

Comando Numérico Computadorizado

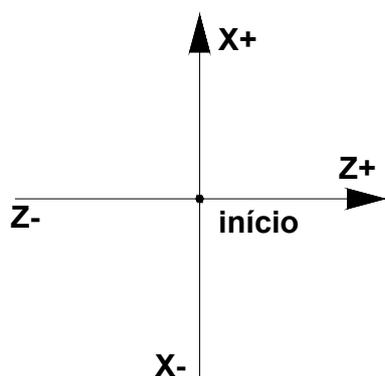


Coordenadas cartesianas

Ao término desta unidade você conhecerá o sistema de coordenadas cartesianas usado para definição de pontos.

Sistema de coordenadas das máquinas CNC

Todas as máquinas-ferramenta CNC são comandadas por um sistema de coordenadas cartesianas na elaboração de qualquer perfil geométrico.



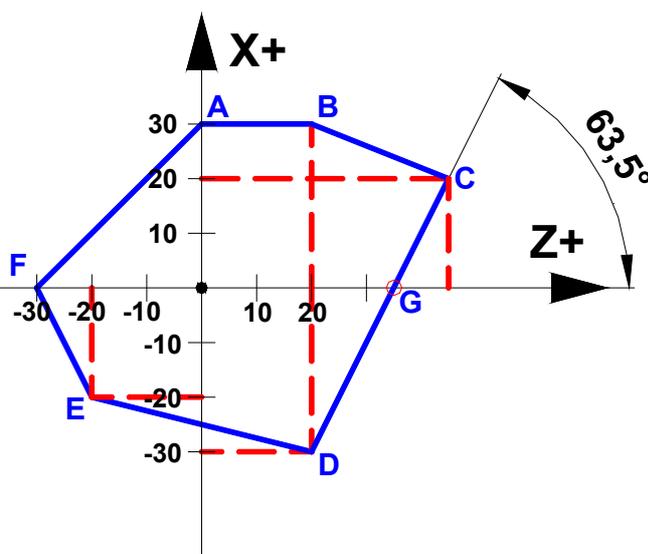
Eixo X: movimento transversal

Eixo Z: movimento longitudinal

Exercícios: Complete a tabela a seguir conforme os valores das coordenadas X e Z para os pontos indicados na figura ao lado.

1-)

	X	Z
A	30	0
B		
C		
D		
E		
F		
G		



Conceitos básicos

Ao término desta unidade você conhecerá os objetivos da Norma ISO 6983 e, conhecendo a nomenclatura dos eixos coordenados, poderá realizar cálculos de coordenadas cartesianas. Com esses conhecimentos, você estará preparado para assimilar os conceitos específicos da estrutura da programação.

Norma ISO 6983

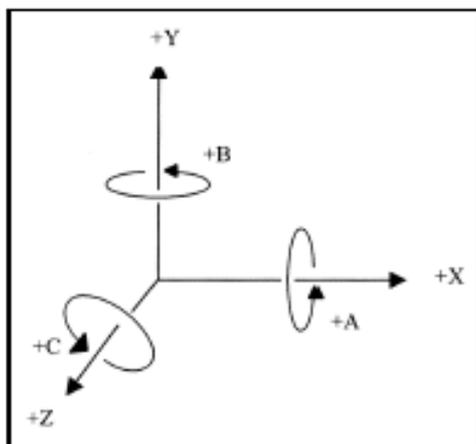
A Norma ISO 6983 descreve o formato das instruções do programa para máquinas de Controle Numérico. Trata-se de um formato geral de programação e não um formato para um tipo de máquina específica. A flexibilidade desta norma não garante intercambiabilidade de programas entre máquinas. Os objetivos desta norma são:

- ✓ unificar os formatos-padrão anteriores numa Norma Internacional para sistemas de controle de posicionamento, movimento linear e contorneamento;
- ✓ introduzir um formato-padrão para novas funções, não descritas nas normas anteriores;
- ✓ reduzir a diferença de programação entre diferentes máquinas ou unidades de controle, uniformizando técnicas de programação;
- ✓ desenvolver uma linha de ação que facilite a intercambiabilidade de programas entre máquinas de controle numérico de mesma classificação, por tipo, processo, função, tamanho e precisão;
- ✓ incluir os códigos das funções preparatórias e miscelâneas.

NOTA: Esta norma dá suficiente liberdade ao fabricante da máquina CNC para adequar a estrutura dos programas às diversas aplicações na máquina, portanto, é preciso observar cuidadosamente o manual de programação.

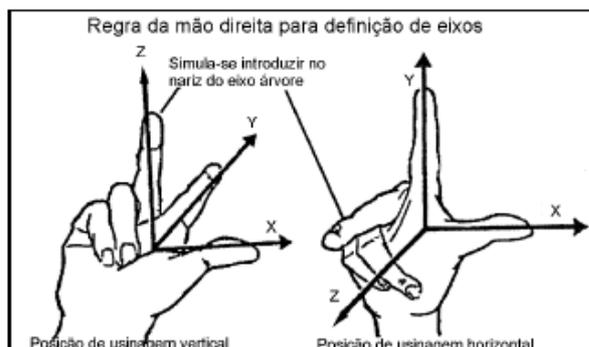
Nomenclatura dos eixos e sistemas de coordenadas

A nomenclatura dos eixos e movimentos está definida na norma internacional ISO 841 (Numerical control of machines) e é aplicável a todo tipo de máquina-ferramenta. Os eixos rotativos são designados com as letras A, B e C; os eixos principais de avanço com as letras X, Y e Z.



Nomenclatura e sentido dos eixos

O sistema de eixos pode ser facilmente representado com auxílio da mão direita, onde o polegar aponta para o sentido positivo do eixo X, o indicador para o sentido positivo do Y, e o dedo médio para o sentido positivo do Z (Centro de Usinagem). Este sistema é denominado Sistema de Coordenadas Dextrógeno, pois possui três eixos perpendiculares entre si, que podem ser representados com o auxílio dos dedos da mão direita.



Regra da mão direita

Torno CNC

É uma máquina-ferramenta onde o controle dos movimentos dos eixos é feito por um computador dedicado.

Pontos de Referência

- **Ponto Zero da Máquina: M**



O ponto zero da máquina, é definido pelo fabricante da mesma. Ele é o ponto zero para o sistema de coordenadas da máquina e o ponto inicial para todos os demais sistemas de coordenadas e pontos de referência.

- **Ponto de Referência: R**



Serve para aferição e controle do sistema de medição dos movimentos da máquina. Ao ligar a máquina, sempre se deve deslocar o carro até esse local, antes de iniciar a usinagem.

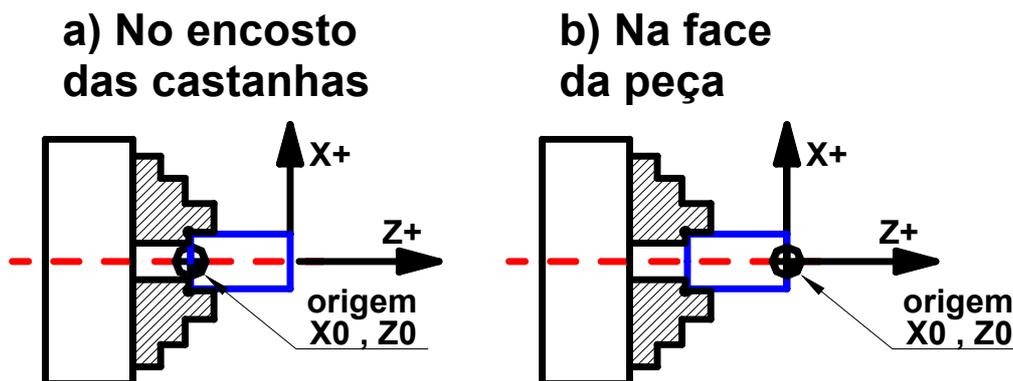
Este procedimento define ao comando a posição do carro em relação ao zero máquina.

- **Ponto Zero da Peça: W**



Este ponto é definido pelo programador e usado por ele para definir as coordenadas durante a elaboração do programa. Recomenda-se colocar o ponto zero da peça de tal forma que se possam transformar facilmente as medidas do desenho da peça em valores de coordenadas.

Definição de ponto zero da peça

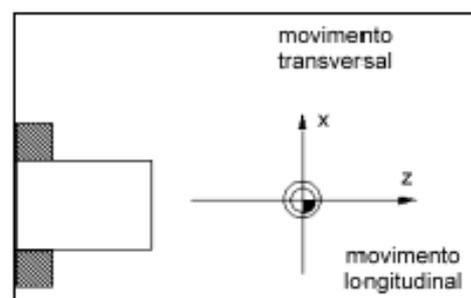


Toda geometria da peça é transmitida ao comando com o auxílio de um sistema de coordenadas.

Eixos coordenados no torno

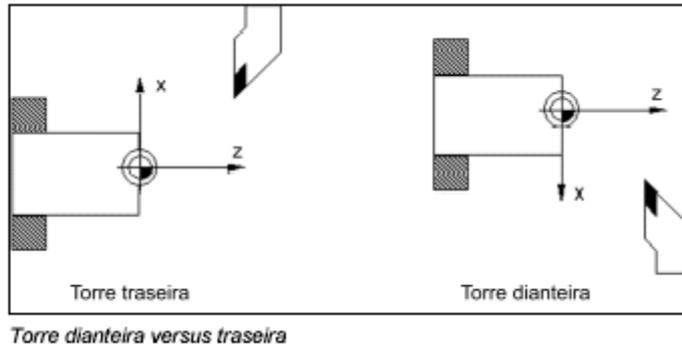
Torre dianteira, Torre traseira

A geometria da peça é transmitida ao comando com auxílio de um sistema de coordenadas cartesianas, conforme o tipo de torre.



Eixos cartesianos

Todo o movimento da ponta da ferramenta é descrito neste plano XZ, em relação a uma origem pré-estabelecida (X0, Z0). Lembrar que X é sempre a medida do raio ou diâmetro, e que aumenta à medida que o diâmetro aumenta, e Z é sempre a medida em relação ao comprimento.



No sistema de programação CNC é possível utilizar dois tipos diferentes de coordenadas:

- Coordenadas absolutas
- Coordenadas incrementais

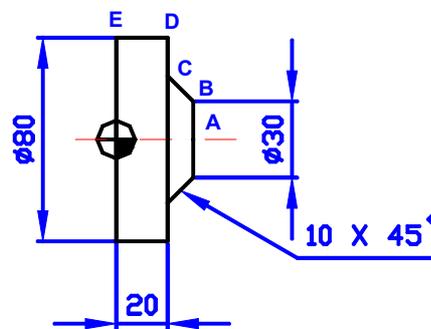
Sistemas de coordenadas: Absolutas e Incrementais

Define-se como sistema de coordenadas absolutas o sistema de coordenadas onde o ponto a ser atingido pela ferramenta é dado tomando-se como referência o “zero-peça”.

Define-se como sistema de coordenadas incrementais o sistema de coordenadas onde o ponto a ser atingido pela ferramenta é dado tomando-se como referência o ponto anterior. Para a utilização deste tipo de sistema de coordenadas deve-se raciocinar no Comando Numérico Computadorizado da seguinte forma: da posição em que parou a ferramenta, quanto falta para chegar ao próximo ponto?

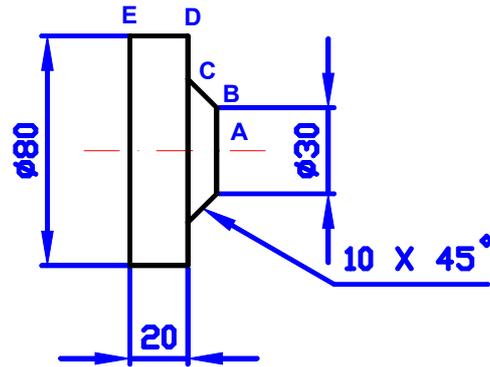
A seguir apresentam-se dois exemplos de cálculo de coordenadas nos sistemas absoluto e incremental :

Coordenadas Absolutas			
Movimento		Coordenadas	
De	Para	X	Z
A		0	30
A	B	30	30
B	C	50	20
C	D	80	20
D	E	80	0



Exemplo de programação em coordenadas absolutas

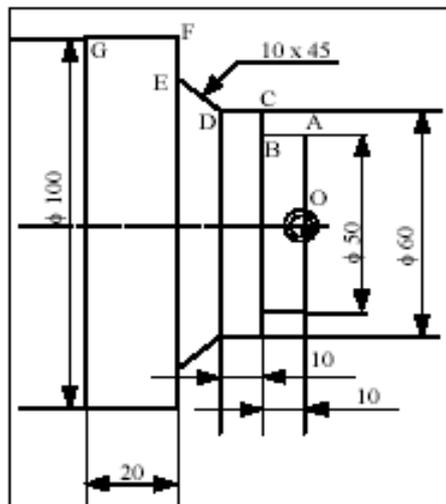
Coordenadas Incrementais			
Movimento		Coordenadas	
De	Para	X	Z
A		0	0
A	B	30	0
B	C	20	-10
C	D	30	0
D	E	0	-20



Exemplo de programação em coordenadas incrementais

Exercícios

Calcular as coordenadas dos pontos indicados na figura abaixo.



Exercício de coordenadas absolutas e incrementais

Quadro: Exercício de coordenadas absolutas e incrementais

Coordenadas Absolutas			
Movimento		Coordenadas	
De	Para	X	Z
O		0	0
O	A		
A	B		
B	C		
C	D		
D	E		
E	F		
F	G		

Coordenadas Incrementais			
Movimento		Coordenadas	
De	Para	X	Z
O		0	0
O	A		
A	B		
B	C		
C	D		
D	E		
E	F		
F	G		

Estruturas e Características do Programa CNC

Ao término desta unidade você conhecerá as principais linguagens e formas de programação para máquinas à CNC, assim como, a estrutura de programação para tornos CNC utilizando a Norma ISO 6983, e será capaz de identificar um programa elaborado na linguagem EIA/ISO.

Estrutura de um programa CNC

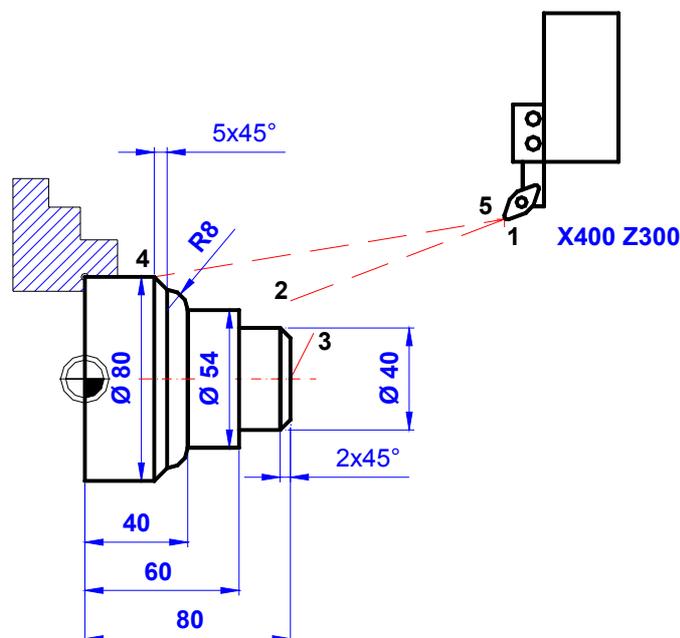
IDENTIFICAÇÃO
CABEÇALHO
DADOS DA FERRAMENTA
APROXIMAÇÃO E USINAGEM DO PERFIL DA PEÇA
FIM DE PROGRAMA

Exemplo de programa CNC para o comando GE Fanuc 21 i – Torno Galaxy 10 Operação de acabamento

```

O0013 (Eixo 2532);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X400 Z300 T00;
N30 T0101 (acab. Ext. R 0,8);
N40 G54;
N50 G96 S220;
N60 G92 S3500 M4;
N70 G0 X44 Z80;
N80 G1 X-1.5 F.3;
N90 G0 X36 Z82;
N100 G42;
N110 G1 Z80 F.1;
N120 X40 Z78;
N130 Z60;
N140 X54;
N150 Z40;
N160 G3 X70 Z32 R8;
N170 G1 X80 Z27;
N180 G40;
N190 G1 X85 F.3;
N190 G0 X400 Z300 T00;
N200 M30;

```



São diversos os meios de elaboração de programas CNC, sendo os mais usados:

Linguagem de programação automática APT

No surgimento do CN, no início dos anos 50, a primeira linguagem de programação utilizada foi a APT (Automatic Programmed Tool). Atualmente só é utilizada como ferramenta auxiliar na programação de peças com geometrias muito complexas, principalmente para máquinas de 4 e 5 eixos.

A linguagem APT é uma linguagem de alto nível.

Linguagem EIA/ISO

Linguagem de códigos, também conhecida como códigos G. É na atualidade a mais utilizada universalmente, tanto na programação manual, como na programação gráfica, onde é utilizado o CAM.

Os códigos EIA/ISO foram criados antes mesmo do aparecimento das máquinas CNC, eles eram usados nos escritórios em máquinas de escrever automáticas que utilizavam cartões perfurados.

A linguagem EIA/ISO é considerada de baixo nível.

Linguagem interativa

Programação por blocos parametrizados, possui blocos prontos e não usa códigos.

Ex. linguagem MAZATROL aplicando às máquinas MAZAK.

Produção gráfica via "CAM" (Computer Aided Manufacturing)

Não é mais uma linguagem de programação e sim uma forma de programar em que o programador deverá possuir os conhecimentos de: processos de usinagem; materiais; ferramentas e dispositivos para usinagem; informática para manipulação de arquivos; máquinas (avanços, rotações e parâmetros); domínio de um software de CAD e um de CAM.

Descrevendo de uma maneira simplificada, apenas para fácil entendimento, o programador entra com o desenho da peça, que pode ser feito no próprio CAM ou em desenhos recebidos do CAD (Computer Aided Design), define matéria - prima (tipo e dimensões), ferramentas e demais parâmetros de corte, escolhe o pós-processador de acordo com a máquina que fará a usinagem e o software de CAM se encarregará de gerar o programa, utilizando os códigos da linguagem EIA/ISO.

Veremos aqui, como fica a estrutura de um programa utilizando a linguagem EIA/ISO.

O programa CNC é constituído de:

- **Caracteres:** É um número, letra ou símbolo com algum significado para o Comando.(Exemplo:2, G, X, /, A, T).
- **Endereços:** É uma letra que define uma instrução para o comando.
(Exemplo:G, X, Z, F).
- **Palavras:** É um endereço seguido de um valor numérico.
(Exemplo:G01 X25 F0.3).
- **Bloco de Dados :** É uma série de palavras colocadas numa linha, finalizada pelo caractere; (Exemplo: G01 X54 Y30 F.12;)
- **Programa :** É uma série de blocos de dados (Finalizada por M30).

Caracteres especiais

(;) - Fim de bloco : (EOB - End Of Block).

Todo bloco deve apresentar um caractere que indique o fim do bloco.

() - Comentário : Os caracteres parênteses permitem a inserção de comentários. Os caracteres que vierem dentro de parênteses são considerados comentários e serão ignorados pelo comando.

Funções de posicionamento

O comando trabalha em milímetros para palavras de posicionamento com ponto decimal.

Função X – Aplicação: Posição no eixo transversal (absoluta)

X20 ; ou X-5 ;

Função Z – Aplicação: Posição no eixo longitudinal (absoluta)

Z20 ; ou Z-20 ;

Função U – Aplicação: Posição no eixo transversal (incremental)

U5 ; ou U-5 ; (Usado em programação feita em coordenadas absolutas)

Função W – Aplicação: Posição no eixo longitudinal (incremental)

W5 ; ou W-5 ; (Usado em programação feita em coordenadas absolutas)

Funções especiais

Função O (usada no comando GE Fanuc 21i)

Todo programa ou sub-programa na memória do comando é identificado através da letra “O” composto por até 4 dígitos, podendo variar de 0001 até 9999.

Para facilitar a identificação do programa, recomenda-se inserir um comentário, observando-se o uso dos parênteses.

Ex.: O5750 (Flange do eixo traseiro);

Função N

Define o número da seqüência. Cada seqüência de informação pode ser identificada por um número de um a quatro dígitos, que virá após a função N. Esta função é utilizada em desvios especificados em ciclos, e em procura de blocos.

Exemplo:

N50 G01 X10 ;

N60 G01 Z10 ;

Não é necessário programar o número de seqüência em todos os blocos de dados.

A seqüência aparecerá automaticamente após a inserção de cada bloco de dados, a não ser que seja feita uma edição fora da seqüência do programa ou após sua edição completada.

Função F

Geralmente nos tornos CNC utiliza-se o avanço em mm/rotação, mas este também pode ser utilizado em mm/min.

O avanço é um dado importante de corte e é obtido levando-se em conta o material, a ferramenta e a operação a ser executada.

F0.3 ; ou F.3 ;

Função T

A função T é usada para selecionar as ferramentas informando à máquina o seu zeramento (PRE-SET), raio do inserto, sentido de corte e corretores.

Programa-se o código T acompanhado de no máximo quatro dígitos. Os dois primeiros dígitos definem a localização da ferramenta na torre e seu zeramento (PRE-SET), e os dois últimos dígitos definem o número do corretor de ajustes de medidas e correções de desgaste do inserto.

Exemplo: T0202 ;

Podem-se programar até 12 ferramentas e 32 corretores.

O giro de torre e o movimento dos carros não podem estar no mesmo bloco que a função T, ela deve ser programada em uma linha de maneira isolada.

Importante:

O raio do inserto (R) e a geometria da ferramenta (T) devem ser inseridos somente na página de geometria de ferramentas.

Seqüência necessária para programação manuscrita

Ao término desta unidade você conhecerá a seqüência necessária para uma programação manuscrita usada na programação de máquinas CNC.

Os eventos a serem analisados são os seguintes:

-Estudo do desenho da peça, final e bruta

O programador deve ter habilidade para comparar o desenho (peça pronta), com a dimensão desejada na usinagem com máquina de comando numérico computadorizado. Há necessidade de uma análise sobre a viabilidade da execução da peça, levando-se em conta as dimensões exigidas, o sobremetal existente da fase anterior, o ferramental necessário, a fixação da peça, zero peça e etc.

-Processo a utilizar

É necessário haver uma definição das fases de usinagem para cada peça a ser executada, estabelecendo-se assim, o sistema de fixação adequada à usinagem.

-Ferramental voltado ao CNC

A escolha do ferramental é importantíssima, assim como a sua posição na torre.

É necessário que o ferramental seja colocado de tal forma que não haja interferência entre si e com o restante da máquina. Um bom programa depende muito da escolha do ferramental adequado e da fixação deste, de modo conveniente.

-Conhecimentos dos parâmetros físicos da máquina e sistema de programação do comando

São necessários tais conhecimentos por parte do programador, para que este possa enquadrar as operações de modo a utilizar todos os recursos da máquina e do comando, visando sempre minimizar os tempos e fases de operações, e ainda assim garantir a qualidade do produto.

Sistemas de interpolação

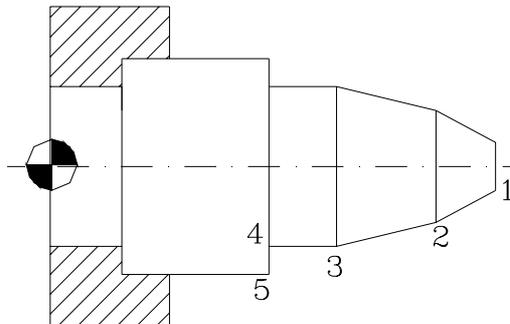
Ao término desta unidade você conhecerá os sistemas de interpolação usados na programação de máquinas CNC.

Interpolação linear

A trajetória programada em uma sentença é percorrida com uma orientação linear, de qualquer ângulo, com qualquer velocidade de avanço (entre 1 a 5000 mm/min).

Conhecido o ponto de partida “A”, pode-se atingir qualquer ponto “B”, com um avanço estabelecido, sempre em movimentação retilíneo.

Pode-se usinar qualquer perfil cônico, isto é, pode-se estabelecer uma usinagem cônica de qualquer ângulo.



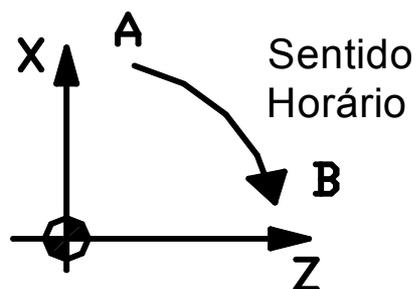
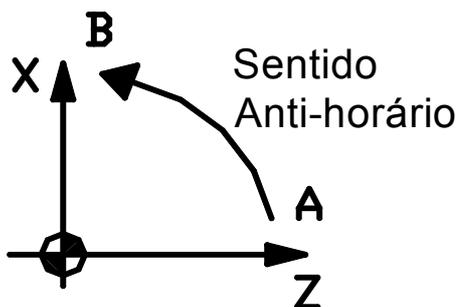
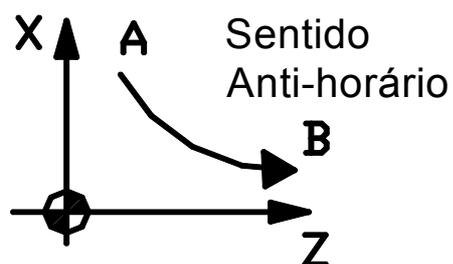
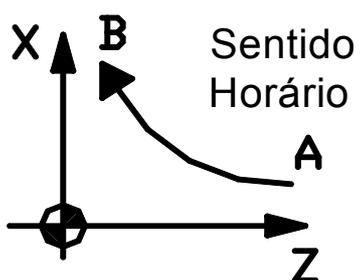
Interpolação Circular

A trajetória da ferramenta é percorrida com uma orientação circular, com qualquer raio, nos sentidos horário e anti-horário, e com qualquer velocidade entre 1 a 5000 mm/min.

Algumas informações são necessárias para a programação de arcos, tais como:

- ponto final do arco,
- sentido do arco,
- centro do arco (pólo)

Pode-se programar qualquer tipo de círculo, formando ou não quadrantes perfeitos:



Listas das funções preparatórias de deslocamento

Ao término desta unidade você conhecerá as principais funções preparatórias de programação para máquinas CNC.

Funções Preparatórias (G)

As funções preparatórias indicam ao comando o modo de trabalho, ou seja, indicam à máquina o que fazer, preparando-a para executar um tipo de operação, ou para receber uma determinada informação. Essas funções são dadas pela letra G, seguida de um número formado por dois dígitos (de 00 a 99 no caso do comando GE Fanuc 21i).

As funções podem ser:

MODAIS – São as funções que uma vez programadas permanecem na memória do comando, valendo para todos os blocos posteriores, a menos que modificados ou cancelados por outra função da mesma família.

NÃO MODAIS – São as funções que todas as vezes que requeridas, devem ser programadas, ou seja, são válidas somente no bloco que as contém.

Lista das funções preparatórias G para Comando GE Fanuc 21 i

G00 - Avanço rápido

G01 - Interpolação linear

G02 - Interpolação circular horária

G03 - Interpolação circular anti-horária

G04 - Tempo de permanência

G20 – Referência de unidade de medida (polegada)

G21 – Referência de unidade de medida (métrico)

G28 – Retorna eixos para referência de máquina

G33 – Ciclo de roscamento

G40 – Cancela compensação do raio da ferramenta

G41 – Ativa compensação do raio da ferramenta (esquerda)

G42 – Ativa compensação do raio da ferramenta (direita)

G63 - Zeramento de ferramentas utilizando o Leitor de posição (TOOL EYE)

G70 – Ciclo de acabamento

G71 – Ciclo automático de desbaste longitudinal

- G72 – Ciclo automático de desbaste transversal
- G73 – Ciclo automático de desbaste paralelo ao perfil final
- G74 – Ciclo de furação / torneamento
- G75 – Ciclo de canais / faceamento
- G76 – Ciclo de roscamento automático
- G77 – Ciclo de torneamento paralelo / cônico
- G78 – Ciclo de roscamento semi-automático
- G79 – Ciclo de faceamento paralelo / cônico
- G90 - Sistema de coordenadas absolutas
- G91 - Sistema de coordenadas incrementais
- G92 - Estabelece limite de rotação (RPM)
- G94 - Estabelece avanço x / minuto
- G95 - Estabelece avanço x / rotação
- G96 - Estabelece programação em velocidade de corte constante
- G97 - Estabelece programação em RPM

Funções opcionais - GE Fanuc 21 i

- C - Posicionamento angular do eixo árvore
- G10 - Gerenciador de vida da ferramenta
- G22 - Área de segurança
- G37 - Sistema de compensação automática de ferramenta
- G54 à G59 - Referência de coordenada de trabalho
- G65 - Macro B
- G80 – Cancela ciclos de furação
- G83 - Ciclo de furação
- G85 - Ciclo de mandrilar

Lista das funções miscelâneas

Lista das funções miscelâneas ou auxiliares

- M00 - Parada de programa
- M01 - Parada de programa opcional
- M02 - Final de programa
- M03 - Gira eixo árvore sentido horário
- M04 - Gira eixo árvore sentido anti-horário
- M05 - Parada do eixo árvore
- M08 - Liga refrigeração
- M09 - Desliga refrigeração
- M30 - Final de programa e retorno

Funções miscelâneas ou auxiliares - GE Fanuc 21 i

- M18 - Cancela modo posicionamento eixo árvore
- M19 - Eixo árvore em modo posicionamento
- M20 - Aciona alimentador de barras
- M21 - Para alimentador de barras
- M24 - Placa travada
- M25 - Placa destravada
- M26 - Retrai a manga do cabeçote móvel
- M27 - Avança manga do cabeçote móvel
- M36 - Abre porta automática do operador
- M37 - Fecha porta automática do operador
- M38 - Avança aparador de peças
- M39 - Retrai aparador de peças
- M40 - Seleciona modo operação interna da placa
- M41 - Seleciona modo operação externa da placa
- M42 - Liga limpeza de placa
- M43 - Desliga limpeza de placa
- M45 - Liga sistema limpeza cavacos proteções
- M46 - Desliga sistema limpeza cavacos proteções
- M49 - Troca de barra
- M50 - Retrai leitor de posição de ferramenta (Tool Eye)
- M51 - Avança leitor de posição de ferramenta (Tool Eye)
- M76 - Contador de peças

M86 - Liga o transportador de cavacos

M87 - Desliga o transportador de cavacos

M98 - Chamada de um sub-programa

M99 - Retorno de um sub-programa

NOTA: Para comandos de fabricantes diferentes uma mesma função pode ter significados diferentes, mas a maioria das funções, o seu significado é comum a quase todos os comandos.

Funções de Interpolação linear e circular

Ao término desta unidade você conhecerá as funções de interpolação linear e circular usadas no torno CNC com suas respectivas sintaxes.

Função G00 - Posicionamento rápido (aproximação e recuo)

Os eixos movem-se para a meta programada com a maior velocidade de avanço disponível na máquina.

Na linha GALAXY essa velocidade é de 18 m/min no eixo X e 24 m/min no eixo Z e é processado inicialmente à 45° até uma das metas “X” ou “Z” programadas, para depois deslocar-se em um só eixo até o ponto final desejado.

Sintaxe:

G0 X___ Z___ ;

onde:

X = coordenada a ser atingida (**valores em diâmetro**)

Z = coordenada a ser atingida (**comprimento**)

A função G0 é um comando modal. Esta função cancela e é cancelada pelas funções G01, G02 e G03.

Função G01 - Interpolação linear (usinagem retilínea ou avanço de trabalho)

Com esta função obtém-se movimentos retilíneos entre dois pontos programados com qualquer ângulo, calculado através de coordenadas e com um avanço (F) pré-determinado pelo programador.

Esta função é um comando modal, que cancela e é cancelada pelas funções G00, G02 e G03.

Sintaxe:

G1 X___ Z___ F___ ;

onde:

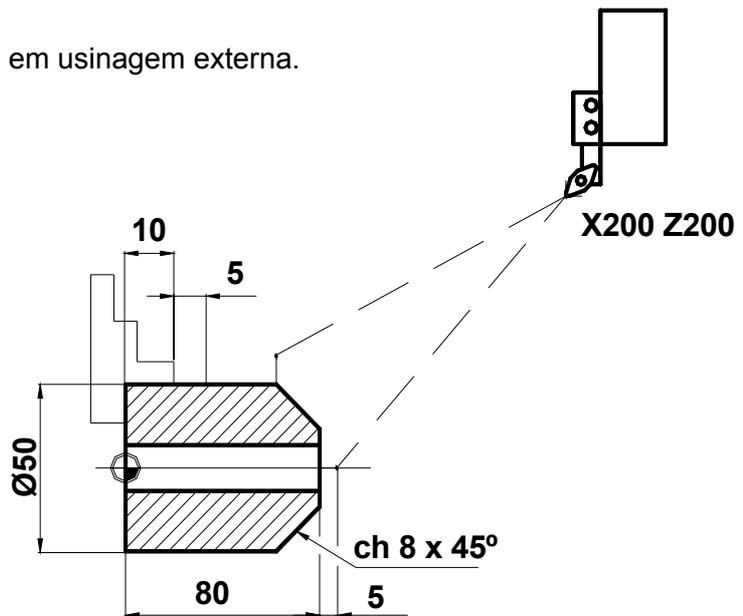
X = coordenada a ser atingida (**valores em diâmetro**)

Z = coordenada a ser atingida (**comprimento**)

F = avanço de trabalho (**mm/rotação**)

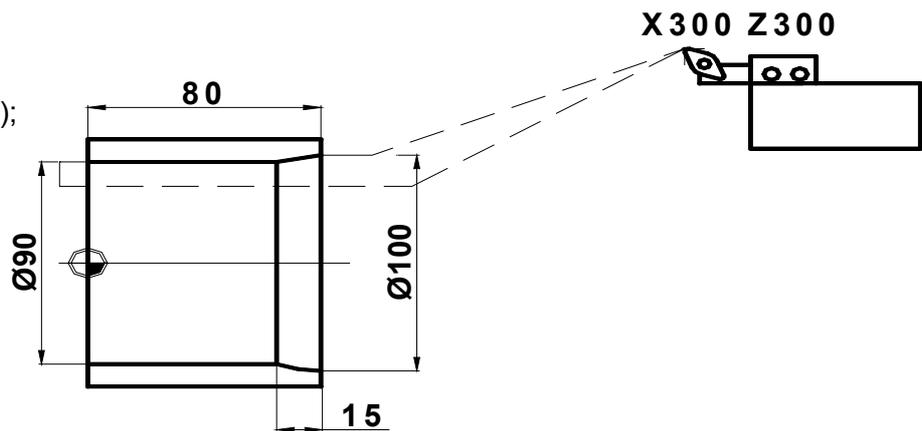
Exemplo de aplicação de G00 e G01 em usinagem externa.

O0001 (Exercício 01);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X200 Z200 T00;
N30 T0101 (acabamento);
N40 G54;
N50 G96 S220;
N60 G92 S3500 M4;
N70 G0 X0 Z85;
N80 G1 Z80 F.5;
N90 X34 F.2;
N100 X50 Z72;
N110 X55;
N120 G0 X200 Z200 T00;
N130 M30;



Exemplo de aplicação de G00 e G01 em usinagem interna.

O0002 (Exercício 02);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X300 Z300 T00;
N30 T0303 (acabamento);
N40 G54;
N50 G96 S200;
N60 G92 S3500 M4;
N70 G0 X100 Z85;
N80 G1 Z80 F.5;
N90 X90 Z65 F.2;
N100 Z-3;
N110 G0 X85;
N120 Z85;
N130 G0 X200 Z200 T00;
N130 M30;



Função G02 - Interpolação circular (raio) – Sentido HORÁRIO

Esta função executa operação de usinagem de arcos pré-definidos através de uma movimentação apropriada e simultânea dos eixos.

Esta função G02 é um comando não-modal, que cancela e é cancelada pelas funções G00, G01 e G03.

Sintaxe:

G2 X___ Z___ R___ F___;

ou

G2 X___ Z___ I___ K___ F___;

onde:

X = posição final do arco

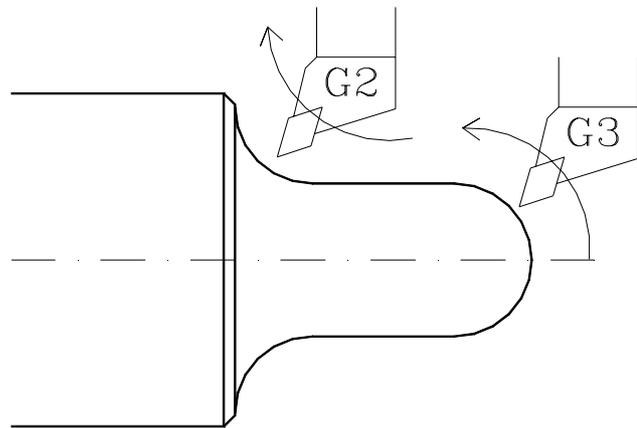
Z = posição final do arco

R = valor do raio

I = coordenada do centro do arco

K = coordenada do centro do arco

F = avanço de trabalho (opcional)

**Função G03 - Interpolação circular (raio) – Sentido ANTI-HORÁRIO**

Esta função executa operação de usinagem de arcos pré-definidos através de uma movimentação apropriada e simultânea dos eixos.

Esta função G03 é um comando não-modal, que cancela e é cancelada pelas funções G00, G01 e G02.

Sintaxe:

G3 X___ Z___ R___ F___;

ou

G3 X___ Z___ I___ K___ F___;

onde:

X = posição final do arco

Z = posição final do arco

R = valor do raio

I = coordenada do centro do arco

K = coordenada do centro do arco

F = avanço de trabalho (opcional)

Observações:

Na programação de um arco devem-se observar as seguintes regras:

- O ponto de partida do arco é o início da ferramenta.
- Programa-se o sentido de interpolação circular G02 ou G03 (horário ou anti-horário).
- Juntamente com o sentido da interpolação programa-se as coordenadas do ponto final do arco com X e Z.
- Juntamente com o sentido do arco e as coordenadas finais, programa-se a função R (valor do raio), ou então, as funções I e K (coordenadas do centro do arco).

Função R - Arco definido por raio

É possível programar “interpolação circular” até 180° com o auxílio da função R, discriminando o valor do raio sempre com sinal positivo.

Função I e K - Arco definido por centro polar

As funções I e K definem a posição do centro do arco, onde:

I é paralelo ao eixo X.

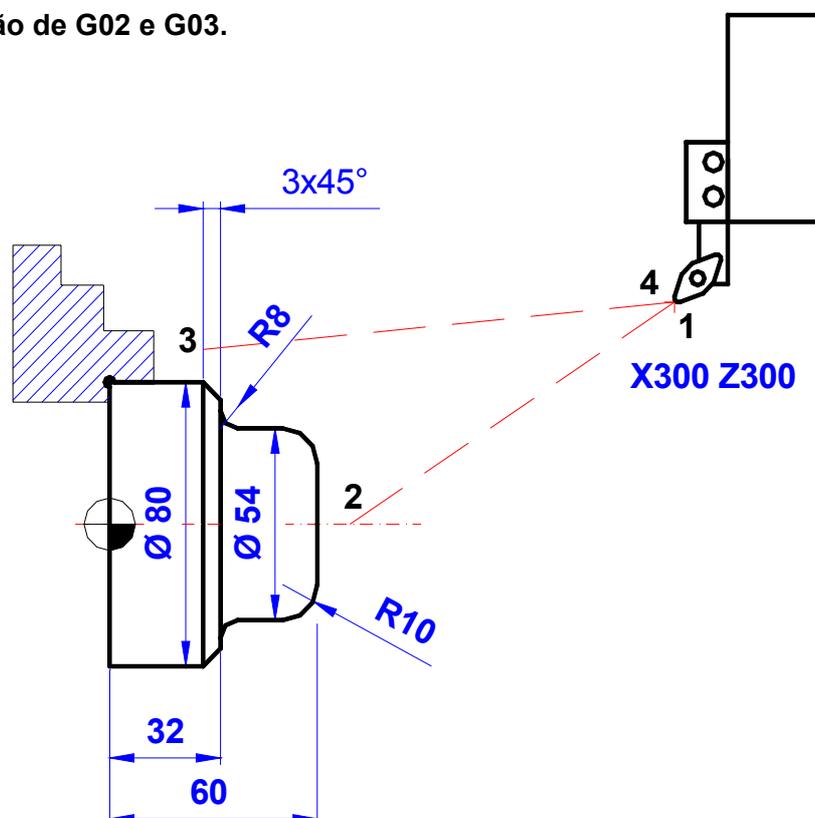
K é paralelo ao eixo Z.

NOTAS:

As funções I e K são programadas tomando-se como referência, a distância do ponto de início da ferramenta ao centro do arco, dando o sinal correspondente ao movimento.

A função “I” deve ser programada em raio.

Caso não seja possível fazer o arco o comando acusará erro.

Exemplo de aplicação de G02 e G03.

Exemplo de aplicação de G02 e G03 com a função R:

Sentido de usinagem adotado 1; 2; 3; 4

O0003 (Exercício 03);

N10 G21 G40 G90 G95;

N20 G0 X300 Z300 T00;

N30 T0101 (acabamento);

N40 G54;

N50 G96 S220;

N60 G92 S3500 M4;

N70 G0 X0 Z65;

N80 G1 Z60 F.5;

N90 X34 F.2;

N100 G3 X54 Z50 R10;

N110 G1 Z40;

N120 G2 X70 Z32 R8;

N130 G1 X74;

N140 X80 Z29;

N150 X85;

N160 G0 X300 Z300 T00;

N130 M30;

Exemplo de aplicação de G02 e G03 com a função I e K:

Sentido de usinagem adotado 1; 2; 3; 4

O0003 (Exercício 03);

N10 G21 G40 G90 G95;

N20 G0 X300 Z300 T00;

N30 T0101 (acabamento);

N40 G54;

N50 G96 S220;

N60 G92 S3500 M4;

N70 G0 X0 Z65;

N80 G1 Z60 F.5;

N90 X34 F.2;

N100 G3 X54 Z50 I0 K-10;

N110 G1 Z40;

N120 G2 X70 Z32 I8 K0;

N130 G1 X74;

N140 X80 Z29;

N150 X85;

N160 G0 X300 Z300 T00;

N130 M30;

Função G04**Aplicação: Tempo de permanência.**

Entre um deslocamento e outro da ferramenta, pode-se programar um determinado tempo de permanência da mesma. A função G4 executa uma permanência, cuja duração é definida por um valor "P", "U" ou "X" associado, que define o tempo gasto em segundos.

A função G04 requer:

G04 X___ ; (segundos)

ou

G04 U___ ; (segundos)

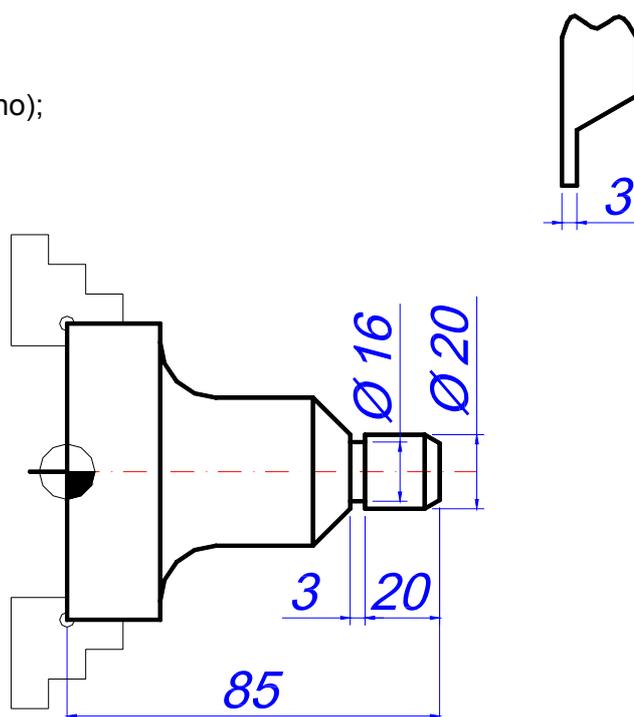
ou

G04 P___ ; (milésimos de segundos)

Exemplo de programação:

T1010 VC = 100 m / min
AVANÇO = 0,08 mm / rotação

O0004 (Operação de canal externo);
 N10 G21 G40 G90 G95;
 N20 G0 X300 Z300 T00;
 N30 T1010 (canal L=3 mm);
 N40 G54;
 N50 G96 S100;
 N60 G92 S2000 M4;
 N70 G0 X50 Z90;
 N80 G1 X22 Z62 F1;
 N90 X16 F0.08;
 N100 G4 X1;
 N110 G1 X22 F0.5;
 N120 G0 X300 Z300 T00;
 N130 M30;



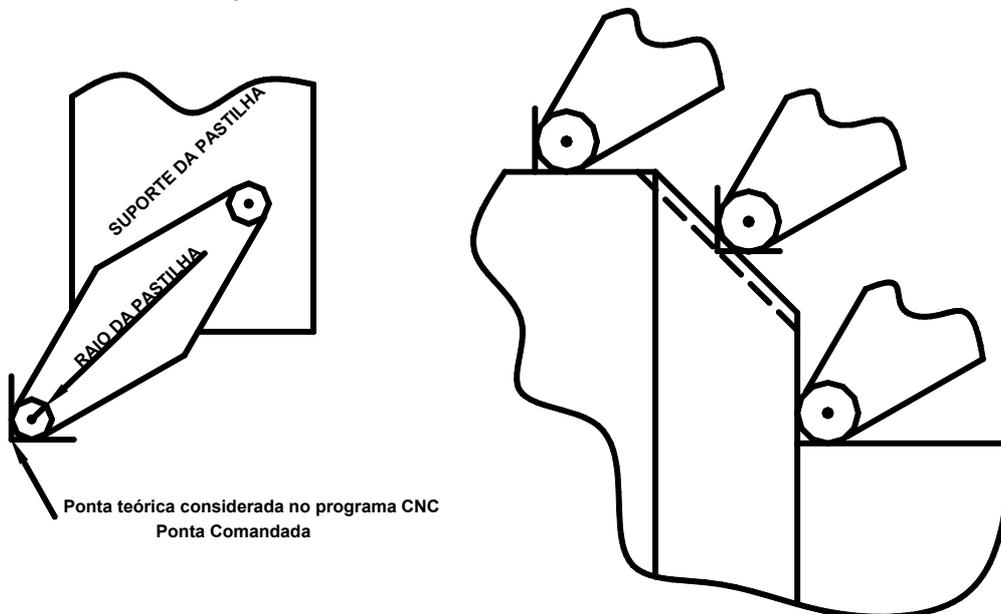
Compensação de raio de ferramenta

Ao término desta unidade você conhecerá as funções utilizadas para fazer a compensação e descompensação de raio de ferramenta.

Função G40 - Cancela compensação do raio da ponta da ferramenta

A função G40 deve ser programada para cancelar as funções previamente solicitadas como G41 e G42. Esta função, quando solicitada pode utilizar o bloco posterior para descompensar o raio do inserto programado na página “offset” da máquina, utilizando avanço de trabalho G1.

A função G40 é um código MODAL e está ativa quando o comando é ligado. O ponto comandado para trabalho encontra-se no vértice entre os eixos X e Z.



Função G41 - Compensação do raio da ponta da ferramenta à esquerda.

A função G41 seleciona o valor da compensação do raio da ponta da ferramenta, estando a mesma à esquerda da peça a ser usinada, vista na direção do curso de corte.

A função de compensação deve ser programada em um bloco exclusivo, seguido por um bloco de aproximação com avanço de trabalho (G1).

Neste bloco de aproximação, a compensação do raio da ferramenta é interpolada dentro deste movimento, onde recomenda-se que o movimento seja feito sem corte de material.

O lado de corte “T” e o raio “R” da ponta da ferramenta devem ser informados na página de geometria da ferramenta “offset” da máquina.

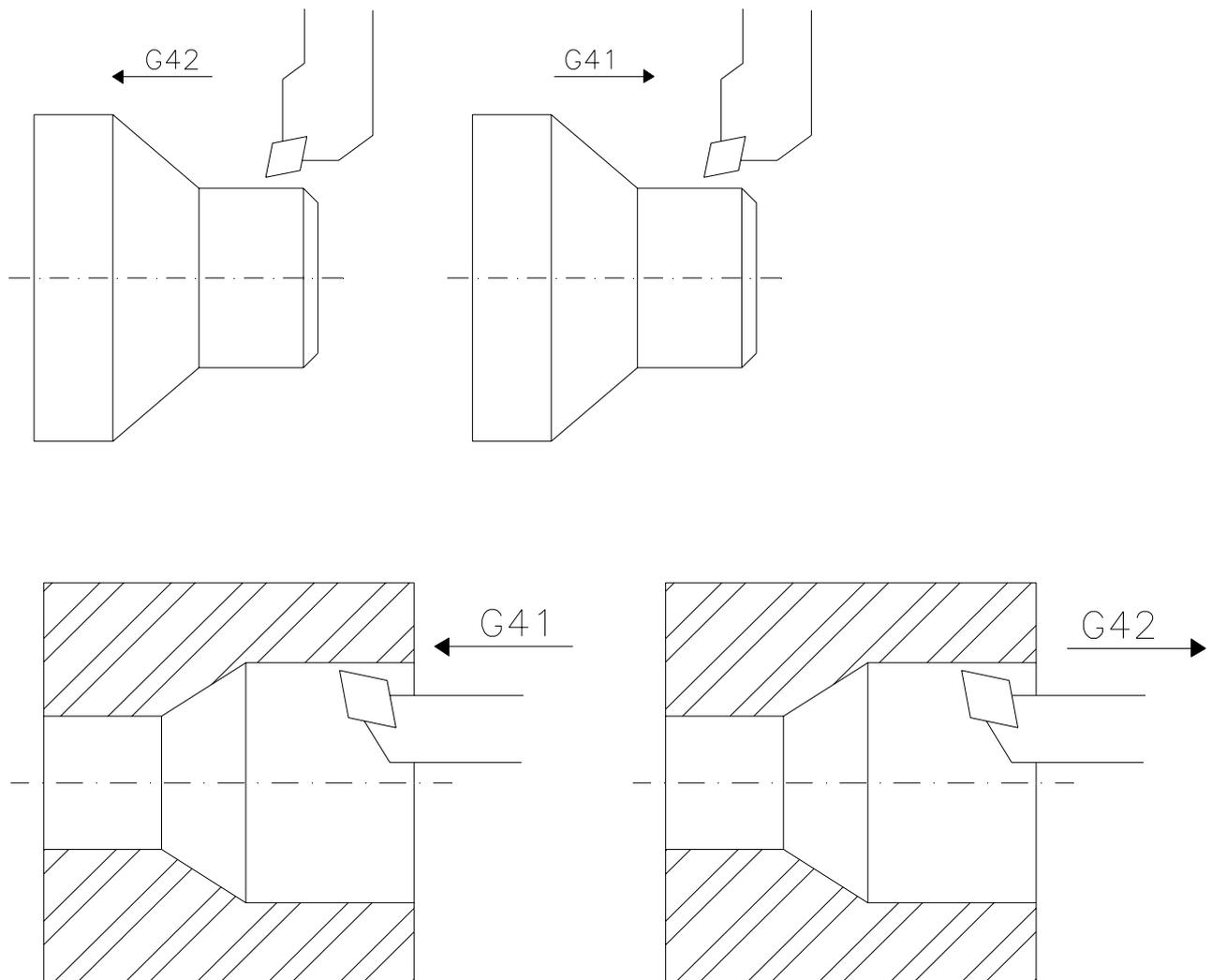
A função G41 é MODAL, portanto cancela e é cancelada pela G40.

Função G42 - Compensação do raio da ponta da ferramenta à direita.

Esta função é similar a função G41, exceto que a direção de compensação é a direita, vista em relação ao sentido do curso de corte.

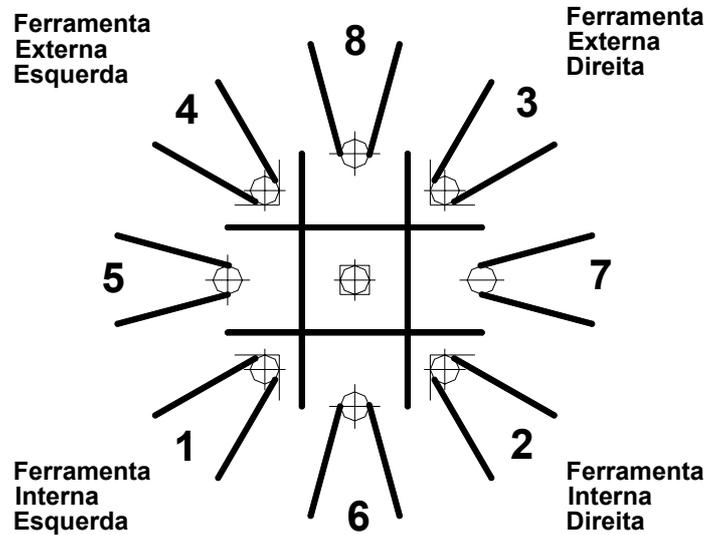
A função G42 é MODAL, portanto cancela e é cancelada pela G40.

Códigos para compensação do raio da ferramenta



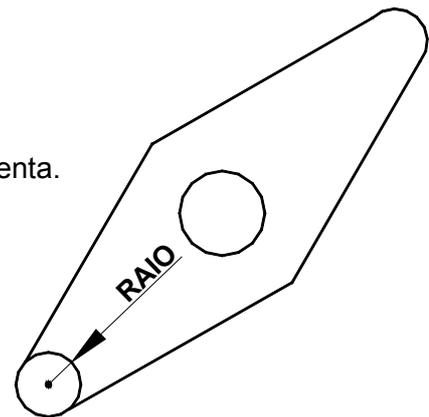
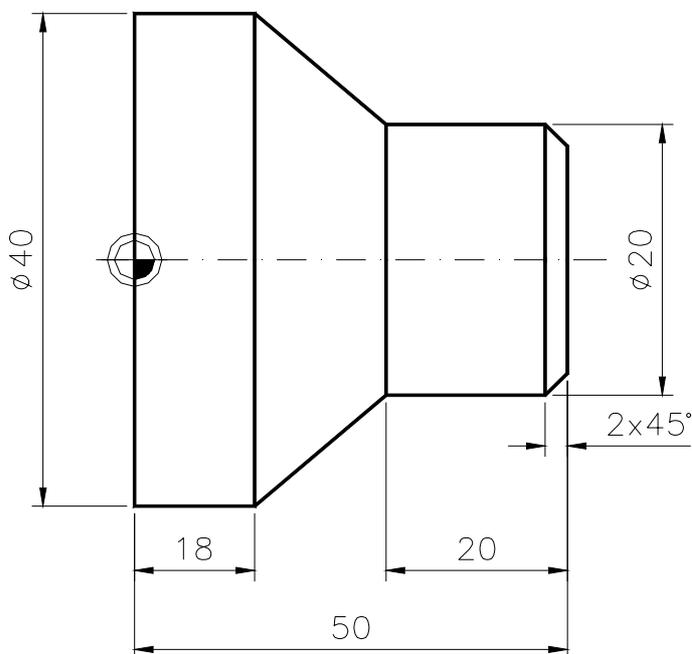
Lado de corte

Ponta da ferramenta



Raio da ponta da ferramenta

OBS: O lado de corte - T e o raio da ponta ferramenta - R devem ser informados na página de dimensões da ferramenta.



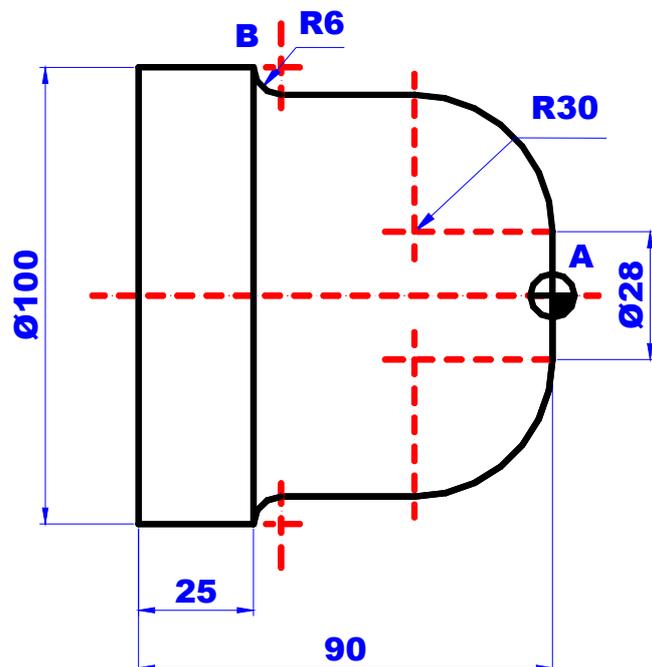
Exemplo de programação

```

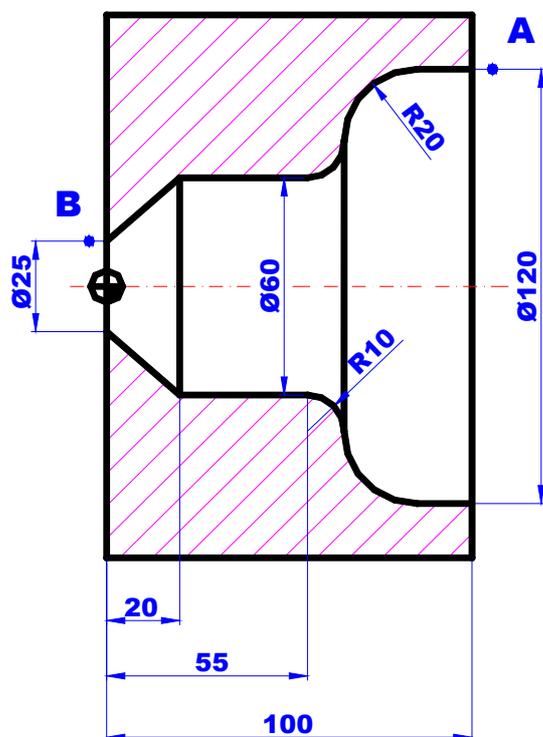
N080 G0 X0 Z55;
N090 G42;
N100 G1 Z50 F.1;
N110 G1 X16;
N120 X20 Z48;
N130 Z30;
N140 X40 Z18;
N150 X43;
N160 G40;
N160 G1 X45 F0.5;
N170 G0 X250 Z250 T00;
N180 M30;

```

1-) Faça o programa CNC percorrendo o contorno da peça no sentido de A para B:



2-) Fazer o programa do perfil abaixo usando as interpolações linear e circular. Usar as funções G2 e G3 com I e K:



Ciclos fixos de usinagem

Ao término desta unidade você conhecerá os principais ciclos de usinagem usados na programação CNC.

Função G33

Aplicação: Roscamento passo a passo.

A função G33 executa o roscamento no eixo X e Z onde cada profundidade é programada explicitamente em bloco separado.

Há possibilidade de abrir-se roscas em diâmetros internos ou externos, sendo elas roscas paralelas ou cônicas, simples ou de múltiplas entradas, progressivas, etc.

A função G33 requer:

X = diâmetro final do roscamento

Z = posição final do comprimento da rosca

F = passo da rosca

R = valor da conicidade incremental no eixo “X”

NOTAS:

Não há a necessidade de repetirmos o valor do passo (F) nos blocos posteriores de G33.

Recomenda-se deixar, durante a aproximação, uma folga de duas vezes o valor do passo da rosca no eixo “Z”.

A função G33 é modal.

Cálculos:

1. Altura do filete (he):

$$he = (0.6495 \times \text{passo})$$

$$he = (0.64955 \times 1.5)$$

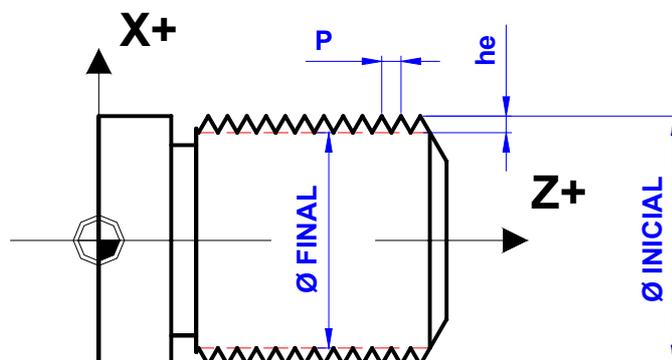
$$he = 0.97425 \text{ mm}$$

2. Diâmetro final (X):

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

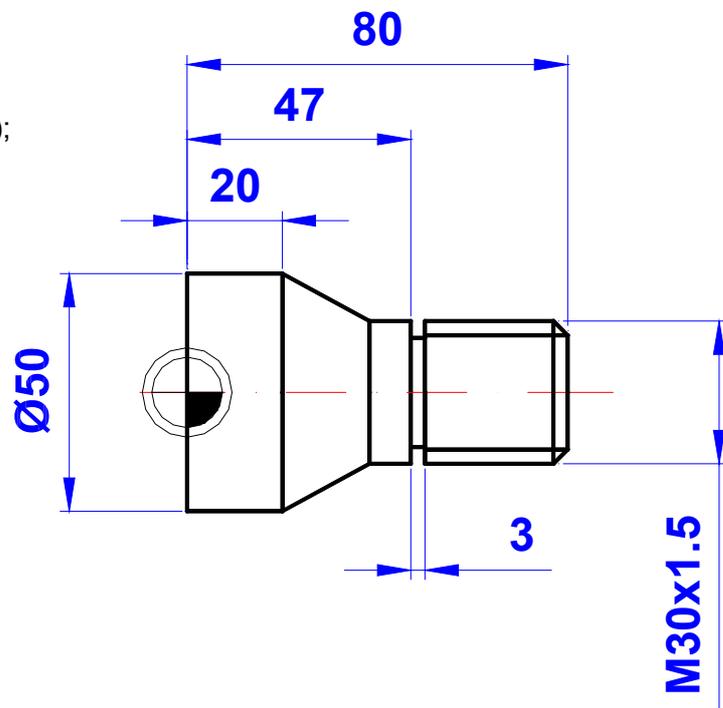
$$X = 30 - (0.97425 \times 2)$$

$$X = 28.0515 \text{ mm}$$



Exemplo de programação:

O0033 (Ciclo de rosca);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X300 Z300 T00;
N30 T0505 (Rosca M30x1,5);
N40 G54;
N50 G97 S1000 M3;
N60 G0 X35 Z83;
N70 X29.4;
N80 G33 Z48.5 F1.5;
N90 G0 X35;
N100 Z83;
N110 X29.0;
N120 G33 Z48.5;
N130 G0 X35;
N140 Z83;
N150 X28.75;
N160 G33 Z48.5;
N170 G0 X35;
N180 Z83;
N190 G0 X28.5;
N200 G33 Z48.5;
N210 G0 X35;
N220 Z83;
N230 X28.25;
N240 G33 Z48.5;
N250 G0 X35;
N260 Z83;
N270 G0 X28.05;
N280 G33 Z48.5;
N290 G0 X35;
N300 Z83;
N310 G0 X250 Z250 T00;
N320 M30;



Função G74**Aplicação: Ciclo de furação.**

A função G74 como ciclo de furação requer:

G74 R___;

G74 Z___ Q___ F___; onde:

R = retorno incremental para quebra de cavaco no ciclo de furação

Z = posição final (absoluto)

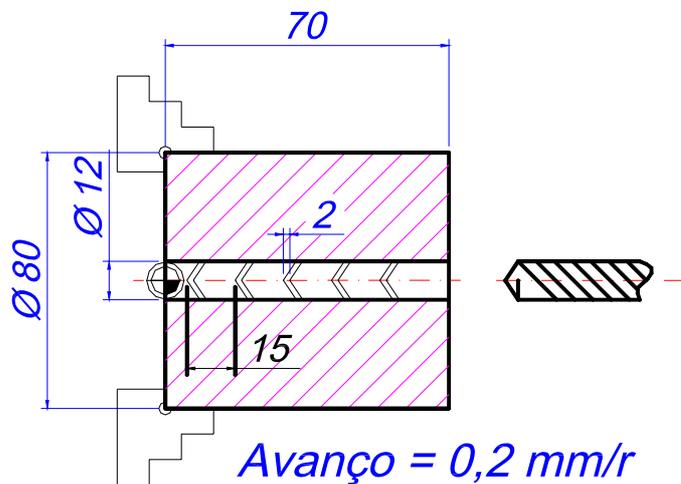
Q = valor do incremento no ciclo de furação (milésimo de milímetro)

F = avanço de trabalho

NOTAS:

- Após a execução do ciclo a ferramenta retorna automaticamente ao ponto posicionado.
- Quando utilizarmos o ciclo G74 como ciclo de furação não poderemos informar as funções “X” e “U” no bloco.

```
O0074 (Ciclo de furação);
N10 G21 G40 G90 G95;
N20 G0 X200 Z200 T00;
N30 T0606 (Broca Diâmetro 12 mm);
N40 G54;
N50 G97 S1200 M3;
N60 G0 X0 Z80;
N70 G1 Z73 F1 M8;
N80 G74 R2;
N90 G74 Z-4 Q15000 F0.08;
N100 G0 X200 Z200 T00 M9;
N110 M30;
```



Função G74**Aplicação: Ciclo de torneamento.**

A função G74 como ciclo de torneamento requer:

G74 X___ Z___ P___ Q___ R___ F___ ; onde:

X = diâmetro final do torneamento

Z = posição final (absoluto)

P = profundidade de corte (raio / milésimo de milímetro)

Q = comprimento de corte (incremental / milésimo de milímetro)

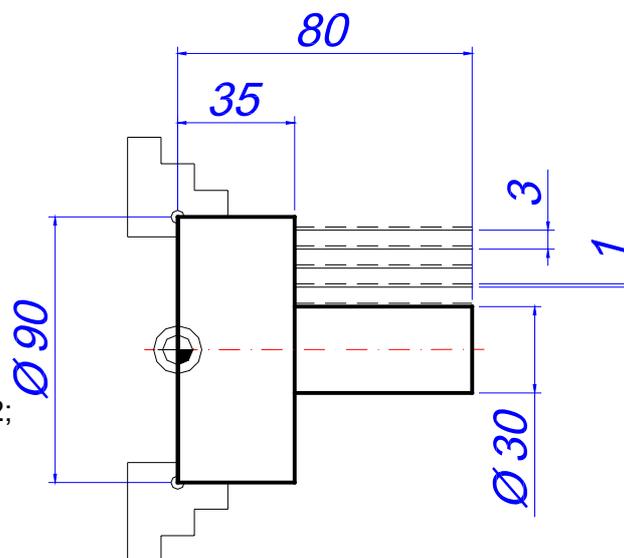
R = valor do afastamento no eixo transversal (raio)

F = avanço de trabalho

NOTAS:

- Para a execução deste ciclo, deveremos posicionar a ferramenta no diâmetro da primeira passada.
- Após a execução do ciclo a ferramenta retorna automaticamente ao ponto de posicionamento.

O7474 (Ciclo de desbaste);
 N10 G21 G40 G90 G95;
 N20 G0 X200 Z200 T00;
 N30 T0202 (Desbaste);
 N40 G54;
 N50 G96 S250;
 N60 G92 S3500 M4;
 N70 G0 X84 Z82;
 N80 G74 X30 Z35 P3000 Q47000 R1 F0.2;
 N90 G0 X200 Z200 T00;
 N100 M30;



Profundidade de corte = 3 mm
Avanço = 0,2 mm/r

Função G75**Aplicação: Ciclo de canais.**

A função G75 como ciclo de canais requer:

G75 R___;

G75 X___ Z___ P___ Q___ F___; onde:

R = retorno incremental para quebra de cavaco (raio)

X = diâmetro final do canal

Z = posição final (absoluto)

P = incremento de corte (raio / milésimo de milímetro)

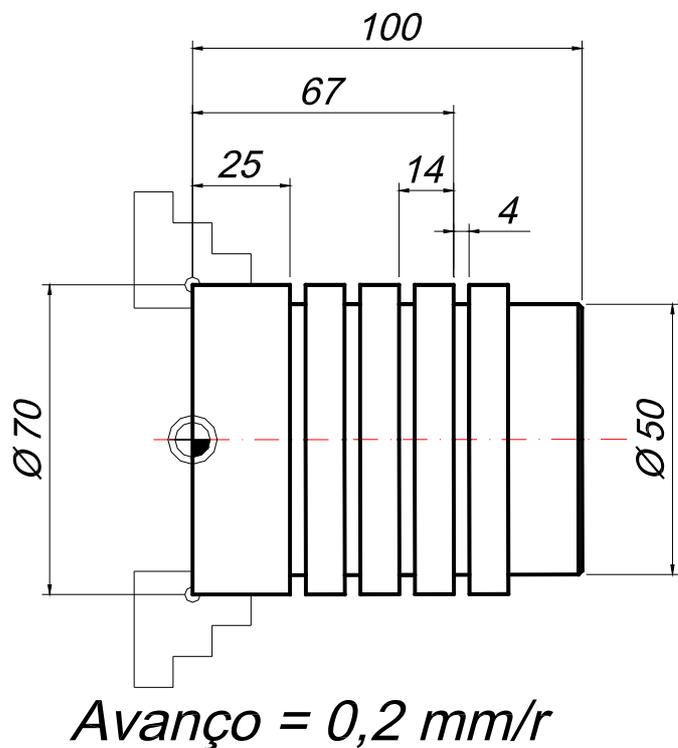
Q = distância entre os canais (incremental / milésimo de milímetro)

F = avanço de trabalho

NOTAS:

- Neste ciclo os canais deverão ser equidistantes, com exceção do último.
- Após a execução do ciclo, a ferramenta retorna automaticamente ao ponto posicionado.

O0075 (Ciclo de canais);
 N10 G21 G40 G90 G95;
 N20 G0 X200 Z200 T00;
 N30 T0808 (canais);
 N40 G54;
 N50 G96 S130;
 N60 G92 S3000 M4;
 N70 G0 X75 Z67;
 N80 G75 R2;
 N90 G75 X50 Z25 P7500 Q14000 F.2;
 N100 G0 X200 Z200 T00;
 N110 M30;



Função G75**Aplicação: Ciclo de faceamento.**

A função G75 como ciclo de faceamento requer:

G75 X___ Z___ P___ Q___ R___ F___ ; onde:

X = diâmetro final do faceamento

Z = posição final (absoluto)

P = incremento de corte no eixo “X” (raio / milésimo de milímetro)

Q = profundidade de corte por passada no eixo “Z” (milésimo de milímetro)

R = afastamento no eixo longitudinal para retorno ao “X” inicial (raio)

F = avanço de trabalho

NOTAS:

- Para execução deste ciclo, deveremos posicionar a ferramenta no comprimento do 1º passe de desbaste.
- Após a execução do ciclo, a ferramenta retorna automaticamente ao ponto posicionado.

O7575 (Ciclo de faceamento);

N10 G21 G40 G90 G95;

N20 G0 X200 Z200 T00;

N30 T0202 (Desbaste);

N40 G54;

N50 G96 S210;

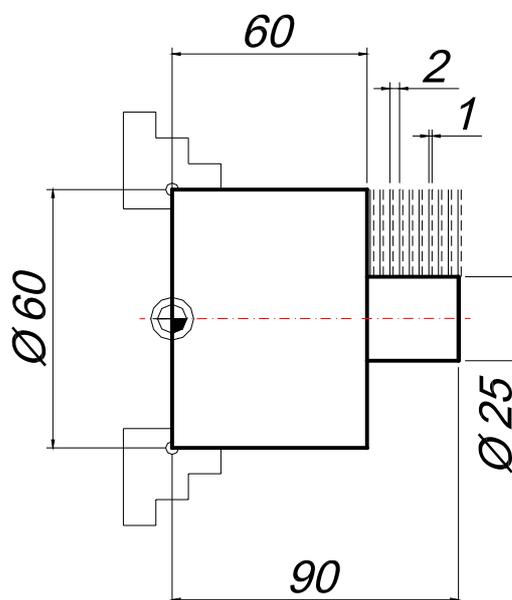
N60 G92 S3500 M4;

N70 G0 X64 Z88;

N80 G75 X25 Z60 P19500 Q2000 R1 F.2;

N90 G0 X200 Z200 T00;

N100 M30;



Profundidade de corte = 2 mm
Avanço = 0,2 mm/r

Função G79**Aplicação: Ciclo de faceamento paralelo.**

A função G79 descreve seu ciclo paralelo ao eixo "X", auxiliando nos trabalhos de desbaste como ciclo de faceamento.

A função G79 como ciclo de faceamento requer:

G79 X___ Z___ F___ ; onde:

X = diâmetro final do faceamento

Z = posição final (absoluto)

F = avanço de trabalho

O0079 (Ciclo de faceamento);

N10 G21 G40 G90 G95;

N20 G0 X200 Z200 T00;

N30 T0202 (Desbaste);

N40 G54;

N50 G96 S250;

N60 G92 S3500 M4;

N70 G0 X74 Z68;

N80 G79 X30 Z56 F.15;

N90 Z66;

N100 Z64;

N110 Z62;

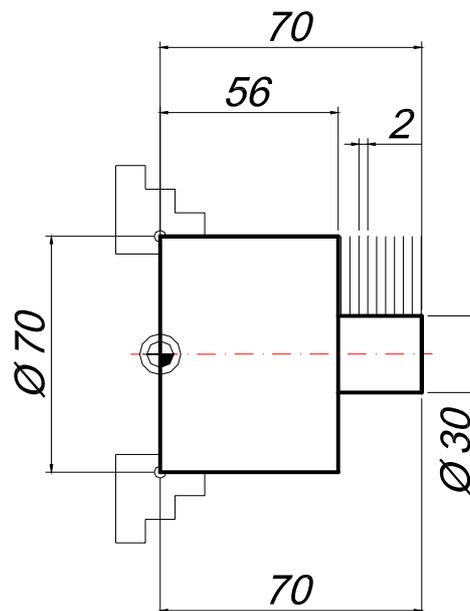
N120 Z60;

N130 Z58;

N140 Z56;

N150 G0 X200 Z200 T00;

N160 M30;



Profundidade de corte = 2 mm
Avanço = 0,15 mm/r

Função G71

Aplicação: Ciclo automático de desbaste longitudinal.

A função G71 deve ser programada em dois blocos subseqüentes, visto que os valores relativos a profundidade de corte e sobremetal para acabamento nos eixos transversal e longitudinal são informados pela função “U” e “W”, respectivamente.

A função G71 no primeiro bloco requer:

G71 U___ R___ ; onde:

U = valor da profundidade de corte durante o ciclo (raio)

R = valor do afastamento no eixo transversal para retorno ao Z inicial (raio)

A função G71 no segundo bloco requer:

G71 P___ Q___ U___ W___ F___ ; onde:

P = número do bloco que define o início do perfil

Q = número do bloco que define o final do perfil

U = sobremetal para acabamento no eixo “X” (positivo para externo e negativo para o interno/ diâmetro)

W = sobremetal para acabamento no eixo “Z” (positivo para sobremetal à direita e negativo para usinagem esquerda)

F = avanço de trabalho

NOTAS:

- Após a execução do ciclo, a ferramenta retorna automaticamente ao ponto posicionado.
- Não é permitida a programação da função “Z” no bloco que define o perfil a ser usinado.

N210 G0 X200 Z200 T00;

N220 M30;

Função G70

Aplicação: Ciclo de acabamento.

Este ciclo é utilizado após a aplicação dos ciclos de desbaste G71, G72 e G73 para dar o acabamento final da peça sem que o programador necessite repetir toda a sequência do perfil a ser executado.

A função G70 requer:

G70 P___ Q___ ; onde:

P = número do bloco que define o início do perfil

Q = número do bloco que define o final do perfil

As funções F, S e T especificadas nos blocos G71, G72 e G73 não tem efeito, mas as especificadas entre o bloco de início do perfil (P) e final do perfil (Q) são válidas durante a utilização do código G70.

NOTAS:

- Após a execução do ciclo, a ferramenta retorna automaticamente ao ponto posicionado.

Função G63

Aplicação: Zeramento de ferramentas utilizando o leitor de posição (TOOL EYE)

Para as máquinas com leitor de posição de ferramenta, o processo para dimensionamento dos balanços das ferramentas (PRE-SET), é executado através da programação da função G63, que executa o zeramento de forma semi- automática.

A função G63 como ciclo de zeramento de ferramenta requer:

G63 T___ A___ (K___); onde

T = determina o número da ferramenta a ser medida.

A = posição de toque do sensor em relação a geometria da ferramenta.

K = distância real entre a face da torre e o centro do superte (Obrigatório quando A=7)

Sendo: K=30 (GALAXY 10)

K=31 (GALAXY 20)

K=40 (GALAXY 30)

Exemplo de programação:

O0001 (Zeramento);
N10 G21 G40 G90 T00; (Bloco de segurança)
N20 G63 T01 A03;
N30 G63 T02 A07 K30; (Fator Galaxy 10=30mm)
N40 M50; (Recolhe sensor Tool eye)
N50 M30; (Fim do programa)

Instruções para zerar a ferramenta:

- 1 – Posicionar a ferramenta mais comprida na torre em posição de segurança na máquina.
- 2 – Descer o “TOOL EYE” através do MDI (Função M51).
- 3 – Posicionar a torre via JOG num ponto que não haja interferência da ferramenta posicionada e o sensor , compreendendo menos de 30mm de distância.
- 4 – Recolher o “TOOL EYE” através do MDI (Função M50).
- 5 – Selecionar o programa de preset (G63).
- 6 – Acionar AUTO.
- 7 – Acionar CYCLE START.

A seguir os eventos que ocorrem:

- A torre posiciona a 1ª ferramenta a ser presetada.
- O TOOL EYE desce automaticamente.
- O CNC emite um **bip**, e é ativado o modo de operação MPG que ficará no aguardo da intervenção do operador.
- O operador deve posicionar a ponta de contato da ferramenta no sentido X, deixando-a com 2 a 10mm de folga de distância do TOOL EYE.
- Acionar CYCLE START (Aguardar até que a ferramenta seja sensorada e ativado o modo MPG, para intervenção do operador).
- O operador deve então acionar o eixo Z e afastar a ferramenta para uma área segura.
- Acionar CYCLE START.

OBSERVAÇÃO: Os eixos serão conduzidos automaticamente até a posição onde foi iniciado a execução do ciclo de zeramento.

- O ciclo se repetirá quantas vezes forem as ferramentas a serem presetadas e depois o TOOL EYE será recolhido automaticamente e finalizando o programa .

Após o zeramento em X e Z deve-se informar os valores da torre e o lado de corte na

página de geometria da ferramenta do offsetting da máquina.

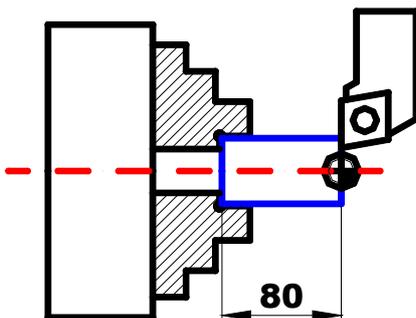
Funções G54 à G59 (Coordenada de trabalho – Zero peça)

Aplicação : Definição da coordenada de trabalho (Zero peça)

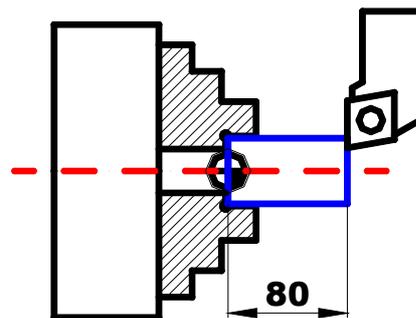
Para se definir o zero peça utilizando o deslocamento de trabalho, deve-se seguir o procedimento abaixo:

- Ativar ferramenta a ser utilizada no processo de zeramento através do MDI.
- Ativar o zero peça desejado G54 e G59 através do MDI.
- Movimentar os eixos através do MPG até tocar a ponta da ferramenta na face da peça conforme desenho abaixo;

1 - Face dianteira da peça = " Z0 "



2 - Face traseira da peça = " Z80 "



- Ativar a página OFFSET SETTING e teclar softkey , até ser exibido softkey "TRAB".
- Acionar o softkey "TRAB".
- Selecionar zero desejado G54 até G59.
- Posicionar o cursor no campo "Z" e:
 - 1) Caso deseje o zero na face do material digitar "Z0" e acionar softkey "MEDIR".
 - 2) Caso deseje o zero no encosto das castanhas como no exemplo digitar "Z80" (neste caso medir o comprimento do material colocando seu valor, e acionar o softkey "MEDIR".

Observação: O CNC calculará e definirá automaticamente o valor zero peça.

Cálculos para um Programa CNC

Ao término desta unidade você conhecerá as principais grandezas e fórmulas envolvidas em um processo de usinagem com o torno CNC.

NOTA: Um bom programa depende de um bom processo, levando sempre em consideração a ordem de operações e de ferramental.

Definição dos parâmetros de corte

Em função do material a ser usinado, bem como da ferramenta utilizada e da operação executada, o programador deve estabelecer as velocidades de corte, os avanços e as potências requeridas da máquina. Os cálculos necessários na obtenção de tais parâmetros são:

- **Velocidade de corte (Vc)**

A velocidade de corte é uma grandeza diretamente proporcional ao diâmetro e a rotação da árvore, dada pela fórmula:

Onde:

Vc = Velocidade de corte (m/min)

D = Diâmetro (mm)

N = Rotação do eixo árvore (rpm)

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

Na determinação da velocidade de corte para uma determinada ferramenta efetuar uma usinagem, a rotação é dada pela fórmula:

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

- **Avanço (Fn)**

O avanço é um dado importante de corte e é obtido levando-se em conta o material, a ferramenta e a operação a ser executada.

Geralmente nos tornos com comando numérico utiliza-se o avanço em mm/rotação mas este pode ser também definido em mm/min.

- **Profundidade de corte (ap)**

A profundidade de corte é um dado importante para usinagem e é obtido levando-se em conta o tipo da ferramenta, geralmente estabelecida pelo fabricante da mesma em catálogos em mm.

- **Potência de corte (Nc) em [CV]**

Para evitarmos alguns inconvenientes durante a usinagem tais como sobrecarga do motor e conseqüente parada do eixo-árvore durante a operação, faz-se necessário um cálculo prévio da potência a ser consumida, que pode nos ser dada pela fórmula:

onde:

Ks = pressão específica de corte [Kg / mm²]

Ap = profundidade de corte [mm]

fn = avanço [mm / rotação]

Vc = velocidade de corte [m / min]

η = rendimento [para GALAXY 10 = 0,9]

$$Nc = \frac{Ks \cdot fn \cdot Ap \cdot Vc}{4500 \cdot \eta}$$

Valores orientativos para pressão específica de corte (Ks)

MATERIAL	Resistência a tração kg / mm ²		“Ks” em kg / mm ²			
	Dureza BRINELL		AVANÇO em mm / rotação			
	Kg / mm ²	HB	0,1	0,2	0,4	0,8
SAE 1010 a 1025	ATÉ 50	Até 140	360	260	190	136
SAE 1030 a 1035	50 a 60	140 a 167	400	290	210	152
SAE 1040 a 1045	60 a 70	167 a 192	420	300	220	156
SAE 1065	75 a 85	207 a 235	440	315	230	164
SAE 1095	85 a 100	235 a 278	460	330	240	172
AÇO FUNDIDO MOLE	30 a 50	96 a 138	320	230	170	124
AÇO FUNDIDO MÉDIO	50 a 70	138 a 192	360	260	190	136
AÇO FUNDIDO DURO	Acima de 70	Acima de 192	390	286	205	150
AÇO Mn-Aço Cr-Ni	70 a 85	192 a 235	470	340	245	176
AÇO Cr-Mo	85 a 100	235 a 278	500	360	260	185
AÇO DE LIGA MOLE	100 a 140	278 a 388	530	380	275	200
AÇO DE LIGA DURO	140 a 180	388 a 500	570	410	300	215
AÇO INOXIDÁVEL	60 a 70	167 a 192	520	375	270	192
AÇO FERRAMENTA (HSS)	150 a 180	415 a 500	570	410	300	215
AÇO MANGANES DURO			660	480	360	262
FERRO FUNDIDO MOLE		Até 200	190	136	100	72
FERRO FUNDIDO MÉDIO		200 a 250	290	208	150	108
FERRO FUNDIDO DURO		250 a 400	320	230	170	120
FOFO MALEÁVEL (TEMP)			240	175	125	92
ALUMÍNIO		40	130	90	65	48
COBRE			210	152	110	80
COBRE COM LIGA			190	136	100	72
LATÃO		80 a 120	160	115	85	60
BRONZE VERMELHO			140	100	70	62
BRONZE FUNDIDO			340	245	180	128

Bibliografia

Manual de Programação e Operação CNC FANUC 21i – T
Indústrias ROMI S.A.

CNC Programação de Comandos Numéricos Computadorizados
Torneamento
Sidnei Domingues da Silva
Editora Érica.

Apostila de CNC Comando Numérico Computadorizado
Escola SENAI “Roberto Mange” - Campinas
Mecânico Geral – Curso de Aprendizagem Industrial

Manual de Programação e Operação CNC SIEMENS 810 D –
Indústrias ROMI S.A.

Apostila de Comando Numérico Computadorizado
Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica – São Caetano do Sul
Curso Técnico em Mecatrônica