

DESAFIO 4

FRESAMENTO

**LIÇÃO 1 – SISTEMA DE COORDENADAS –
RELEMBRANDO.**

LIÇÃO 2 – FUNÇÕES PREPARATÓRIAS.

**LIÇÃO 3 – SISTEMA DE REFERÊNCIA E
FIXAÇÃO DE FERRAMENTAS.**

**LIÇÃO 4 – CONTROLE LINEAR E CIRCULAR
DE DESLOCAMENTO.**

LIÇÃO 5 – LÓGICA DE REPETIÇÃO.

**LIÇÃO 6 – CICLOS AUTOMÁTICOS DE
USINAGEM.**

**LIÇÃO 7 – CICLOS AUTOMÁTICOS DE
USINAGEM – CONTINUAÇÃO.**

**LIÇÃO 8 – COMPENSAÇÃO DO RAIO DE
CORTE.**





OBJETIVOS

Antes de começar as 8 lições correspondentes às 16 horas/aula do desafio **Fresamento**, veja abaixo os seus objetivos:

- conhecer e aplicar os sistemas de coordenadas absoluta e incremental do fresamento CNC;
- conhecer as funções preparatórias utilizadas no fresamento;
- conhecer o sistema de referência e fixação de ferramentas para o fresamento;
- aplicar o controle linear e circular de deslocamento;
- aplicar a lógica de repetição;
- rever e aplicar os ciclos automáticos de usinagem para o fresamento; compreender a compensação do raio de corte para o fresamento.

Assim como no Desafio 3, neste existem algumas lições maiores do que outras. Como exemplo, temos a Lição 2. Fique atento também às lições 6 e 7, pois são complementos uma da outra por terem conteúdos densos.

Além disso, preparamos a seção de Curiosidades para este desafio no Ambiente Virtual de Aprendizagem. Algumas considerações foram feitas no material para que você se motive a pesquisar e conhecer conteúdos que vão além do planejado no curso. Você também deve ficar atento às nossas orientações, ao seu tempo e à sua aprendizagem para terminar este desafio.

Siga em frente e bons estudos!





LIÇÃO 1

SISTEMA DE COORDENADAS – RELEMBRANDO



Mais uma vez você verá o sistema de coordenadas. Vamos lembrar?

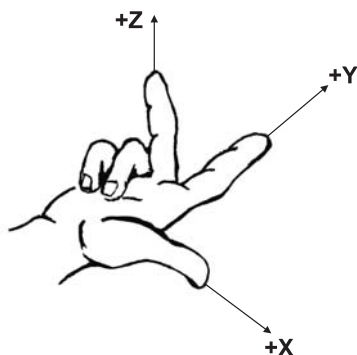
No Desafio 2 você já viu as diferenças entre as coordenadas para a programação no torneamento e para o fresamento. No Desafio 3 você lembrou como são utilizadas as coordenadas para o torneamento especificamente. E neste Desafio 4 você lembrará como são utilizadas as coordenadas para o fresamento na usinagem.

Então vamos lá!

SISTEMA DE COORDENADAS

Como você já estudou no Desafio 2, todas as máquinas-ferramenta CNC são comandadas por um sistema de coordenadas cartesianas na elaboração de qualquer perfil geométrico. Para que a máquina possa trabalhar com as posições especificadas, essas têm que ser declaradas em um sistema de referência, que corresponde aos sentidos dos movimentos dos carros. Para o fresamento são utilizados os eixos: X, Y, Z.

O sistema de coordenadas da máquina é formado por todos os seus eixos fisicamente existentes. Lembre que as direções dos eixos seguem a “regra da mão direita”:



Até aqui você já deve ter compreendido bem não é mesmo?



Mas qual é mesmo a diferença para o fresamento além do uso de três eixos e não mais dois? Como utilizamos essas coordenadas na usinagem?

Veja abaixo exemplos das coordenadas absolutas e incrementais para o fresamento com os três eixos.

COORDENADAS ABSOLUTAS

Para essas coordenadas, no modo de programação em **absoluto**, as posições são medidas da posição zero atual (zero da peça) estabelecida. Com vista ao movimento da ferramenta isso significa:

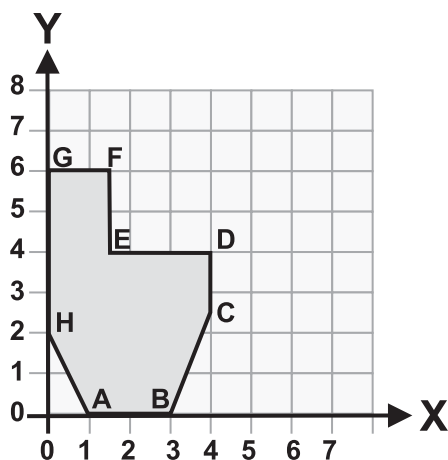
- a dimensão absoluta descreve a posição para a qual a ferramenta deve ir.

Para programar é utilizada a **função G90**, pois as coordenadas absolutas são definidas por meio desse código. Lembrando que seus valores sempre estarão em relação ao ponto zero da peça.





Veja novamente no desenho:



| Ponto | Coordenada | |
|-------|------------|-----|
| | X | Y |
| A | 1 | 0 |
| B | 3 | 0 |
| C | 4 | 2.5 |
| D | 4 | 4 |
| E | 1.5 | 4 |
| F | 1.5 | 6 |
| G | 0 | 6 |
| H | 0 | 2 |

- Eixo X – refere-se às medidas na direção transversal da mesa.
- Eixo Y – refere-se às medidas na direção longitudinal da mesa.
- Eixo Z – refere-se às medidas na direção vertical da ferramenta.



Para ver se você entendeu, faça o Exercício 1 que se encontra na Biblioteca do Ambiente Virtual de Aprendizagem dentro da pasta deste Desafio 4. Lá, faça o deslocamento partindo das referências dadas, contornando o perfil da peça e utilizando o sistema de coordenadas absolutas.



COORDENADAS INCREMENTAIS



E agora? Com as coordenadas incrementais como funciona a programação do fresamento?

No modo de programação incremental as posições dos eixos são medidas a partir da posição anteriormente estabelecida. Com vista ao movimento da ferramenta isso significa:

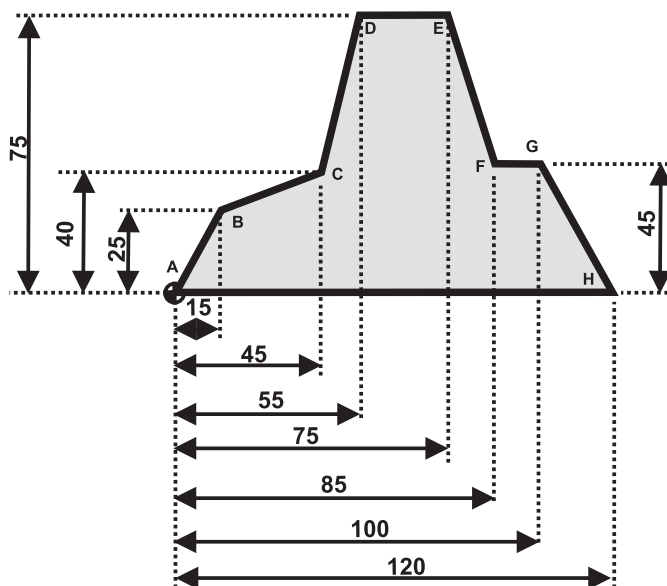
- a dimensão incremental descreve a distância a ser percorrida pela ferramenta a partir da posição atual da mesma.

FUNÇÃO G91

- Atenção: as coordenadas incrementais são definidas do código G91 e seus valores sempre serão obtidos em relação ao último posicionamento da ferramenta.

Agora veja um exemplo:





| Ponto | Coordenadas | |
|-------|-------------|-----|
| | X | Y |
| B | 15 | 25 |
| C | 30 | 15 |
| D | 10 | 35 |
| E | 20 | 0 |
| F | 10 | -30 |
| G | 15 | 0 |
| H | 20 | -45 |
| A | -120 | 0 |



Vamos testar seu conhecimento?



No Ambiente Virtual de Aprendizagem preparamos um outro exercício para que você possa verificar o seu aprendizado. Vá até a Biblioteca e realize o Exercício 2 que se encontra na pasta Desafio 2.



Após realizar todas as atividades propostas nesta lição, dê continuidade a seus estudos! Avance para a próxima lição!





LIÇÃO 2

FUNÇÕES PREPARATÓRIAS

Nesta lição você conhecerá as primeiras funções para programação do Centro de Usinagem.

FUNÇÕES : O, S, T, M6/TROCA

Aplicação: seleção do número, corretor e rotação do eixo-árvore.

Pela programação do endereço “T” (na **discovery** podem ser programadas até 22 ferramentas) ocorre uma troca direta da ferramenta ou a seleção da posição no magazine da máquina.

Para liberar a troca da ferramenta devemos programar a função M6/TROCA junto com a função “T” quando necessário, **porém em blocos separados**.

A uma ferramenta podem ser atribuídos corretores de ferramentas de 1 até 9, programando um endereço “O” correspondente.

Para ativar a rotação do eixo-árvore (RPM) devemos programar a função “S” seguida do valor da rotação desejada.

Veja um exemplo e as referentes explicações para as linhas programadas:

- T01 – Chama a ferramenta nº1;
- M6 – Habilita a troca;
- O1 – Ativa o corretor de altura nº 1;
- S1500 M3 – Liga a rotação do eixo-árvore a 1.500 RPM.

Modelo de máquina fabricada pela ROMI, que serão utilizadas no curso.





- **Atenção!** Para o comando Fanuc, o corretor de ferramenta é G43, sendo utilizada a letra H, ao invés de O.
Por exemplo:

G43 G0 Z50 H1 (Posiciona a ferramenta na altura de 50, corrigindo a altura da ferramenta).

FUNÇÕES : BARRA(/), N, MSG, PONTO-E-VÍRGULA(;))

Aplicação: eliminar execução de blocos, número seqüencial de blocos, mensagem ao operador e comentário de auxílio.

Como exemplo temos:

G17; plano de trabalho XY

FUNÇÃO N

Aplicação: definir 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.

Exemplo:

N50 G01 X10 Y50

N60 Y80





FUNÇÃO (/) BARRA

Aplicação: Inibir a execução de blocos no programa, sem alterar a programação.

Se a barra (/) for digitada na frente de alguns blocos, estes serão ignorados pelo comando, desde que o operador tenha selecionado a opção “***inibir blocos***”, caso contrário os blocos serão executados normalmente.

Veja um exemplo com explicações das linhas de programação:

N50 G01 X10 Y50 (bloco executado)

/ N60 Y80 (bloco ignorado)

/ N70 X40 (bloco ignorado)

N80 G0 X0 Y0 (bloco executado)

FUNÇÃO (;) PONTO-E-VÍRGULA

Assim como no torneamento, no fresamento também utilizamos a função (;), quando for necessário inserir comentários para auxiliar o operador. Veja no exemplo:

N50 T01 ; fresa dia 35 mm

N60 M6

N70 O1

N80 S1500 M3

- **Observação:** para o comando Fanuc, utiliza-se parênteses () para inserir comentário.



Agora que você viu algumas funções, veja como funcionam estas **funções de posicionamento**.

- Função X – aplicação: posição no eixo longitudinal (absoluta): X20 ou X-5.
- Função Y – aplicação: posição no eixo transversal (absoluta): Y5 ou Y-5.
- Função Z – aplicação: posição no eixo vertical (absoluta): Z20 ou Z-20.

► **Observação:** o comando trabalha em milímetros para palavras de posicionamento com ponto decimal.

RELEMBRANDO ALGUMAS FUNÇÕES PREPARATÓRIAS MODAIS

Reveja algumas funções preparatórias (funções que uma vez programadas permanecem na memória do comando), que também são utilizadas para a programação do fresamento na usinagem.

FUNÇÃO G90 – APLICAÇÃO: PROGRAMAÇÃO EM COORDENADAS ABSOLUTAS

Lembre-se que esta função prepara a máquina para executar operações em coordenadas absolutas tendo uma origem pré-fixada para a programação. Como você viu na lição anterior, também utiliza-se essa função para o fresamento.

Caso você ainda não tenha realizado os exercícios da Lição 1, faça-os antes de prosseguir. Eles lhe auxiliarão no entendimento do uso dessa função no fresamento.





FUNÇÃO G91 – APLICAÇÃO: PROGRAMAÇÃO EM COORDENADAS INCREMENTAIS

Como você já estudou, essa função prepara a máquina para executar operações em coordenadas incrementais. Assim, todas as medidas são feitas por meio da distância a se deslocar.

Após você ter realizado o Exercício 2 da Lição 1 possivelmente entenderá essa função ainda mais! Caso ainda não tenha feito, vá ao Ambiente Virtual de Aprendizagem e faça isso que ajudará no seu aprendizado.

FUNÇÃO G70 (MACH 9) – G20 (FANUC) APLICAÇÃO: SISTEMA DE UNIDADE POLEGADA

Um bloco G70 no início do programa instrui o controle para usar valores em polegadas para movimentos dos eixos, avanços, planos de rápido e correções.

FUNÇÃO G71 (MACH9) – G21 (FANUC) APLICAÇÃO: SISTEMA DE UNIDADE MILÍMETRO

Um bloco G71 no início do programa instrui o controle para usar valores em milímetros para movimentos dos eixos, avanços, planos de rápido e correções.





FUNÇÃO G94 – APLICAÇÃO: PROGRAMAÇÃO DE AVANÇO EM MM/MIN OU POLEGADAS/MIN

A velocidade de avanço é declarada com a função “F”. Essa função é ativada ao ligarmos a máquina.

FUNÇÃO G95 – APLICAÇÃO: PROGRAMAÇÃO DE AVANÇO EM MM/R OU POLEGADAS/R

A velocidade de avanço é declarada com a função “F”.

Relembrando outras funções preparatórias não-modais.

Relembre algumas funções vistas no torneamento (Desafio 3), que também utilizamos para o fresamento, e que são não-modais (funções que devem ser programadas sempre que requeridas, pois são válidas apenas nos blocos de programação que as contêm).

FUNÇÃO F

Geralmente nos Centros de Usinagens CNC utiliza-se o avanço em mm/min, mas esse também pode ser utilizado em mm/Rot.

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. Exemplo: F500.

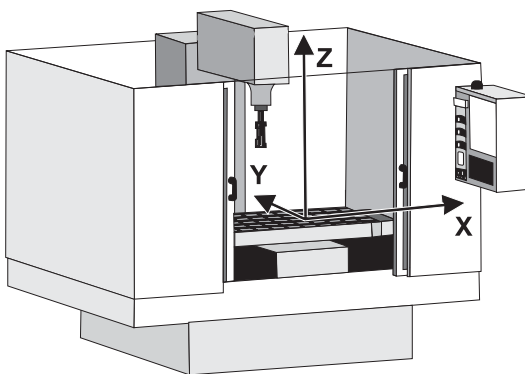




FUNÇÕES G54 A G57 (FANUC)

Aplicação: sistema de coordenadas de trabalho (zero da peça).

O sistema de coordenadas de trabalho define, como zero, um determinado ponto referenciado na peça. Esse sistema pode ser estabelecido por uma das quatro funções entre G54 a G57 e deve ser inserido na página de zero da peça. Observe os pontos na ilustração abaixo:



Sendo que:

M = ponto zero da máquina;

W = ponto zero peça;

LS = limite de *software*;

P = ponto comandado.

- **Obs.:** nas fresadoras a posição do ponto zero da máquina “M” pode variar de acordo com o fabricante da mesma.



Agora lhe apresentaremos novas funções. Lembre-se, se você quer ser um programador competente, precisa estar sempre estudando e se atualizando! Por isso, disponibilizamos textos complementares e alguns exemplos adicionais na Biblioteca de Ambiente Virtual de Aprendizagem para você. Então, vamos lá! Faça várias visitas a esses materiais e pesquise muito mais na internet!

Veja mais algumas funções.

FUNÇÃO G53

Aplicação: cancelamento do sistema de coordenadas de trabalho Modal e Não-Modal.

A função G53 tem por finalidade cancelar o zero da peça (funções G54 a G57) deixando como referência para trabalho o zero da máquina. Essas funções não são Modais, ou seja, são válidas apenas para o bloco atual.

FUNÇÕES G17, G18, G19

Aplicação: seleciona plano de trabalho.

As funções G17, G18 e G19 são Modais e permitem selecionar o plano no qual se pretende executar interpolação circular (incluindo compensação de raio de ferramenta).

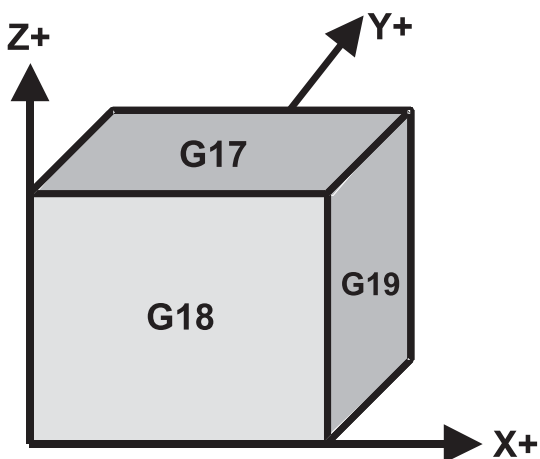
Veja a sintaxe delas ao programar e visualize a figura para compreender :

G17 – sendo plano de trabalho XY;

G18 – sendo plano de trabalho XZ;

G19 – sendo plano de trabalho YZ.





- **Observação:** o plano G17 é o mais utilizado para gerar perfis e por isso será utilizado como padrão. No entanto, em alguns casos é necessário trabalhar nos demais planos.

- **Nota:** ao iniciar um programa é necessário definir o plano de trabalho (G17, G18, G19).



LIÇÃO 3

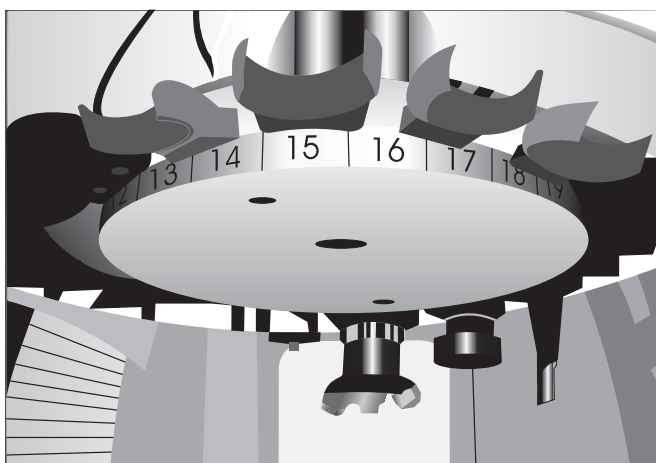
SISTEMA DE REFERÊNCIA E FIXAÇÃO DE FERRAMENTAS



Vamos continuar?

Você revisou algumas funções na lição anterior e aprendeu algumas novas. Nesta lição você vai revisar como funciona a sua área de trabalho para a usinagem, mas com foco no fresamento.

Como você já viu no desafio anterior, um Centro de Usinagem CNC possui uma torre para o fresamento temos o **magazine** para agrupar as ferramentas. Esse magazine é composto de encaixes específicos e numerados para a montagem de ferramentas que serão utilizadas na usinagem. Veja a ilustração abaixo:



- **Atenção:** na Biblioteca do Ambiente Virtual de Aprendizagem você poderá encontrar algumas fotos bem interessantes de algumas ferramentas e máquinas CNC.





As fixações das ferramentas são feitas diretamente no magazine, utilizando suportes de fixação conhecidos com **cones porta-piças** ou **porta-ferramentas**.

A área de trabalho, na qual as ferramentas se movimentam durante a usinagem de uma peça tem os seguintes pontos de referência:

- ponto zero da máquina;
- ponto zero da peça;
- ponto de referência da ferramenta;
- ponto de referência da máquina.

Se você observar, na lição do torneamento sobre a referência de ferramentas, além dos pontos de referencia acima, há ainda o ponto de trajetória. O que não é o caso do fresamento. Isso acontece porque as máquinas para o torneamento são diferentes das máquinas para o fresamento, além disso, existem **diferenças entre máquinas** com a mesma funcionalidade.

Ou seja, podemos ter três máquinas de fresamento e diferentes referências para cada uma. Nesse caso, o material do curso está se baseando em dois tipos de máquinas Romi: Romi que utilizam o comando Mach9 e Romi que utilizam o comando Fanuc.

O ponto zero da máquina encontra-se próximo à altura de alinhamento da ferramenta com o magazine (no caso do torno com a torre), ou seja, em um ponto distante da mesa de trabalho da máquina. Os demais pontos de referência se relacionam a ele.

Assim como no torno, o programador ou operador define o ponto zero da peça por meio da informação da posição da peça em relação ao ponto zero da máquina.

O ponto de referência da ferramenta encontra-se na face da ferramenta. A posição desse ponto pode ser definida no sistema de coordenadas da máquina por meio dos sistemas de medição, pelas medidas XY para a peça e Z para a altura da ferramenta. Assim, o comando calcula a distância da ponta da ferramenta ao ponto de referência da mesma, permitindo que a usinagem do contorno da peça possa ser executada de maneira correta.

Para saber mais,
acesse: o link: <<http://www.mundocnc.com.br>>.



O ponto de referência da máquina é uma posição fixa da ferramenta determinada por uma chave fim de curso de modo que os eixos posicionem a ferramenta na posição indicada na figura abaixo.

Essa posição deve sempre ser sobrepassada pelo eixo de movimentação toda vez que o comando CNC for ligado. Depois que o ponto de referência da máquina for localizado o comando pode trabalhar com o sistema de medição e todos os valores de posicionamento transmitidos pelo sistema de coordenadas da máquina.

Você revisou nesta lição algumas questões e identificou as diferenças entre as configurações utilizadas para o torneamento e fresamento. Também apareceu referências e fixações ou ferramentas das máquinas CNC para o fresamento.

- **Obs.:** caso você tenha alguma dúvida, entre em contato com o seu tutor na ferramenta “Tira Dúvidas” no Ambiente Virtual de Aprendizagem.



Na próxima lição veremos o **controle linear e circular de deslocamento** para o fresamento. Será que há diferenças também? Verifique!





LIÇÃO 4

CONTROLE LINEAR E CIRCULAR DE DESLOCAMENTO

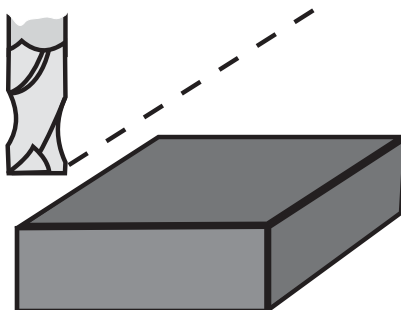
Pronto para continuar? Vamos lá!

Nesta lição você conhecerá as funções de interpolação linear e circular usadas no Centro de Usinagem CNC para o fresamento. Saberá reconhecer e utilizar as sintaxes que devem ser utilizadas para programar as máquinas.

Você verá a seguir a aplicação e alguns exemplos de funções já estudadas. Vai observar como elas funcionam e como devem ser utilizadas para o fresamento.

FUNÇÃO G0 – APLICAÇÃO: MOVIMENTO RÁPIDO (APROXIMAÇÃO E RECUO)

Os eixos movem-se para a meta programada com a maior velocidade de avanço disponível na máquina. Veja a imagem abaixo que representa o movimento do eixo:





Para o fresamento utilizamos a seguinte sintaxe:

G0 X___ Y___ Z___

Sendo que:

X = coordenada a ser atingida;

Y = coordenada a ser atingida;

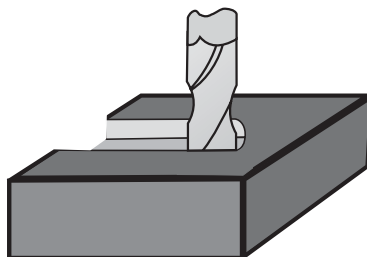
Z = coordenada a ser atingida;

Como você já estudou, a função G0 é um comando Modal. Esta função cancela e é cancelada pelas funções G01, G02 e G03. Lembre-se que para utilizá-la no fresamento é preciso identificar os três eixos de coordenadas: X, Y e Z.

FUNÇÃO G01 – APLICAÇÃO: INTERPOLAÇÃO LINEAR (USINAGEM RETILÍNEA OU AVANÇO DE TRABALHO)

Com essa função obtém-se movimentos retilíneos entre dois pontos programados com qualquer ângulo calculado por meio de coordenadas com referência ao zero programado e com um avanço (F) predeterminado pelo programador.

Esta função, também Modal, cancela e é cancelada pelas funções G0, G02 e G03.





Veja a sintaxe utilizada para o fresamento:

G1 X___ Y___ Z___ F___

Sendo que:

X = coordenada a ser atingida;

Y = coordenada a ser atingida;

Z = coordenada a ser atingida;

F = avanço de trabalho (mm/min).



Você quer ver um exemplo que utiliza as funções citadas anteriormente? Vamos ver como funciona a programação para o fresamento!

Exemplo de acabamento utilizando comando Mach9:

```
Dispositivo A
;ACABAMENTO
N10 G99
N20 G90
N30 G17
N40 G71
N50 T5 M6
N60 O1 S4000 M3
N70 G0 X0. Y0. Z0.
N80 G1 Z-7. F300
N70 X10. Y10.
N90 X80.
N100 X100. Y40.
N110 X80. Y70.
N120 X60.
N130 X10. Y40.
N140 Y10.
N150 G0 X0. Y0.
```

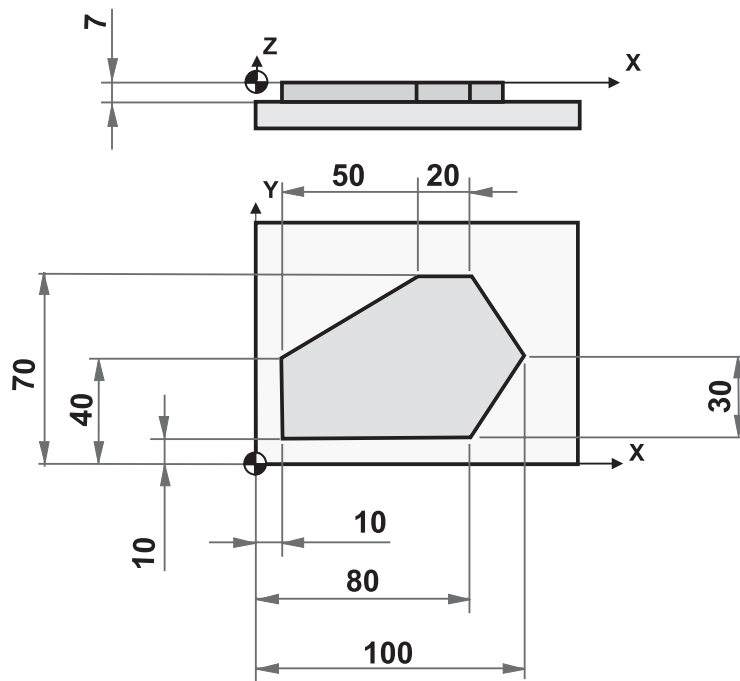



N160 Z200.

N170 M5

N180 M9

N190 M30



Mas como seria esse exemplo se utilizássemos o comando Fanuc? Você quer dar uma olhada?

Observe as linhas de programação dos dois exemplos e as diferenças entre os comandos. Você verá que não são muitas as divergências na programação apresentada.

(ACABAMENTO)

N10 G99 G90 G17 G21 G54

N20 G53 Z-110 H0

N30 T5 M6

N40 S4000 M3

N50 G43 G0 X0 Y0 Z0 H1

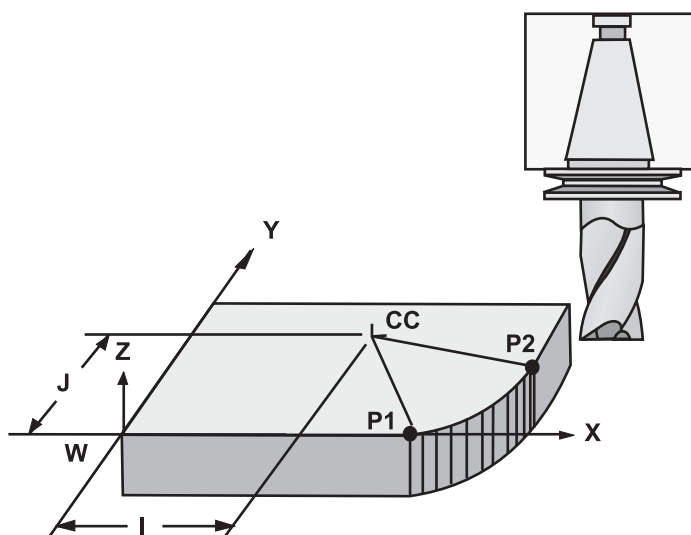




N60 G1 Z-7 F300
N70 X10 Y10
N80 X80
N90 X100 Y40
N100 X80 Y70
N110 X60
N120 X10 Y40
N130 Y10
N140 G0 X0 Y0
N150 G53 Z-110 H0
N160 M5
N170 M9
N180 M30

FUNÇÕES G02, G03 – APLICAÇÃO: INTERPOLAÇÃO CIRCULAR

Essa função você ainda não havia visto. Ela executa operação de usinagem de arcos predefinidos por meio de uma movimentação apropriada e simultânea dos eixos. Pode-se gerar arcos nos sentidos horário G2 e anti-horário G3, permitindo produzir círculos inteiros ou arcos de círculo.





Veja a sintaxe:

G2 / G3 X__ Y__ Z__ I__ J__ K__ F__

Sendo que:

X ; Y; Z = **posição final da interpolação;**

I = centro da interpolação no eixo X;

Entre um ponto e outro; entre pólos.

J = centro da interpolação no eixo Y;

K = centro da interpolação no eixo Z;

Z = posição final do arco;

F = avanço de trabalho (opcional).



Para avançar nos seus estudos, vá para a Lição 5 e compreenda como funciona a lógica de repetição no fresamento. Lá você encontrará exemplos para os comandos Fanuc e Mach 9!

- **Lembre-se** de sempre relaxar um pouco antes de continuar! Isso ajudará no seu desempenho!





LIÇÃO 5

LÓGICA DE REPETIÇÃO

Nesta lição vamos estudar a lógica de repetição para o fresamento!

As seqüências repetitivas na programação podem ser feitas na forma de sub-rotinas. As sub-rotinas visam diminuir o número de sentenças programadas por meio da otimização das linhas programadas. Mas o que isso quer dizer?

Para a programação de uma sub-rotina são utilizadas as funções auxiliares “H” “E” e “L” . É por meio da programação com o uso dessas funções que os programas se tornam otimizados. Veja em detalhes cada uma das funções a seguir para entender melhor.

FUNÇÃO H – DESVIO INCONDICIONAL/ CHAMADA DE SUB-ROTINA

A função H (formato H4) instrui o controle a desviar para o bloco que tem um número de seqüência (função N) igual ao da função H. O controle executa os blocos começando pelo número do bloco especificado juntamente com a função H e continua até encontrar um M02 ou o último bloco da sub-rotina especificado pela função E.

FUNÇÃO E – FIM DE UMA SEQÜÊNCIA/FINAL DE SUB-ROTINA

A função E (formato E4) especifica o bloco final da sub-rotina. O último bloco da sub-rotina a ser executado será o anterior ao especificado pela função E.



FUNÇÃO L – REPETIÇÕES DE BLOCO

A função L (formato L3), num bloco de dados, faz com que o bloco seja executado L vezes. A função L pode ter um valor de 0 a 255.

Você estudou as funcionalidades das funções utilizadas para a sub-rotina. Mas e agora? Como essas linhas são programadas? Veja alguns exemplos de repetição.

PARA REPETIR MOVIMENTOS DE EIXOS

G01 X-25. L4

Essa linha de programação faz com que a máquina CNC assuma o modo incremental (G91) e execute um movimento de 25 mm. E, nesse caso, na direção negativa de X num total de quatro vezes.

PARA REPETIR UM SUBPROGRAMA

P5 L4

Essa linha executa o programa número 5 e repete a operação quatro vezes.

PARA REPETIR UMA SUB-ROTINA

H100 E200 L4

Veja que nesse caso, a máquina CNC executa uma sub-rotina do bloco N100 até o bloco N200 num total de quatro vezes.

- **Observações:** aconselhamos que a programação inicial da sub-rotina seja no modo incremental. Isso





quer dizer que a programação da sub-rotina poderá estar em qualquer ponto do programa, ou seja, no início, no meio ou no fim. Não importa em qual ponto esteja, pois no ato do desvio da programação, por meio da função “H” o comando iniciará a execução da sub-rotina.

- **Atenção:** ao finalizar a sub-rotina pela função “E”, a execução do programa volta para a sentença imediatamente posterior.

Se a sub-rotina for programada sem a função “L”, o comando executará apenas uma vez sua execução.

Após todas essas abordagens colocadas, veja um exemplo prático do fresamento utilizando o **comando Mach9**.

Este exemplo tem como objetivo do programa aplicar G0, G01, G02 e G03 somente como **perfil final de acabamento**. Com isso, aplicamos as funções “H, E, L” na montagem da sub-rotina de desbaste do perfil. Observe atentamente e veja como ficou:

Exemplo:

PROGRAMA DE USINAGEM:
DESENHO DA PEÇA:

```
G99
G90
G71
G17
N1T01 M06 ; FRESA_10_MM
O01 S2000 M03
G0 X -10. Y - 10.
Z10.
G1 Z 0
F1000 M8
```



N80 ; (Bloco inicial da sub-rotina).

G1 z – 4. F500 ; (Penetração incremental).

G42 ; (Compensação à direita).

G1 Y0 F300

X 88.

G3 X 100. Y 12. I 88. J 12.

Y 30.

G2 X 85. Y 45. I 100. J 45.

Y 55.

G3 X 70. Y70. I 70. J 55.

X 10.

G3 X 0 Y 60. I 10. J 60.

Y – 10.

G40 ; (Descompensação).

G1 X – 10. M9

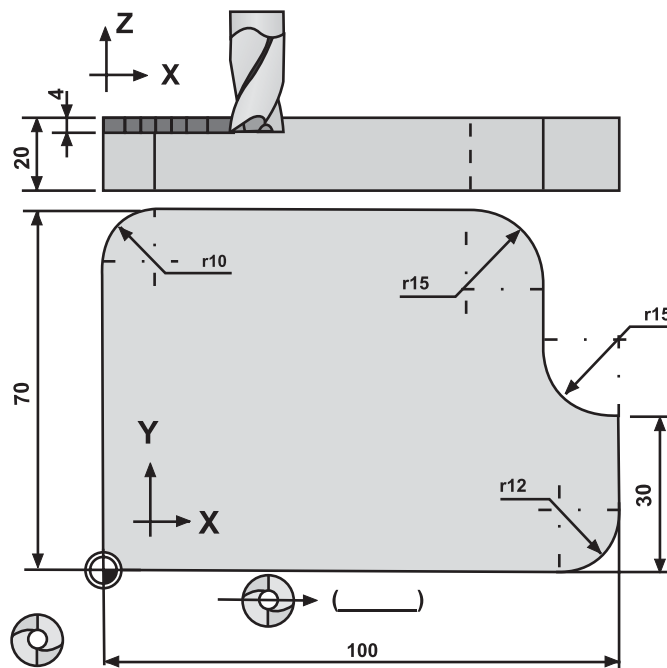
N90 ; (Bloco final da sub-rotina).

H 80 E90 L4 ; (Sub-rotina).

G0 Z 10.

G0 Z200. M5

M30





Agora que você viu um programa com o comando Match9, deve estar se perguntando como funciona com um comando Fanuc. Vamos ver?

Para a lógica de repetição utilizando o comando Fanuc, emprega-se sub-programa conforme exemplo abaixo:

(SUBPROG.)

G91

G1 Z-1

G90

G0 X-20 Y-20

G41 X0 Y0 D1

X0 Y50

X100 Y50

X100 Y0

X0 Y0

G40 G0 X-20 Y-20

M99

(PROG. PRINCIPAL)

G99 G90 G17 G21 G54

G53 Z-110 H0

T1 M6

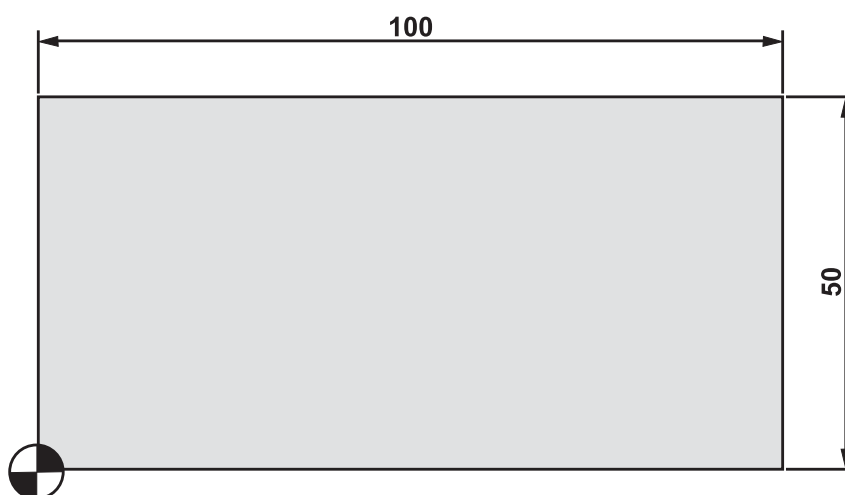
M3 S4000

G0 X-20 Y-20

G43 G0 Z5 H1

G1 Z0 F1000 M8

M98 P00100064





A linha de programação P00100064 refere-se ao seguinte:

- 0010 = número de repetições do ciclo;
- 0064 = número do programa na máquina na qual está inserido o sub programa.



Você passou da metade do último desafio a distância do curso. Parabéns! Caso esteja atrasado nos estudos, lembre-se de otimizar o tempo.

Agora passe à Lição 6 para revisar ciclos de usinagem e também verificar como esses ciclos funcionam no fresamento!





LIÇÃO 6

CICLOS AUTOMÁTICOS DE USINAGEM

Nesta lição você verá os dois importantes ciclos de usinagem para o fresamento. Esse conteúdo é necessário para a compreensão dos processos durante a usinagem da peça para o fresamento.

Aproveite para adiantar os estudos!

G81 CICLO DE FURAÇÃO SIMPLES (COMANDO MACH9/FANUC)

A função G81 possibilita a execução de operações de furação simples em que há necessidade de um tempo de permanência da ferramenta parada. Esse ciclo faz uso de uma velocidade de avanço predeterminada para a usinagem (F) e também caso necessário um avanço para a retração da ferramenta (V) até o plano R ($P=0$) ou Z inicial (P^{10}).

Como todo ciclo fixo, G81 é Modal. Ele permanece em efeito até ser cancelado por G80 ou sobreposto por outro ciclo fixo, que atuará automaticamente após um subsequente movimento rápido (G0).

Veja abaixo como construir a sintaxe da programação:

G00 Z.. (Posicionamento Z inicial.)

G81 Z.. (R..) (F..) (V..) (P..) (D..) X.. Y.. # (Ciclo de furação.)

G80 (Cancelamento do ciclo.)



G82 CICLO DE REBAIXAR (COMANDO MACH9)

A função G82 possibilita a execução de operações de alargamento, rebaixamento ou operações de furação em que há necessidade de um tempo de permanência da ferramenta parada. Esse ciclo faz uso de uma velocidade de avanço predeterminado para a usinagem (F) e também, caso necessário, um avanço para a retração da ferramenta (V) até o plano R (P=0) ou Z inicial (P10).

Como todo ciclo fixo, G82 é Modal. Ele permanece em efeito até ser cancelado por G80 ou sobreposto por outro ciclo fixo, que atuará automaticamente após um subsequente movimento rápido (G00).

G00 Z.. # (Posicionamento Z inicial.)

G82 Z.. (R..) (F..) (V..) (P..) (D..) X.. Y.. # (Ciclo de rebaixar.)

G80 # (Cancelamento do ciclo.)

RELEMBRANDO TERMOS PARA ENTENDER AS FUNÇÕES

Veja os significados de cada sintaxe colocada nas funções anteriores e perceba as particularidades dos ciclos automáticos para o fresamento. Mesmo que alguns elementos da sintaxe você já saiba quais são as suas funcionalidades, faça a **revisão** a seguir, na qual também colocamos alguns termos novos.

- Z – profundidade máxima (Z final).
- R – plano rápido (plano de referência para início do ciclo com avanço de usinagem), seu valor é dado em relação ao zero da peça.





- F – avanço de trabalho (velocidade de avanço de usinagem a partir do plano R até a profundidade máxima – Z final).

► **Obs.:** caso “F” não seja programado, o comando assume o valor **default** conforme página de controle (geralmente $F_{default} = 2.500 \text{ mm/min}$).

- V – avanço de saída (velocidade de avanço de retração da profundidade máxima – Z final –, até plano R ($P=0$), ou Z inicial – P^10).

► **Obs.:** caso “V” não seja programado, o comando assume movimento rápido na retração da ferramenta.

- P – retração da ferramenta (se “P” não for programado ou programado com valor igual a zero, a retração se dará até o plano R. Se “P” for programado com um valor diferente de zero – de 1 a 250 –, a retração se dará em velocidade de avanço “V” até o plano R, depois assume avanço rápido até Z inicial).
- D – tempo de permanência em segundos (0,01 a 99,99) da ferramenta parada na profundidade máxima (Z final) antes que ocorra a retração.
- X – coordenada no eixo “X” que será efetuada antes da execução do ciclo (esse movimento pode ser absoluto ou incremental, rápido ou velocidade de avanço, porém somente no modo rápido (G00) o ciclo atuará imediatamente após o movimento, caso contrário o ciclo não atuará).
- Y – coordenada no eixo “Y” que será efetuada antes da execução do ciclo (esse movimento pode ser absoluto ou incremental, rápido ou em velocidade de avanço, porém somente no modo rápido (G00) o ciclo atuará imediatamente após o movimento, caso contrário o ciclo não atuará).

●
O termo **default**, palavra inglesa, é utilizado para significar o valor padrão nesse caso.



Após esta abordagem, é ideal que você continue na próxima lição sem pausar. Caso não seja possível, quando voltar a estudar passe um olhar sobre esta lição antes de seguir direto para a próxima. A Lição 7 é a continuação dos ciclos de usinagem para o fresamento. Bons estudos!





LIÇÃO 7

CICLOS AUTOMÁTICOS DE USINAGEM – CONTINUAÇÃO

Vamos continuar? Nesta lição você vai ver mais duas funções com o comando Mach9 para descarga e roscamento. Caso você esteja começando esta lição e não se lembra da anterior, recomendamos que volte e passe o olhar nos ciclos anteriores. E se você lembra de tudo, siga em frente!

G83 CICLO DE FURAÇÃO COM DESCARGA (COMANDO MACH9)

A função G83 possibilita a execução de operações de furação em que há necessidade de uma retração da ferramenta para quebra e remoção do cavaco. Esse ciclo faz uso de uma velocidade de avanço predeterminada para a usinagem (F) a partir do plano R, e uma velocidade rápida para retração até plano R (P=0) ou Z inicial (P 10).

Como todo ciclo fixo, G83 é Modal. Ele permanece em efeito até ser cancelado por G80 ou sobreposto por outro ciclo fixo, que atuará automaticamente após um subsequente movimento rápido (G00).

G00 Z.. # (Posicionamento Z inicial)

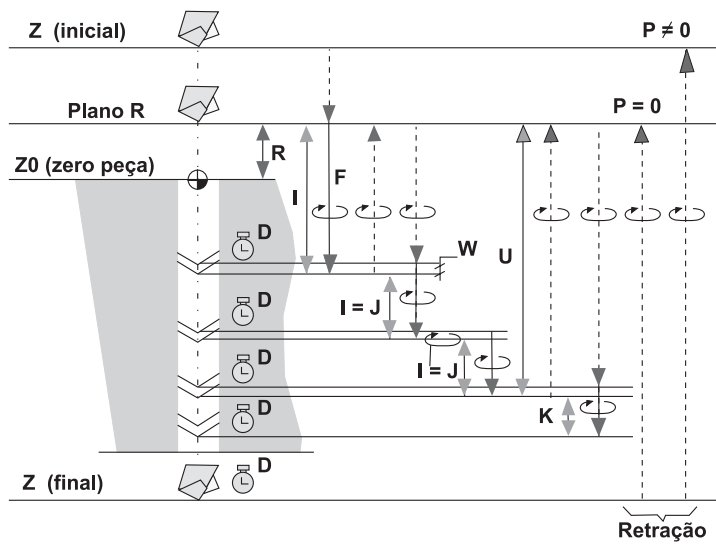
G83 Z.. (R..) (F..) I.. (J..) (K..) (W..) (U..) (P..) (D..) X.. Y.. # (Ciclo de furação)

G80 # (Cancelamento do ciclo)



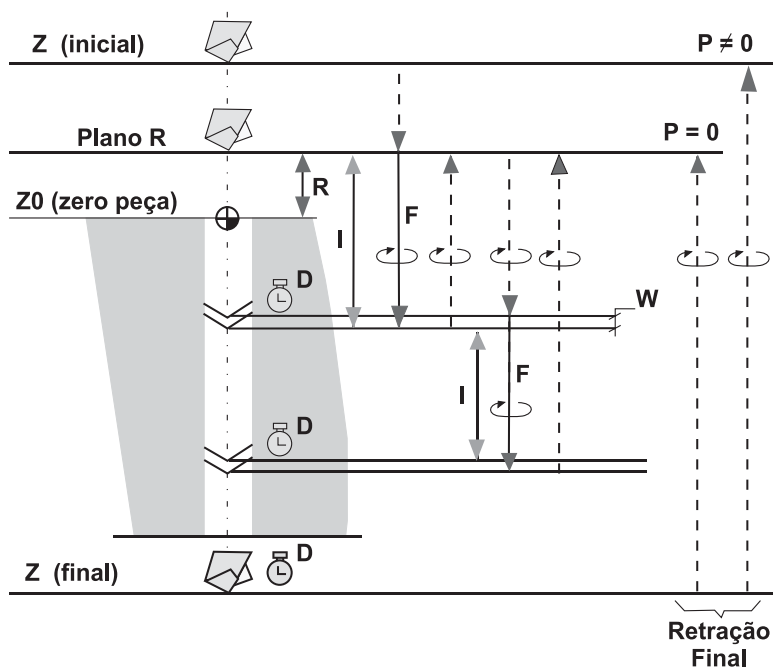


Ilustração com retração simples:



G83 Z.. (R..) I.. (F..) (D..) #

Ilustração com retração para quebra e remoção de cavaco



G83 Z.. (R..) (F..) I.. (J..) (K..) (W..) (U..) (P..) (D..) X.. Y.. #



G84 CICLO DE ROSCAMENTO (COMANDO MACH9)

A função G84 possibilita a execução da operação de roscamento à direita em furos com macho para roscar, utilizando uma velocidade de avanço predeterminada. Ao atingir a profundidade máxima, automaticamente o comando inverte o sentido de giro do eixo-árvore e efetua a retração da ferramenta também em velocidade de avanço até o plano R ($P=0$) ou Z inicial (P^{10}).

Como todo ciclo fixo, Modal, G84 permanece em efeito até ser cancelado por G80, ou sobreposto por outro ciclo fixo, que atuará automaticamente após um subsequente movimento rápido (G0).

G00 Z.. (Posicionamento Z inicial.)

G84 Z.. (R..) (F..) (P..) (D..) X.. Y.. # (Ciclo de roscar com macho.)

G80 (Cancelamento do ciclo.)

Novamente, para entender as funções anteriores, devemos relembrar os termos e suas funcionalidades.

- Z – profundidade máxima (Z final).
- X – coordenada no eixo “X” que será efetuada antes da execução do ciclo (esse movimento pode ser absoluto ou incremental, rápido ou velocidade de avanço, porém somente no modo rápido – G00 – o ciclo atuará imediatamente após o movimento, caso contrário o ciclo não atuará).
- Y – coordenada no eixo “Y” que será efetuada antes da execução do ciclo (este movimento pode ser absoluto ou incremental, rápido ou velocidade de avanço, porém, somente no modo rápido – G00 – o ciclo atuará imediatamente após o movimento, caso contrário o ciclo não atuará).





- R – plano rápido (plano de referência para início do ciclo com avanço de usinagem).
- F – avanço de trabalho (velocidade de avanço de usinagem a partir do plano R até a profundidade máxima – Z final).
- **Obs.:** caso “F” não seja programado, o comando assume o valor *default* conforme página de controle (geralmente $F_{default} = 2.500 \text{ mm/min}$).
- I – valor de primeiro incremento de profundidade a partir do plano R (obrigatório).
- **Obs:** se J e K não forem programados, o valor de “I” será um incremento constante.
- J – valor incremental a ser subtraído do último incremento de profundidade para se obter o próximo incremento de profundidade, até atingir o valor mínimo de profundidade “K”.
- K – valor mínimo de incremento de profundidade, que ao ser atingido permanece em efeito até a profundidade máxima (Z final).
- W – incremento de retração para quebra de cavaco, no sentido positivo de Z.
- **Obs:** se “W” não for programado o comando assume um valor *default* de 1 mm.
- U – Incremento de retração para descarga de cavaco até o plano “R”.
- P – retração da ferramenta (se “P” não for programado ou programado com valor igual a 0 (zero), a retração se dará até o plano R. Se “P” for programado com um valor diferente de zero – de 1 a 250 –, a retração se dará em velocidade de avanço rápido até Z inicial).
- D – tempo de permanência em segundos (0,01 a 99,99) da ferramenta parada na profundidade máxima (Z final), antes que ocorra a retração.





Você finalizou esta lição!



Você está quase ao fim desse desafio e desta etapa a distância do curso. A próxima lição será a última e abordará a **compensação do raio de corte**. Ao finalizá-la, realize suas atividades.

► **Lembre-se**, caso você tenha alguma dúvida relacionada ao conteúdo desta lição ou outro anterior, vá ao Ambiente Virtual de Aprendizagem e envie para o seu tutor a sua pergunta pelo “Tira Dúvidas”.



LIÇÃO 8

COMPENSAÇÃO DO RAIOS DE CORTE

Você chegou à última lição desta etapa a distância do curso! Após cumprir esta lição você estará pronto para praticar nas aulas presenciais do Desafio 5.

Assim como você também estudou em lições do Desafio 3, esta lição fará com que você conheça a aplicação da compensação de raio de ferramenta em um programa CNC, mas, neste desafio, você verá isso para o fresamento. Ou seja, você conhecerá algumas funções essenciais no fresamento para a compensação. Descubra como elas são utilizadas.

FUNÇÕES G40, G41 E G42

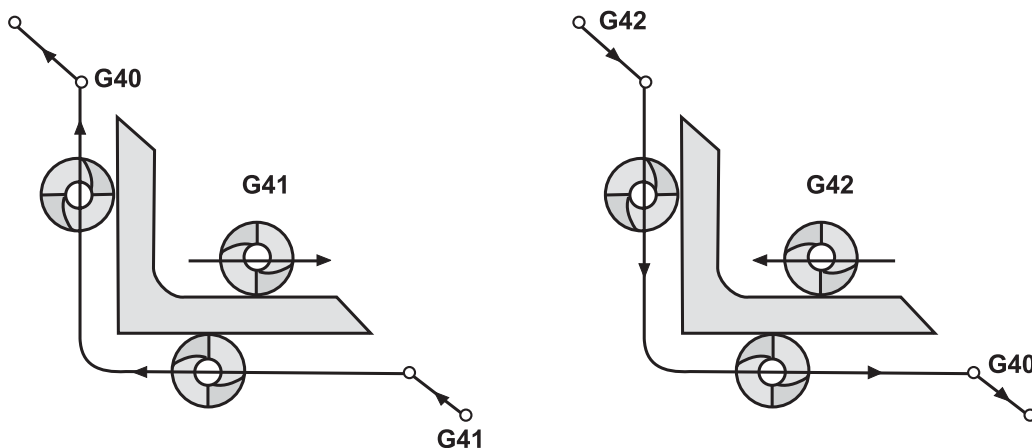
Aplicação: compensação de raio de ferramenta.

A compensação de raio de ferramenta permite corrigir a diferença entre o raio da ferramenta programado e o atual, por meio de um valor inserido na página de corretor de ferramenta.

Veja a explicação de cada função:

- G40 = desligar a compensação de raio da ferramenta;
- G41 = ligar a compensação de raio da ferramenta, quando a mesma trabalha à esquerda do perfil;
- G42 = ligar a compensação de raio da ferramenta, quando a mesma trabalha à direita do perfil.





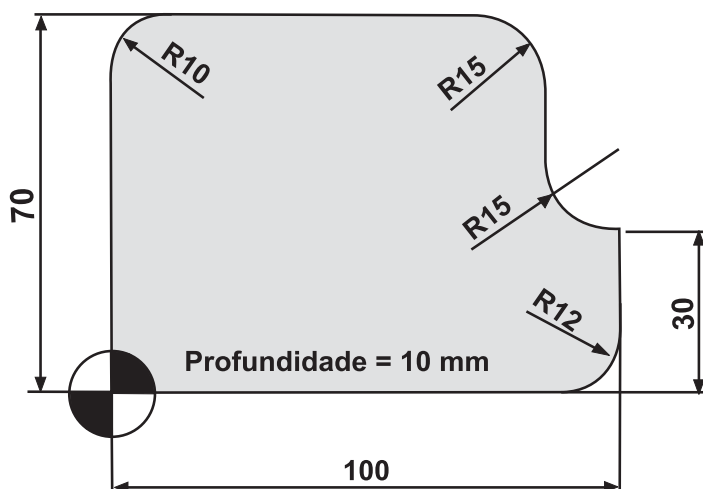
Para o cálculo dos percursos da ferramenta o comando necessita das seguintes informações: **T** (número da ferramenta) e **O** (número do corretor).

Para ligar ou desligar a compensação de raio da ferramenta G40, G41 ou G42 é preciso programar um comando de posicionamento com G0 ou G1, com movimento de pelo menos um eixo (preferencialmente os dois).



Vamos ver um último exemplo?

Veja a ilustração a seguir e os respectivos dados para cálculo:



Dados para cálculo:

- fresa diâmetro = 12 mm;
- Z = 4 dentes;
- VC = 50 m/min;
- fz = 0,07 mm.



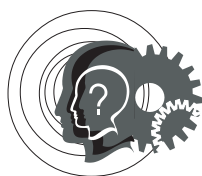
O programa em comando Mach9 fica como a seguir:

```
EXE01 (Comando Mach9)
N10 ; ACABAMENTO
G99
G90
G17
G71
G0 Z200.
T1 M6 ; FRESA DE DIÂMETRO 12
O1 S4000 M3
N60 G0 X-20. Y-20.
G0 Z5.
N70 G1 Z-10. M8 F370
N90 G42
N100 G1 X0. Y0.
G1 X88. Y0.
G3 X100. Y12. I88. J12.
G1 X100. Y30.
G2 X85. Y45. I100. J45.
G1 X85. Y55.
G3 X70. Y70. I70. J55.
G1 X10. Y70.
G3 X0. Y60. I10. J60.
G1 X0. Y0.
G40
G0 X-20. Y-20.
G0 Z200. M9
M5
M30
```

Chegou quase no fim? Então é hora de testar seus conhecimentos.

Pratique o que você estudou realizando as atividades abaixo, pois elas lhe auxiliarão a responder as perguntas de avaliação que se encontram no Ambiente Virtual de Aprendizagem deste desafio.





DESAFIE O SEU CONHECIMENTO!

Preparamos oito questões para que você pratique seu aprendizado! Resolva, e posteriormente vá ao Ambiente Virtual de Aprendizagem, lá você terá acesso às respostas. Vamos lá?

1. Qual é o eixo que normalmente se refere às **medidas na direção vertical** da ferramenta?

2. Para utilizar a programação com o **sistema de unidades em milímetros**, a função no comando Mach9 é G71, já no Fanuc qual é?





3. Qual é a função que é utilizada para **executar uma operação de usinagem de arco no sentido horário**?

4. Onde está localizado o ponto zero da máquina?

5. Escreva a linha de programação que serve para repetir uma sub-rotina utilizando o comando Mach9.





6. Escreva a função que é utilizada na usinagem de uma ferramenta para compensação de raio e que a ferramenta trabalhe à direita do perfil.

7. Quais são as funcionalidades e aplicações da função G17?

8. O fresamento utiliza três eixos, diferente do torneamento que utiliza apenas dois. Cite quais são esses três eixos e aponte qual deles é exclusivo.



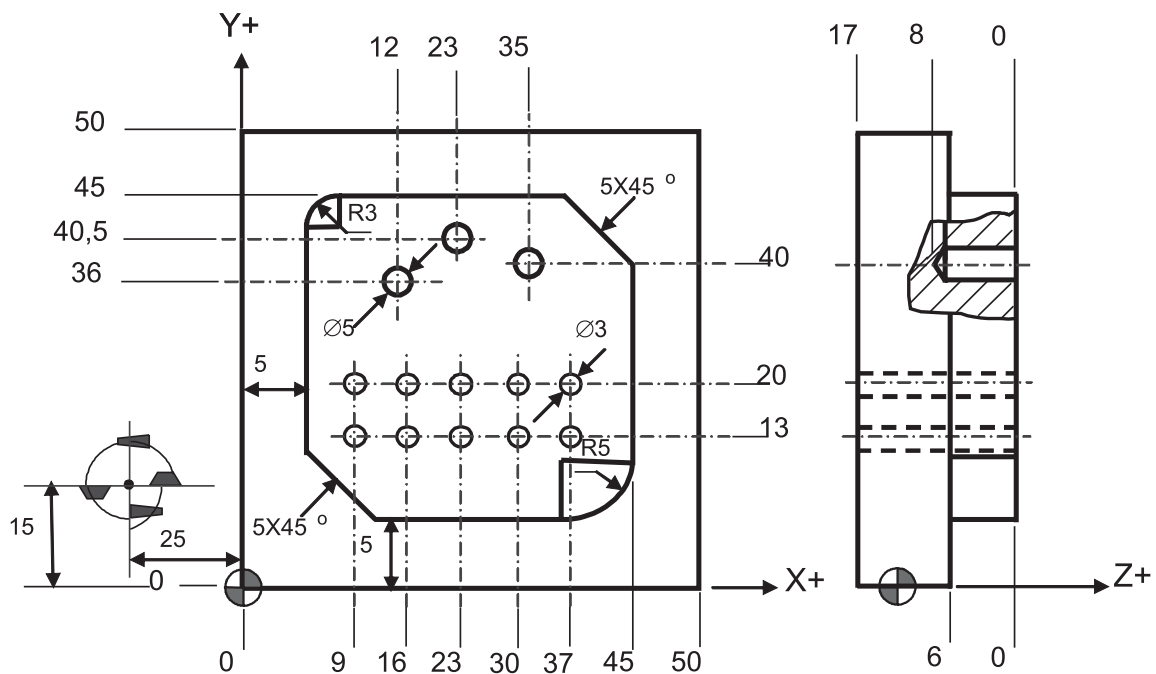
9. Exercício de programação fresa C.N.C.

Ferramentas: T1-Fresa $\varnothing 16\text{mm}$ – 4 cortes / T2-Broca $\varnothing 5\text{mm}$ /T3-Broca $\varnothing 3\text{mm}$.

Sistema de Coordenadas: Absolutas.

Usinagem: em três passes com compensação de raio de corte.

ID, POR FAVOR,
VEJA COM O
AUTOR SE NÃO
HÁ A
NECESSIDADE
DE UM
ENUNCIADO P
ESTE
EXERCÍCIO...



[illegible]



Parabéns por ter completado todas as etapas! Esperamos que as oito lições deste último desafio quatro tenham atingido o objetivo esperado, que é contribuir no seu processo de aprendizagem para sua prática do dia-a-dia.

Faça mais uma visita à Biblioteca do Ambiente Virtual de Aprendizagem e pesquise sobre as curiosidades preparadas para este desafio. Lembrando que para ser um programador competente você deve estar sempre atualizando e aprimorando seus conhecimentos, assim como também deve estar continuamente atento às novidades!

Bons estudos e boa prática para o Desafio 5!





GLOSSÁRIO

Magazine – faz uma função similar à torre do torneamento, só que o magazine é utilizado na máquina do fresamento.

Interpolação – entre um ponto e outro; entre pólos.

Discovery – Modelo de máquinas fabricadas pela ROMI, que serão utilizadas no curso.



BIBLIOGRAFIA

***Manual de Programação e Operação CNC
SIEMENS 810.***

Manual Técnico de Usinagem. Sandvik Coromant

MACHADO, A. ***Comando Numérico aplicado às
máquinas-ferramenta.*** 2 ed. São Paulo: Ícone, 1987.

***Manual de Programação e Operação CNC ROMI
MACH9.***



