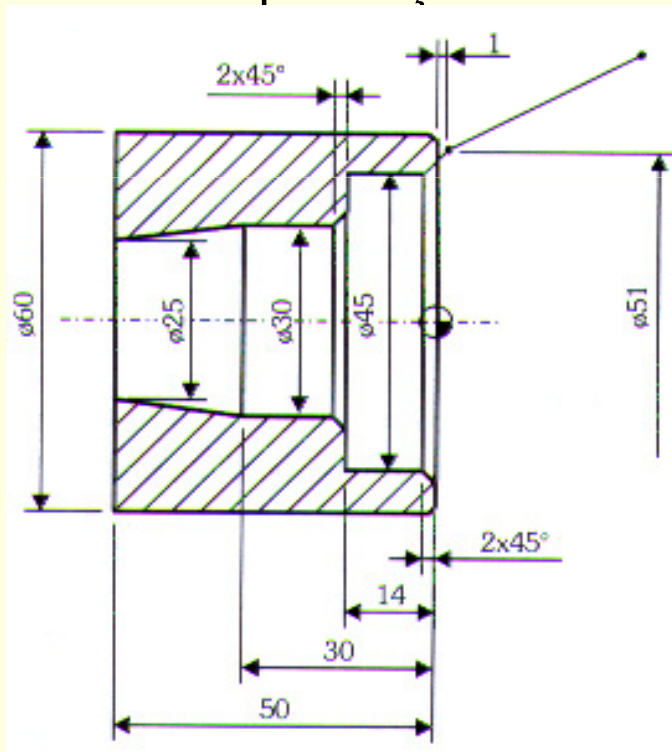
N100 G40; **desativa CRC**

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- Compensação de raio de corte. Exemplo – Perfil Interno



```
N010 G41; ativa CRC à esquerda;  
N020 G00 X51. Z1. M08;  
N030 G01 X45. Z-2. F.15;  
N040 G01 Z-14.;  
N050 G01 X30. C-2.;  
N060 G01 Z-30.;  
N070 G01 X25. Z-50.; final do perfil  
N080 G00 X24.;  
N090 G40; desativa CRC  
N100 G00 Z10.;
```

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G74 – Ciclo de torneamento e furação com descarga de cavacos

Furação com descarga de cavacos

O ciclo será executado com a programação de dois blocos contendo a G74. No primeiro bloco, um pré-posicionamento é realizado em cada penetração e no segundo os dados da furação

G74 R;
G74 Z Q F;

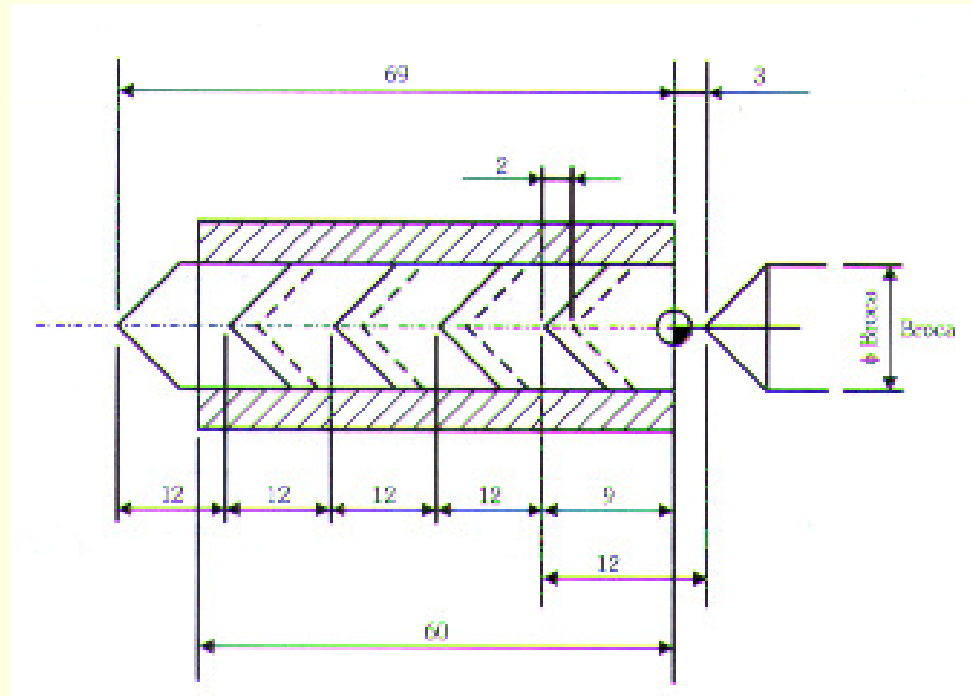
R	Retorno incremental para quebra de cavacos
Z	Posição final (comprimento do furo em absoluto)
Q	Incremento por penetração (em milésimos de milímetro)
F	Avanço

Comando Numérico

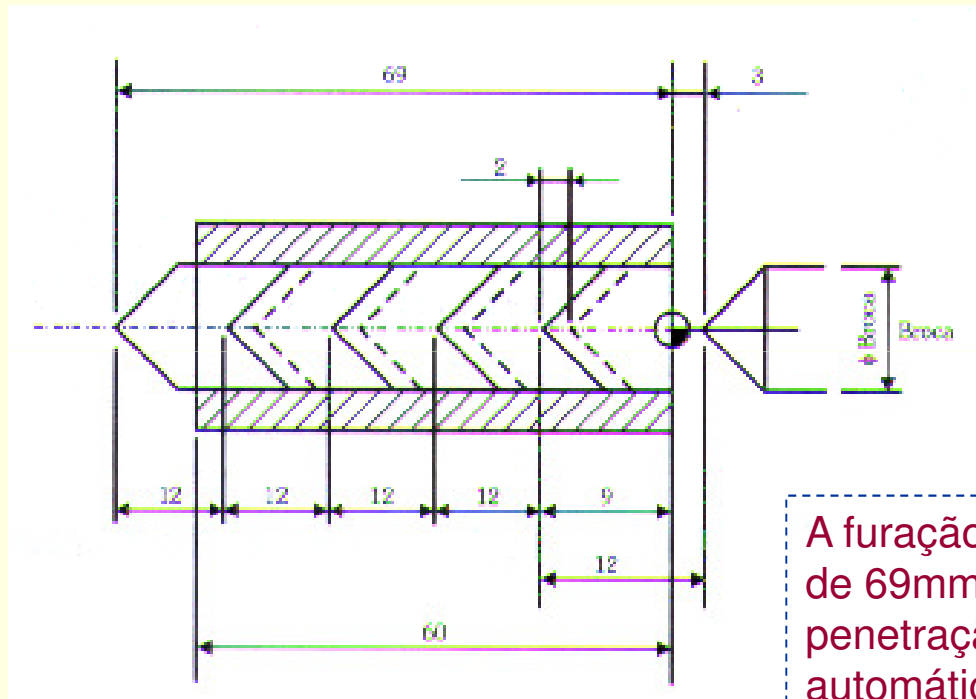
■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G74 – Ciclo de torneamento e furação com descarga de cavacos - Exemplo



Comando Numérico



N010 G00 X0 Z5. M08;
posicionamento inicial

N020 G74 R2.; retorno quebra
de cavaco

N030 G74 Z-69. Q12000 F.1;
ciclo para execução de furo

Considerando o incremento de
12mm -> $Q=12 \times 1000 = 12000$

A furação será executada até o comprimento de 69mm, com incremento de 12mm. A cada penetração em Q haverá um recuo automático ao posicionamento inicial (Z5) e em seguida uma nova aproximação até 2mm (R) antes da última penetração. Ao término do ciclo, a ferramenta se posiciona nas coordenadas iniciais (X0 e Z5).

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G74 – Ciclo de torneamento e furação com descarga de cavacos

Torneamento (desbaste de perfis simples)

;

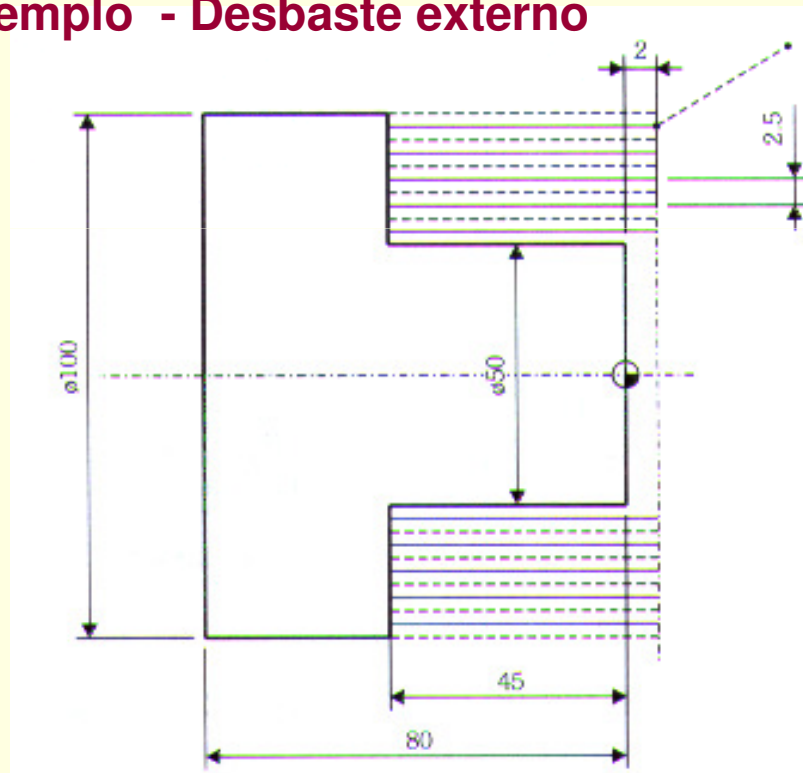
G74 X Z P Q R F;

X	Diâmetro final
Z	Comprimento final
P	Incremento por passada no raio (milésimos de mm)
Q	Comprimento total de corte (incremental, milésimos de mm)
R	Afastamento do eixo transversal
F	Avanço

Comando Numérico

- G74 – Ciclo de torneamento e furação com descarga de cavacos

Exemplo - Desbaste externo



Considerando $P = 2,5\text{mm}$ por passada (5mm no diâmetro)

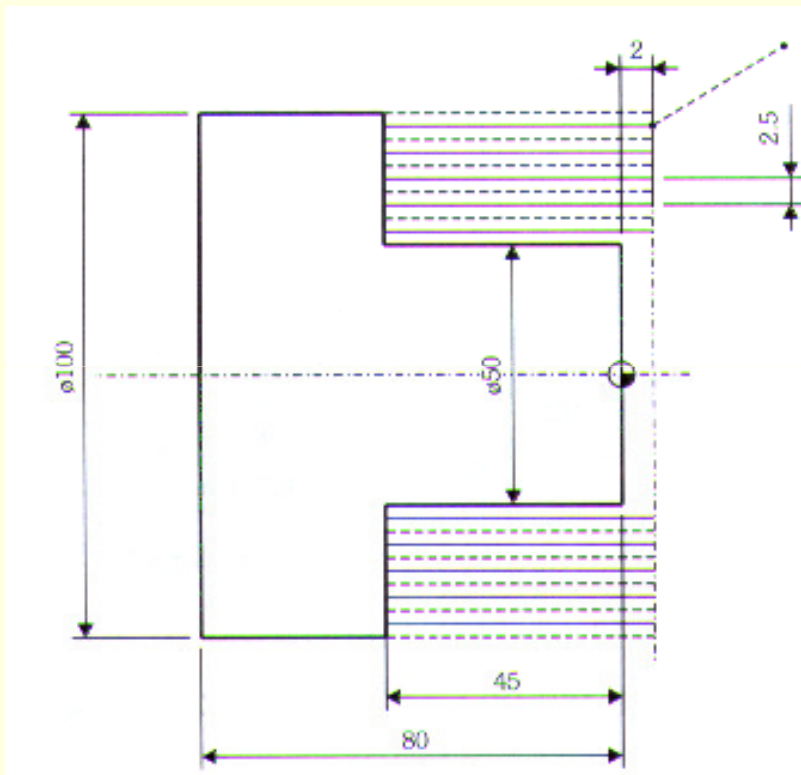
$$P = 2,5 \times 1000$$

$$P = 2500$$

$$Q = (45 + 2) \times 1000 = 47000$$

(posicionamento inicial mais comprimento final)

Comando Numérico



Posicionar no diâmetro da primeira passada, descontando o primeiro incremento.

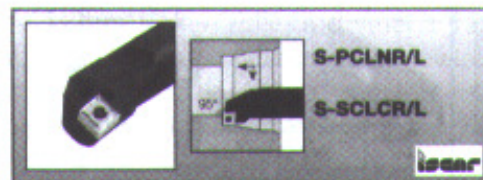
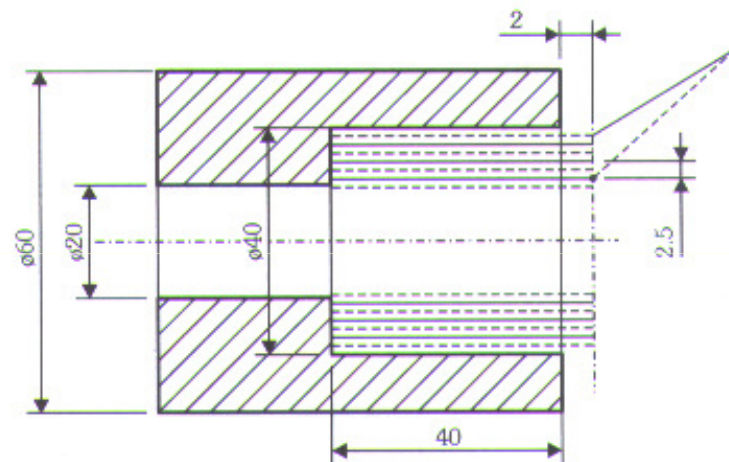
N010 G00 X95. Z2. M08; **aproximação**

N020 G74 X50. Z-45. P2500 Q47000 R2. F.25

Ao final do ciclo, a ferramenta desloca-se automaticamente para o ponto inicial de posicionamento.

Comando Numérico

Desbaste interno



Ferramenta interna S-PCLNR/L.

N010 G00 X25. Z2. M08;
aproximação

N020 G74 X40. Z-40. P2500
Q42000 R2. F.25.; **chamada de
ciclo de desbaste**

O ciclo será executado a partir do primeiro posicionamento em modo incremental no eixo X, de acordo com o valor de cada passada (P) até o diâmetro X final, havendo recuo angular ao final de cada percurso (R).

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

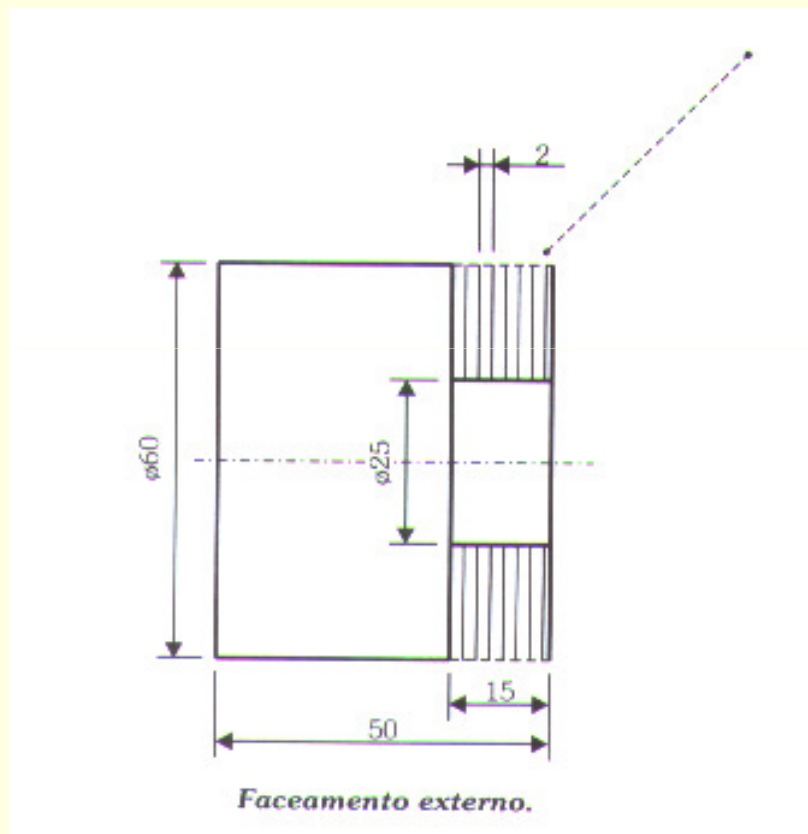
- G75 – Ciclo de Faceamento e canais

Faceamento

G75 X Z P Q R F;

X	Diâmetro final de faceamento
Z	Comprimento final
P	Incremento total de corte X (raio/milésimos de mm)
Q	Incremento por passada no eixo Z (milésimos de mm)
R	Afastamento no eixo longitudinal
F	Avanço

Comando Numérico



Considerando $Q = 2\text{mm}$ por passada

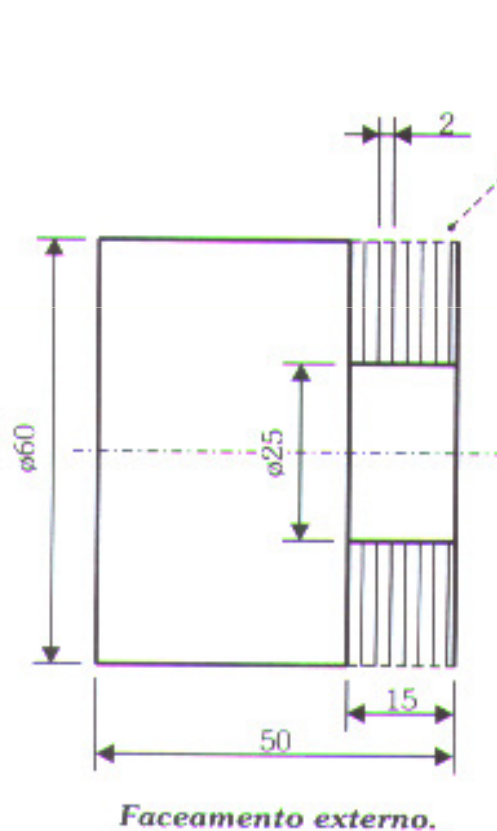
$$Q = 2000$$

$$P = ((62 - 25) / 2) \times 1000$$

$$P = 18500$$

P é a diferença entre o posicionamento inicial e o diâmetro final programado no ciclo, dividido por dois para resultar no raio

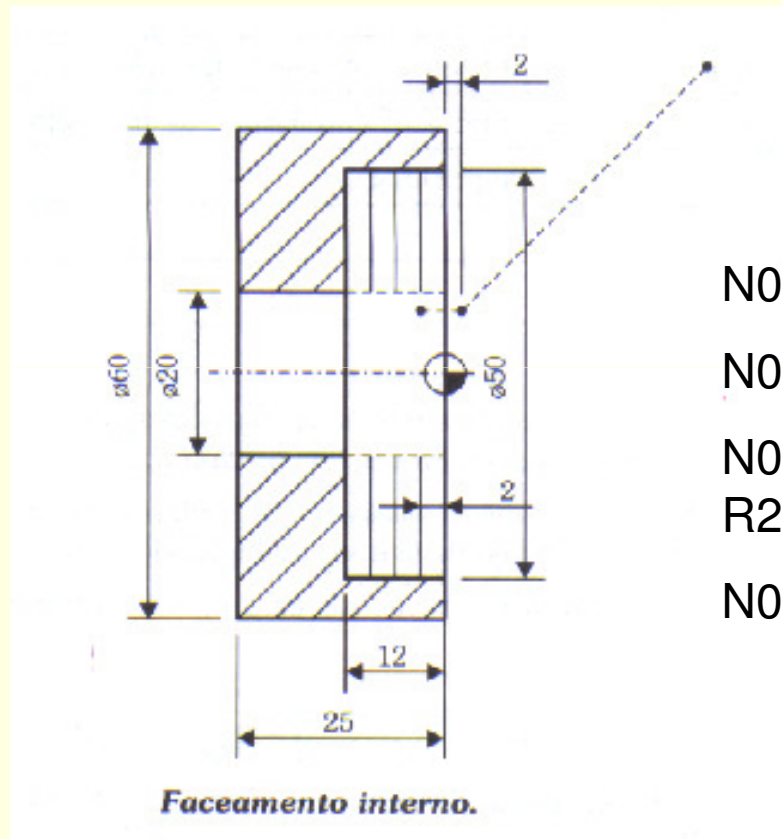
Comando Numérico



N010 G00 X62. Z-2. M08; aproximação
considerando o primeiro desbaste

N020 G75 X25. Z-15. P18500 Q2000
R2. F.25; ciclo fixo

Comando Numérico



N010 G00 X16. Z2. M08;

N020 G00 X18. Z-2;

N030 G75 X50. Z-12. P16000 Q2000
R2. F.25;

N040 G00 Z10.;

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G75 – Ciclo de Faceamento e canais

Canais

G75 X Z P Q F;

X	Diâmetro final do Canal
Z	Coordenada final (último canal)
P	Incremento total de corte (raio/milésimos de mm)
Q	Distância entre os canais (incremental/milésimos de mm)
R	Retorno incremental para quebra de cavaco (raio)
F	Avanço

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G75 – Ciclo de Faceamento e canais

Canais

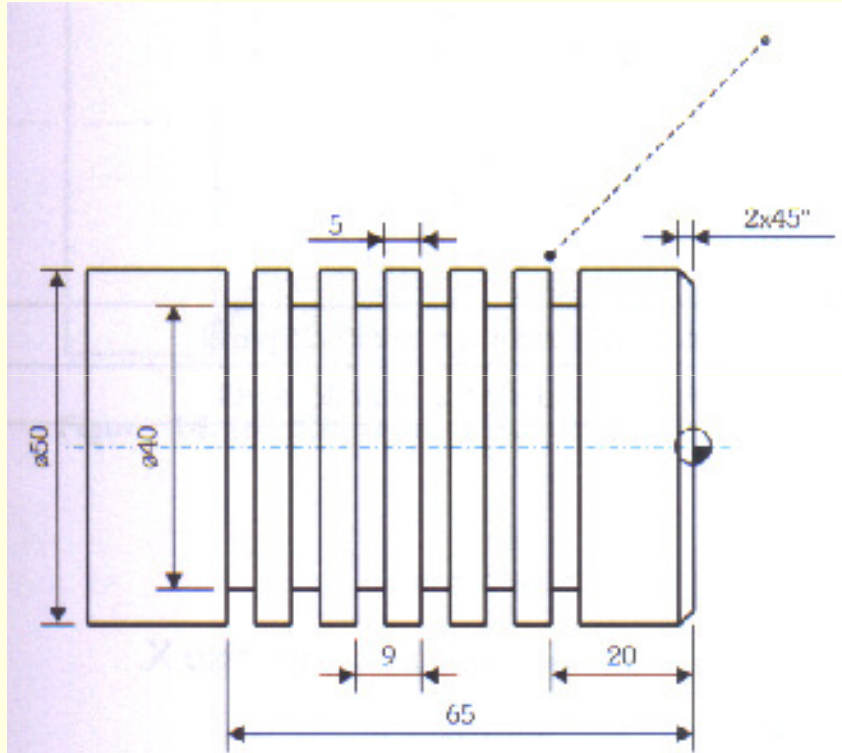
G75 X Z P Q F;

Os canais devem ser equidistantes;

Posicionar no comprimento do primeiro canal;

A coordenada de P é a diferença entre o posicionamento inicial e o fundo do canal dividido por dois, resultando no raio.

Comando Numérico



$P = (\text{diâmetro posicionado} - \text{fundo do canal}): 2$

$P = (52 - 40): 2$

$P = 12: 2$

$P = 6$ (passar para milésimos $p = 6000$)

Programa

```
N010 G00 X52. Z-20. M08;
```

```
N030 G75 R2.;retorno para quebra de cavaco
```

```
N020 G75 X40. Z-65. P6000 K9000 F.12;aplicação do ciclo
```

Ao término do processo, a ferramenta se posiciona em X52. e Z-65.

O ciclo será executado a partir do posicionamento do primeiro canal e em modo incremental quantos forem necessários até o comprimento final determinado em Z.

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G71 – Ciclo automático de desbaste longitudinal

Esta função também deve ser programada em dois blocos subsequentes.

G71 U R

U – valor da profundidade de corte em raio

R – recuo transversal da ferramenta (no eixo X)

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G71 – Ciclo automático de desbaste longitudinal

G71 P Q U W F

P	Número de bloco que define o início do perfil
Q	Número de bloco que define o final do perfil
U	Sobremetal para acabamento no eixo X: U+ para acabamento externo U- para acabamento interno
W	Sobremetal para acabamento no eixo Z: W+ sobremetal à direita W- sobremetal à esquerda
F	Avanço

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

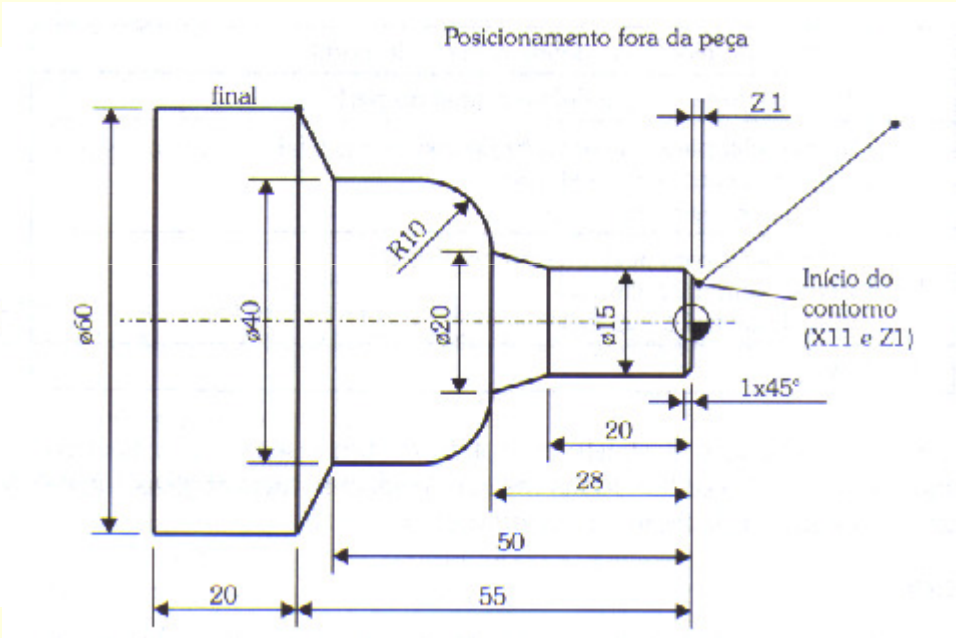
- G71 – Ciclo automático de desbaste longitudinal

Neste comando pode-se executar o acabamento no mesmo programa acionando a função G70 que ativa o ciclo de acabamento por meio dos números de sentenças (N) sem a necessidade de subprogramas.

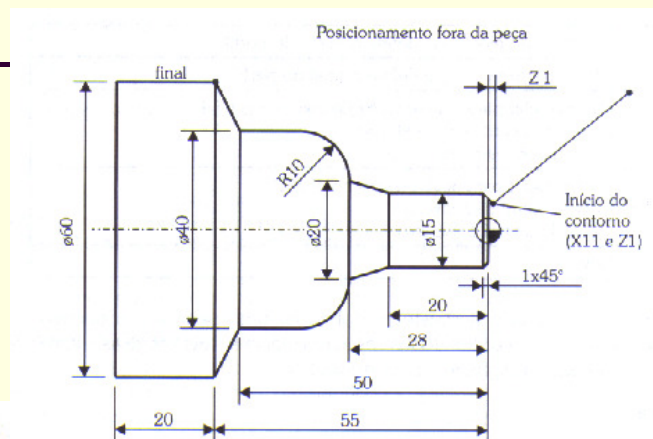
G70 P Q

P – Número do bloco que define o início do perfil

Q - Número do bloco que define o final do perfil



Comando Numérico



Programa

```

-
-
N050 G00 X60. Z2. M08;
N060 G71 U2.5. R2.;
N070 G71 P80 Q150 U1. W0.1 F.25;
N080 G00 X11.;
N090 G01 Z1. F.5;
N100 G01 X15. Z-1. F.15;
N110 G01 Z-20.;
N120 G01 X20. Z-28.;
N130 G03 X40. Z-38. R10.;
N140 G01 Z-50.;
N150 G01 X60. Z-55.;
N160 G42;
N180 G70 P80 Q150;
N190 G40;
N200 G00 X65. Z5. M09;
-
    
```

Perfil a ser desbastado que vai da sentença N080 até a sentença N150 que será determinado no desbaste e na chamada de acabamento.

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

Funções Preparatórias

- G72 – Ciclo automático de desbaste transversal

Deve ser programada em dois blocos subsequentes. O endereço W tem definições diferentes em cada bloco.

G72 W R

W – valor de profundidade de corte na execução do ciclo.

R – recuo longitudinal da ferramenta, ao final de cada passada.

Comando Numérico

■ Programação CNC para tornos – comando FANUC

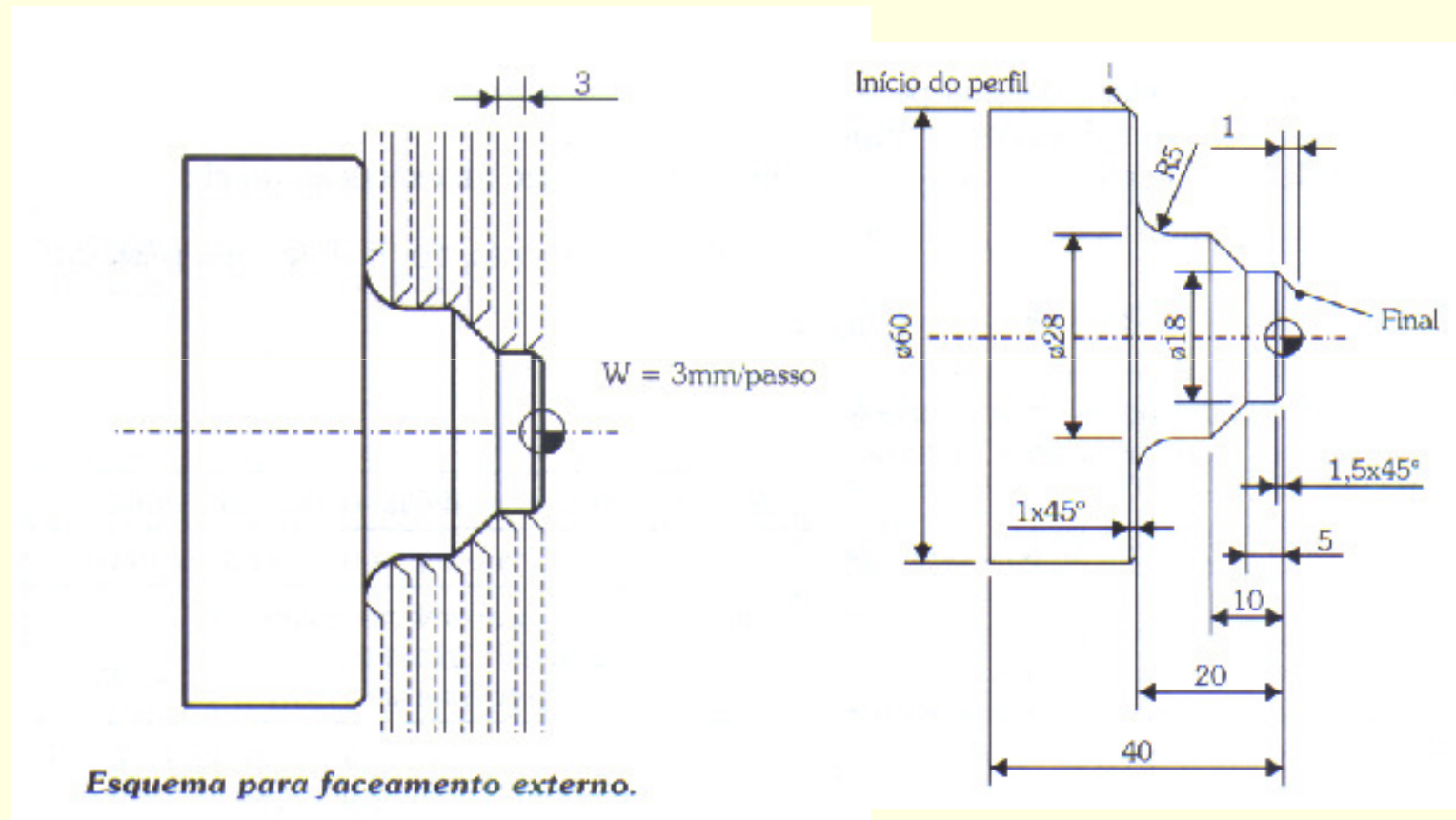
Funções Preparatórias

- G72 – Ciclo automático de desbaste transversal

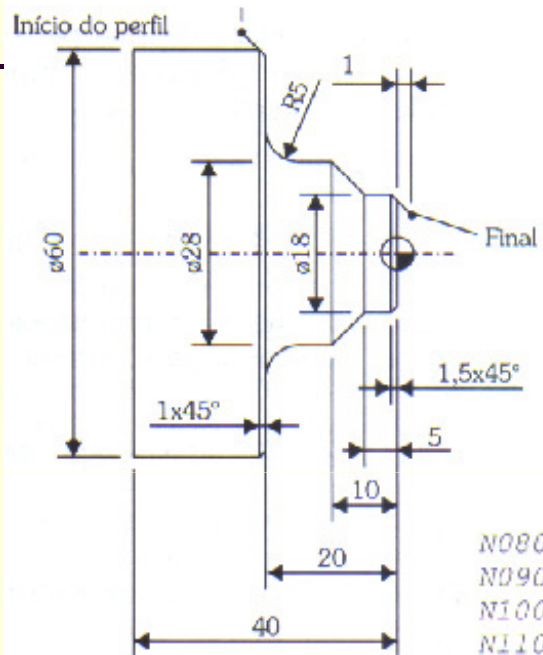
G72 P Q U W F

P	Número de bloco que define o início do contorno
Q	Número de bloco que define o final do contorno
U	Sobremetal para acabamento no eixo X: U+ para acabamento externo U- para acabamento interno
W	Sobremetal para acabamento no eixo Z: W+ sobremetal à direita W- sobremetal à esquerda
F	Avanço

Comando Numérico



Comando Numérico



```
N080 G00 Z-21.;
N090 G01 X60. F.5
N100 G01 X58. Z-20. F.15;
N110 G01 X38;
N120 G03 X28. Z-15. R5.;
N130 G01 Z-10.;
N140 G01 X18. Z-5.;
N150 G01 Z-1.5.;
N160 G01 X13. Z1.;
```

N170 G42; ativa CRC

N180 G70 P80 Q160; chamada do processo do acabamento

N190 G40; desativa a CRC

N200 G00 X65. Z5. M09 (afastamento de segurança);

Perfil a ser desbastado que vai da sentença N080 até a sentença N160 que será determinado no desbaste e na chamada de acabamento.