

1. Entendimento básico do CNC

FUNDAMENTOS DO **CNC** PARA USINAGEM

Máquina CNC para usinagem é um equipamento eletromecânico computadorizado, que recebe informações em linguagem de máquina via computador próprio. Este irá compila-las e transmiti-las em linguagem decodificada a servo-motores e a outros mecanismos, fazendo, deste modo, com que movimentem eixos ou configurem dezenas de atitudes necessárias para que se fabrique, por meio de usinagem (remoção de material por ferramenta cortante), peças e produtos de baixa à altíssima complexidade, numa sequência prevista e definida pelo programador CNC.

1.1 Composição básica de uma máquina CNC

a. Unidade de entrada de dados

Também conhecido como “*Input unit*”, trata-se do mecanismo responsável por receber os dados dos programas e os apresentar ao computador.

b. Computador

Processador que interpreta o conjunto de instruções contidas no programa CNC e envia as informações decodificadas para servo-motores que vão acionar os eixos (X, Y, Z, A, B, C) da máquina, de forma sincronizada e controlada, para que os movimentos desejados sejam realizados.

c. Mecanismos comandados ou auxiliares

São mecanismos, controladores e equipamentos que serão operados pela linguagem decodificada do processador. São servo-motores, PLC, micro switches, atuadores etc.

d. Máquina ferramenta

Totalmente integrada com o CNC, é a estrutura física da máquina: base, mesa, eixos, fusos, gabinete; sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos e elétricos que em conjunto formam a máquina de usinagem.

1.2 Alguns dos benefícios mais importantes do CNC

a. O primeiro benefício (Automatização)

Em todas as formas de máquinas ferramentas CNC é, sem dúvida, a automatização o benefício principal, pois a intervenção humana relacionada à produção da peça-produto é drasticamente reduzida ou eliminada.

Muitas máquinas CNC podem rodar sem qualquer acompanhamento humano durante um ciclo de usinagem completo, permitindo ao operador tempo livre para desempenhar outras tarefas.

Deste modo, o usuário CNC terá vários benefícios que incluem a redução da fadiga física e mental do operador, menos enganos causados por erro humano, usinagem consistente e em tempo previsível de fabricação para cada produto.

Considerando que a máquina estará sob o controle de um programa computadorizado, o nível de habilidade requerido do operador de CNC relacionado à prática de usinagem é básico; e também bastante reduzido se comparado ao operador de máquinas ferramentas convencionais.

b. O segundo benefício (Precisão e Repetitividade)

A tecnologia CNC faz peças consistentes e precisas, estas máquinas CNC de hoje ostentam precisões incríveis de especificações e também quanto à repetitividade.

Isto significa que uma vez que um programa esteja testado e aprovado, podem ser produzidos dois, dez, ou mil produtos idênticos, facilmente, com precisão e consistência adequadas.

c. O terceiro benefício (Flexibilidade)

Também oferecido pela maioria das máquinas ferramentas CNC é a flexibilidade, desde que estas máquinas estejam sob o controle de programas; pois cortar um produto diferente quase é tão fácil quanto carregar um programa diferente na memória do computador.

Uma vez que um programa tenha sido verificado e executado para produção, poderá ser substituído facilmente por um próximo tipo de peça a ser cortada.

Isto nos leva a outro benefício, o da troca rápida de “*setup*”; estas máquinas são muito fáceis de montar e produzir um produto específico, assim como carregar um novo programa. Sendo assim, minimizam muito o tempo de setup. Em certos casos, quase zeram este tempo quando possuem “*pallets*” para montagem externa.

1.3 Controle de movimento - o coração do CNC

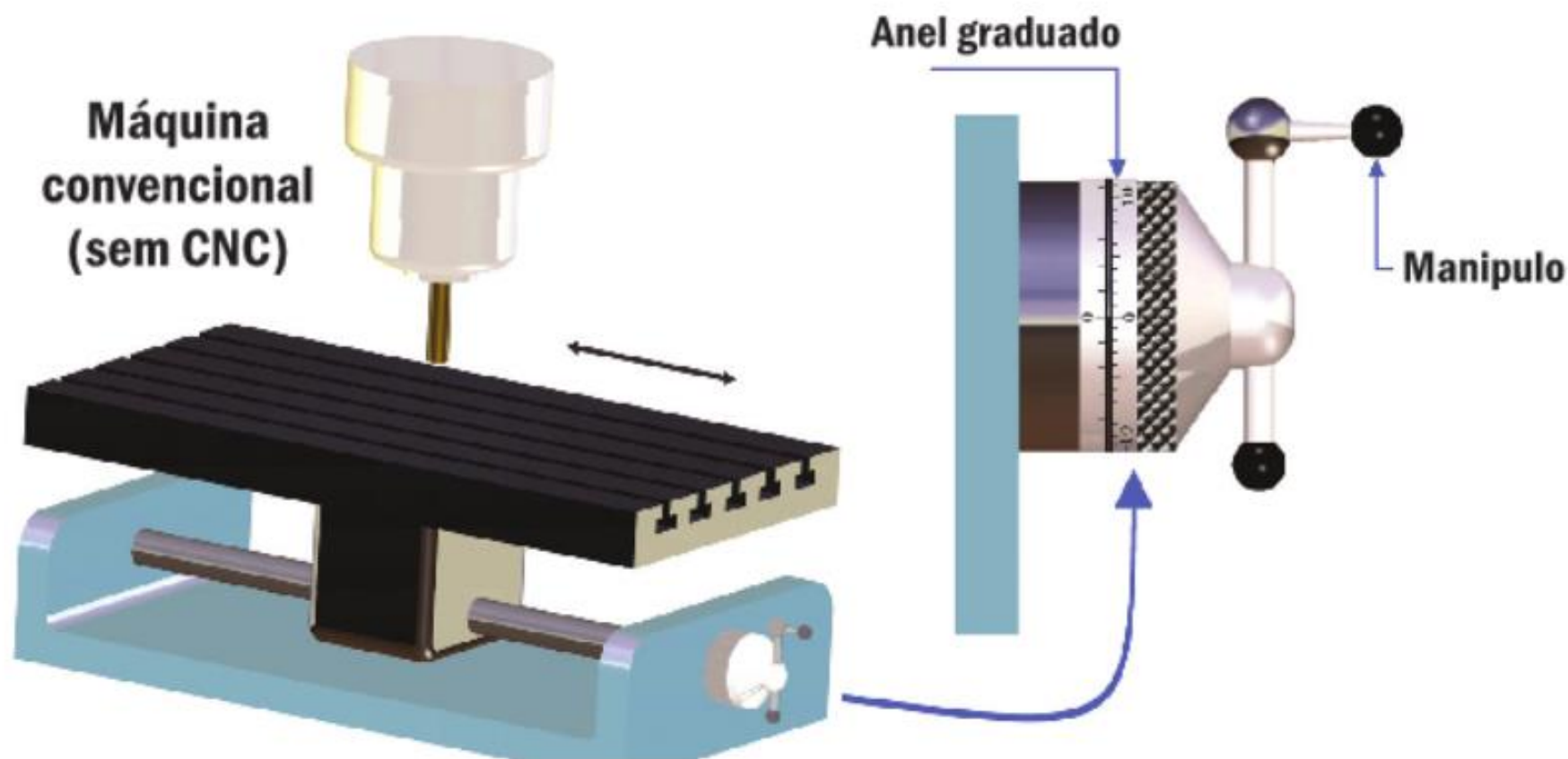


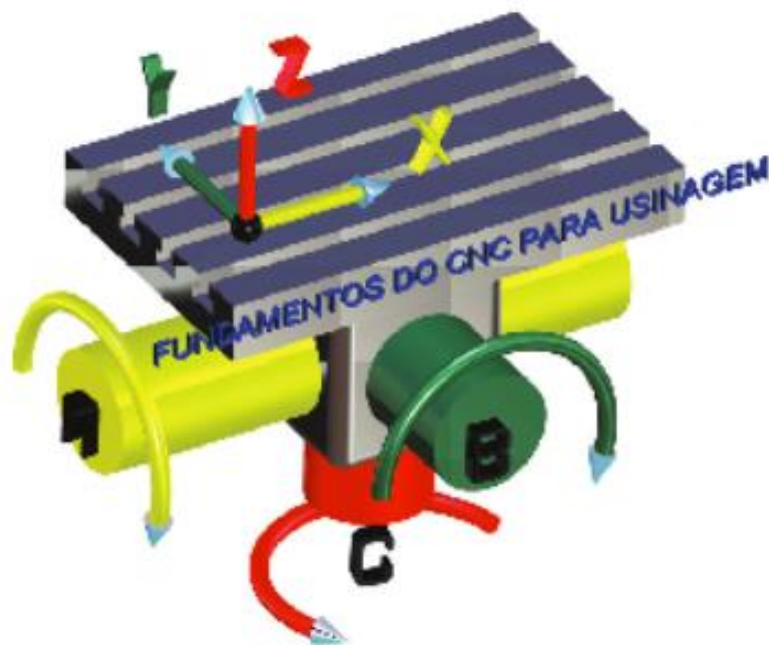
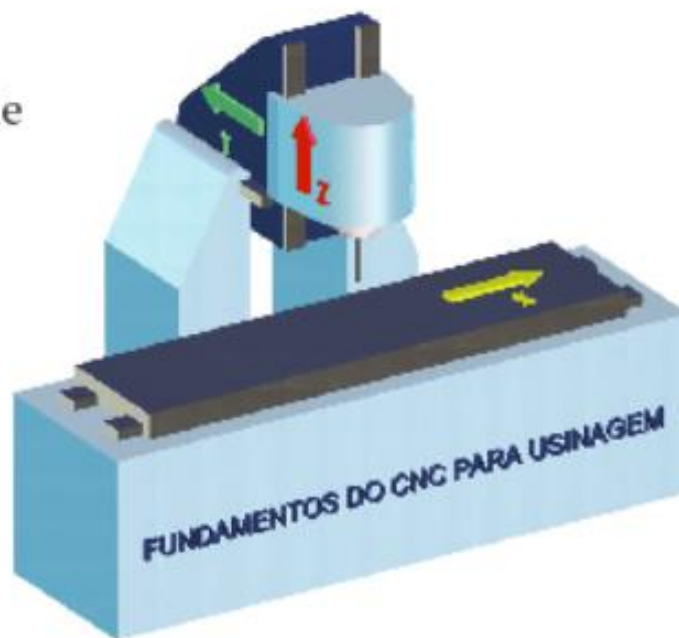
Figura 1.3.1 O movimento de uma mesa de máquina ferramenta convencional é acionado pelo operador que gira uma manivela (manípulo). O posicionamento preciso é realizado pelo operador que conta o número de voltas a ser dada na manivela com graduações no dial (anel graduado), desta forma dependendo exclusivamente da perícia do operador.

1.4 Os dois tipos de eixos mais comuns:

a. Eixos lineares

São eixos dirigidos ao longo de um caminho retilíneo.

Figura 1.4.1 Exemplo de três eixos lineares (X, Y e Z)



b. Eixos rotativos

São dirigidos ao longo de um caminho circular ou angular. A figura ao lado representa os eixos mais comuns encontrados em uma mesa CNC, onde é possível perceber os eixos rotativos A, B e C.

Figura 1.4.2. Exemplo representativo de eixos diversos, incluindo rotativos A, B e C, todos na mesa da máquina.

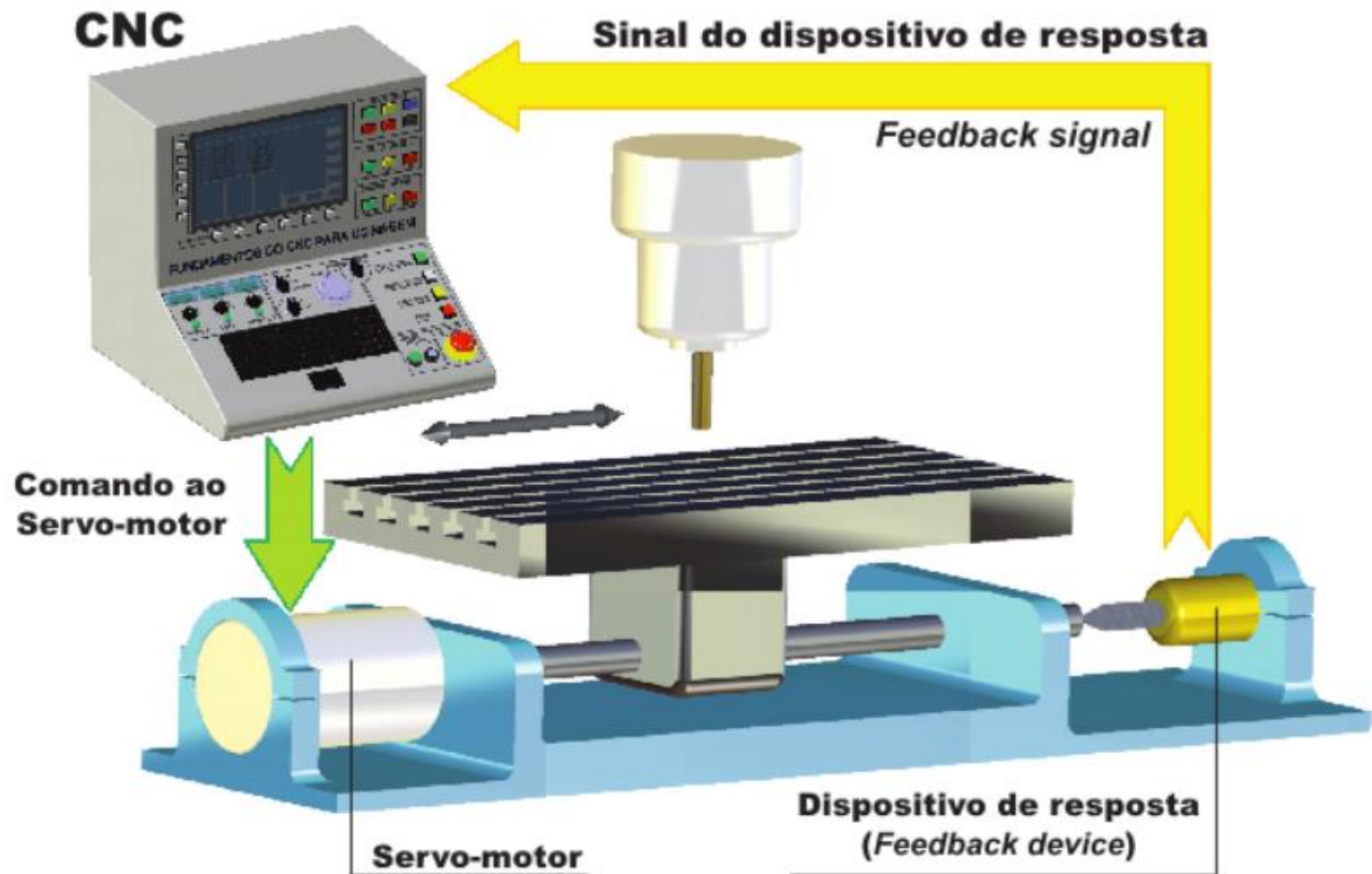


Figura 1.4.3 Uma máquina CNC recebe a posição comandada do programa CNC. O servo-motor é acionado com a quantidade correspondente de giros no fuso de esferas de aço, na velocidade adequada para posicionar a mesa onde foi comandada ao longo de um ou mais eixos lineares ou rotativos no tempo exato definido pela velocidade programada. Um mecanismo de resposta confirma se a quantidade de giros no fuso guia realmente ocorreu ou está ocorrendo.

1.5 Entendendo os sistemas de coordenadas

O lugar onde as linhas básicas verticais e horizontais se encontram é chamado de ponto de origem do gráfico. Para propósitos de CNC, este ponto de origem é chamado pelo programa comumente de ponto zero (também chamado de zero de trabalho, zero peça, origem do programa etc.).

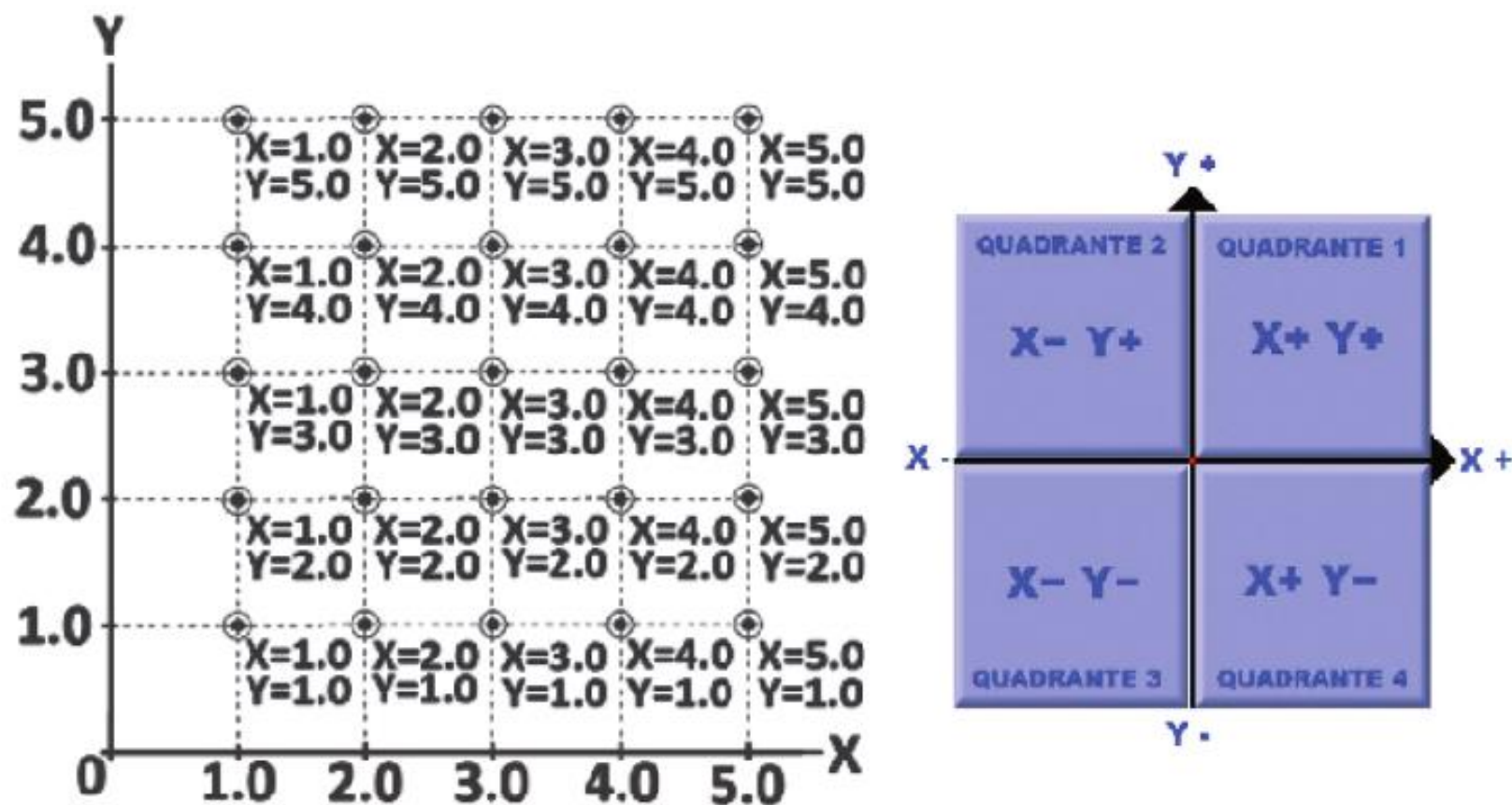


Figura 1.6.1 No sistema de coordenada retangular para o plano XY, o ponto zero do programa estabelece o ponto de referência para movimento comandado em um programa de CNC. Isto permite ao programador especificar movimentos de um local comum. Se o zero de programa for sabiamente escolhido, normalmente podem ser tomadas as coordenadas precisas para o programa diretamente.

1.7 Absoluto versus incremental

É muito fácil identificar o local preciso da ferramenta em qualquer comando dado pelo modo absoluto.

No modo incremental, pode ser muito difícil determinar a posição referencial e atual da ferramenta para um determinado comando de movimento; porém, há situações de trabalho que justificam o uso do modo incremental. Como, por exemplo, em alguns casos quando se trabalha em MDI (Manual Data Input), programando na própria máquina.

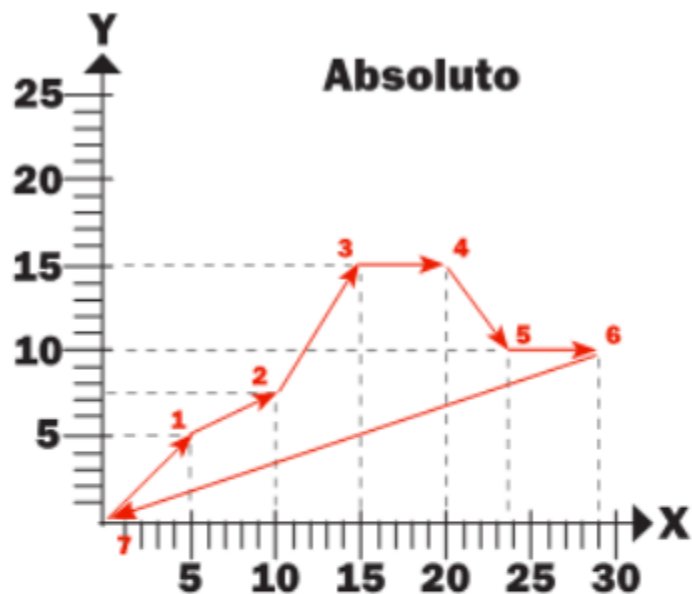
Além de ser muito fácil de determinar a posição atual para qualquer comando, outro benefício de se trabalhar no modo absoluto tem a ver com os enganos ocorridos durante os comandos de movimento.

É importante tomar muito cuidado ao se fazer os comandos de movimento; novatos têm a tendência de pensar em modo incremental. Porém, trabalhando-se no modo absoluto (como é aconselhável), o programador sempre se perguntará: “a que posição a ferramenta deveria ser movida?”. Esta posição é relativa ao zero do programa e não à posição atual da ferramenta.

a. Modo Absoluto - (cujo código G é G90) As Coordenadas dos pontos de todos os movimentos serão especificadas a partir do ponto zero do programa.

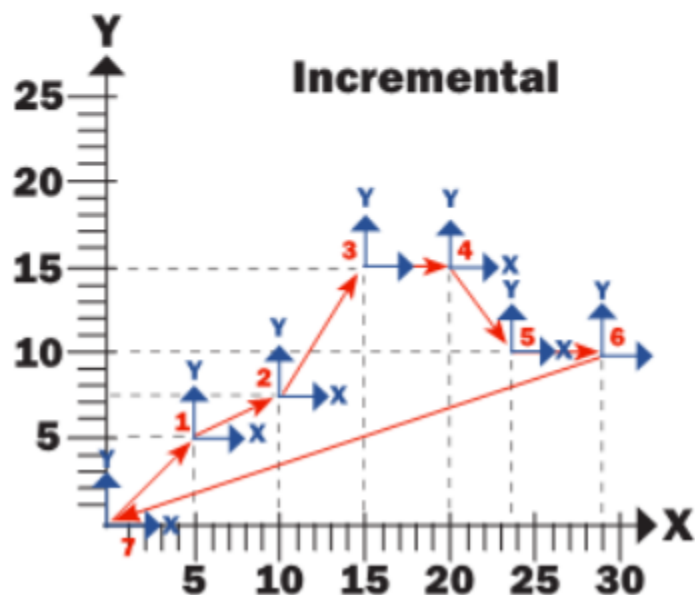
b. Modo Incremental - (cujo código G é G91) O movimento é especificado a partir da posição atual da ferramenta, não do zero do programa.

As próximas figuras explicam os dois conceitos:



Absoluto		
Ponto	Coordenadas	
	X	Y
1	5,00	5,00
2	10,00	7,50
3	15,00	15,00
4	20,00	15,00
5	23,70	10,00
6	29,00	10,00
7	0,00	0,00

Figura 1.7.1 Acima, é possível se entender com facilidade o conceito do modo absoluto.



Incremental		
Ponto	Coordenadas	
	X	Y
1	5,00	5,00
2	5,00	2,50
3	5,00	7,50
4	5,00	0,00
5	3,70	-5,00
6	5,30	0,00
7	-29,00	-10,00

Exemplo de aplicação de G00 e G01.

Exemplo 01 (acabamento)

Dispositivo A

N10 G90 G17 G71 G64

N20 T5

N30 M6

N40 G54 S2000 M3 D1 M8

N50 G0 X0 Y0 Z0

N60 G1 Z-7 F300

N70 X10 Y10

N80 X80

N90 X100 Y40

N100 X80 Y70

N110 X60

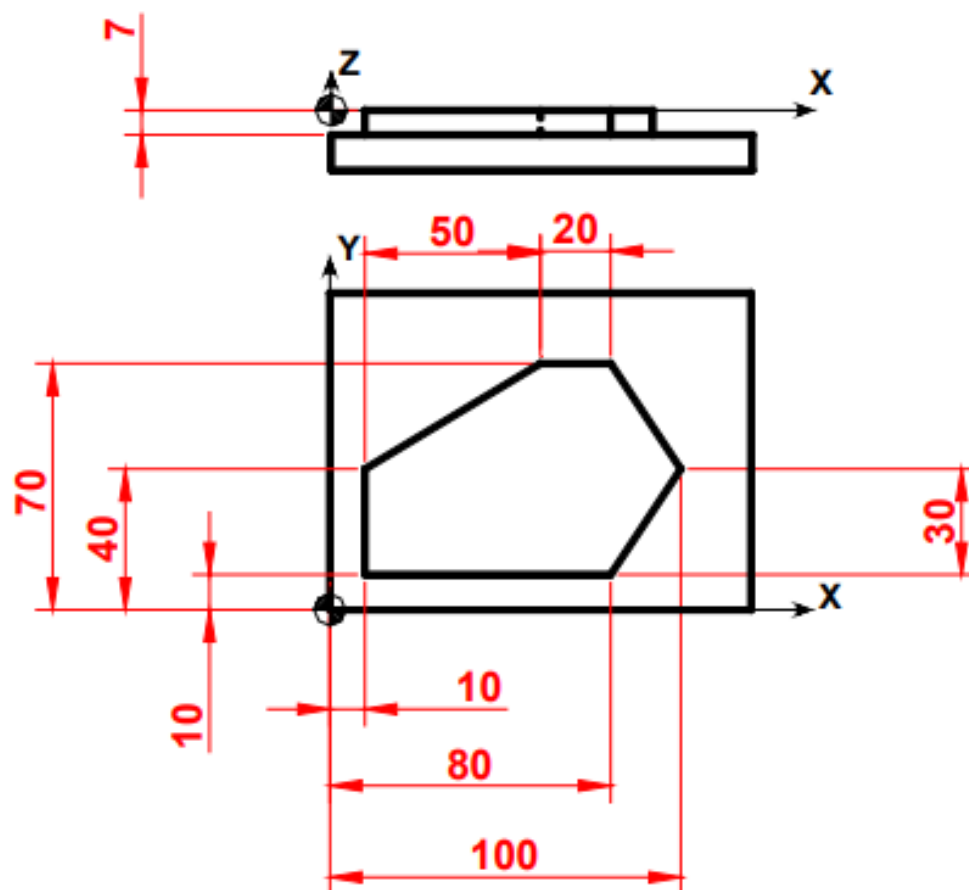
N120 X10 Y40

N130 Y10

N140 G0 X0 Y0

N150 Z200 M5 M9

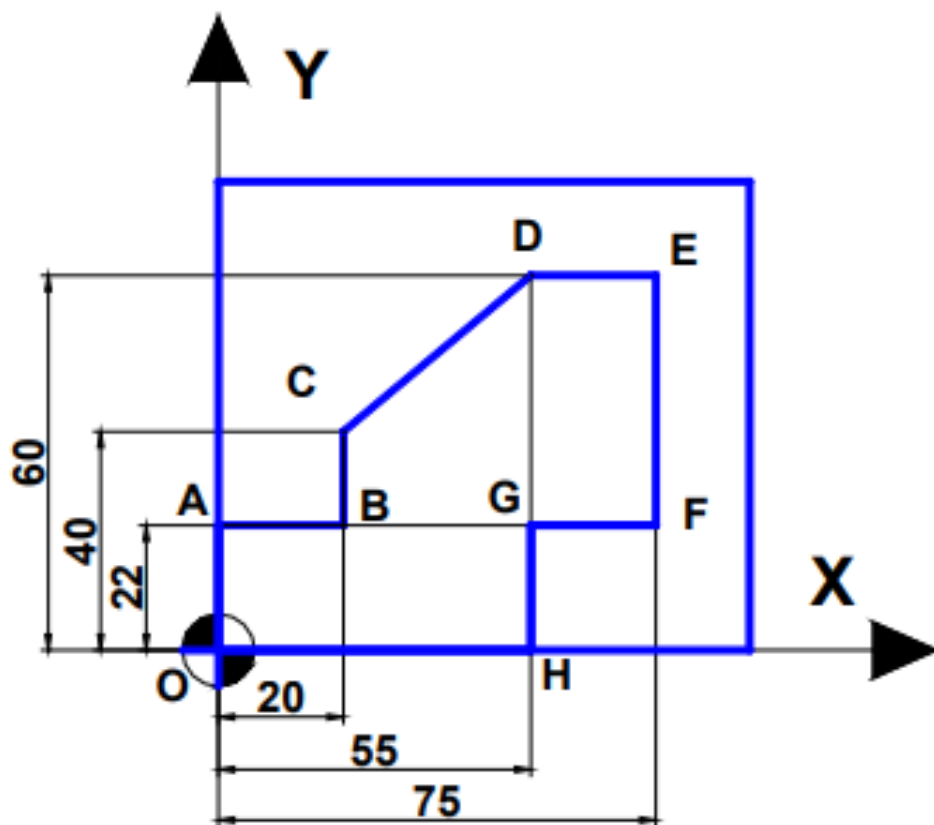
N160 M30



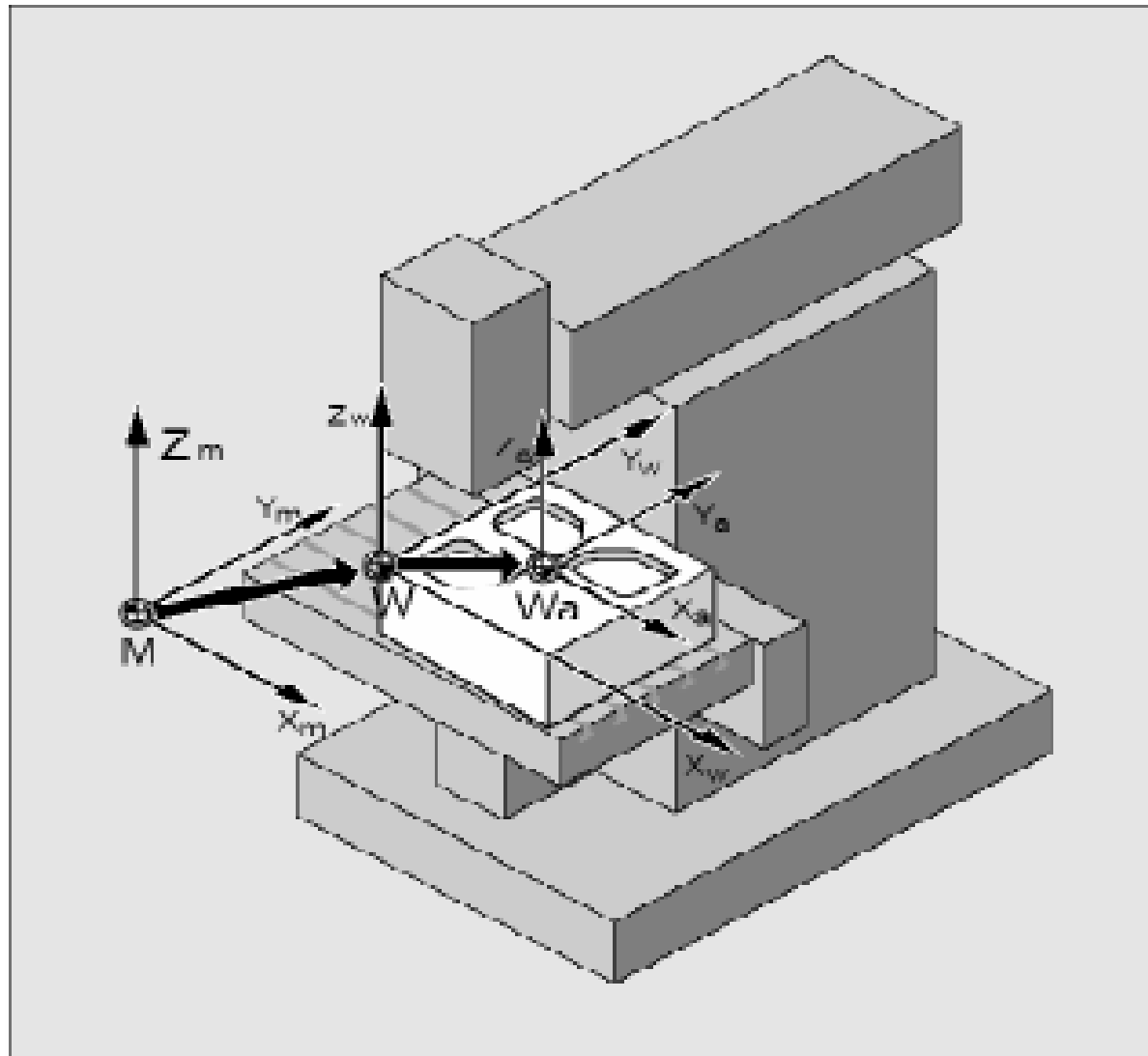
Exercício 01.

Faça o deslocamento, partindo da referência dada, contornando o perfil da peça a seguir utilizando o sistema de coordenadas absolutas.

Ponto	Eixo X	Eixo Y
O		
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
O		



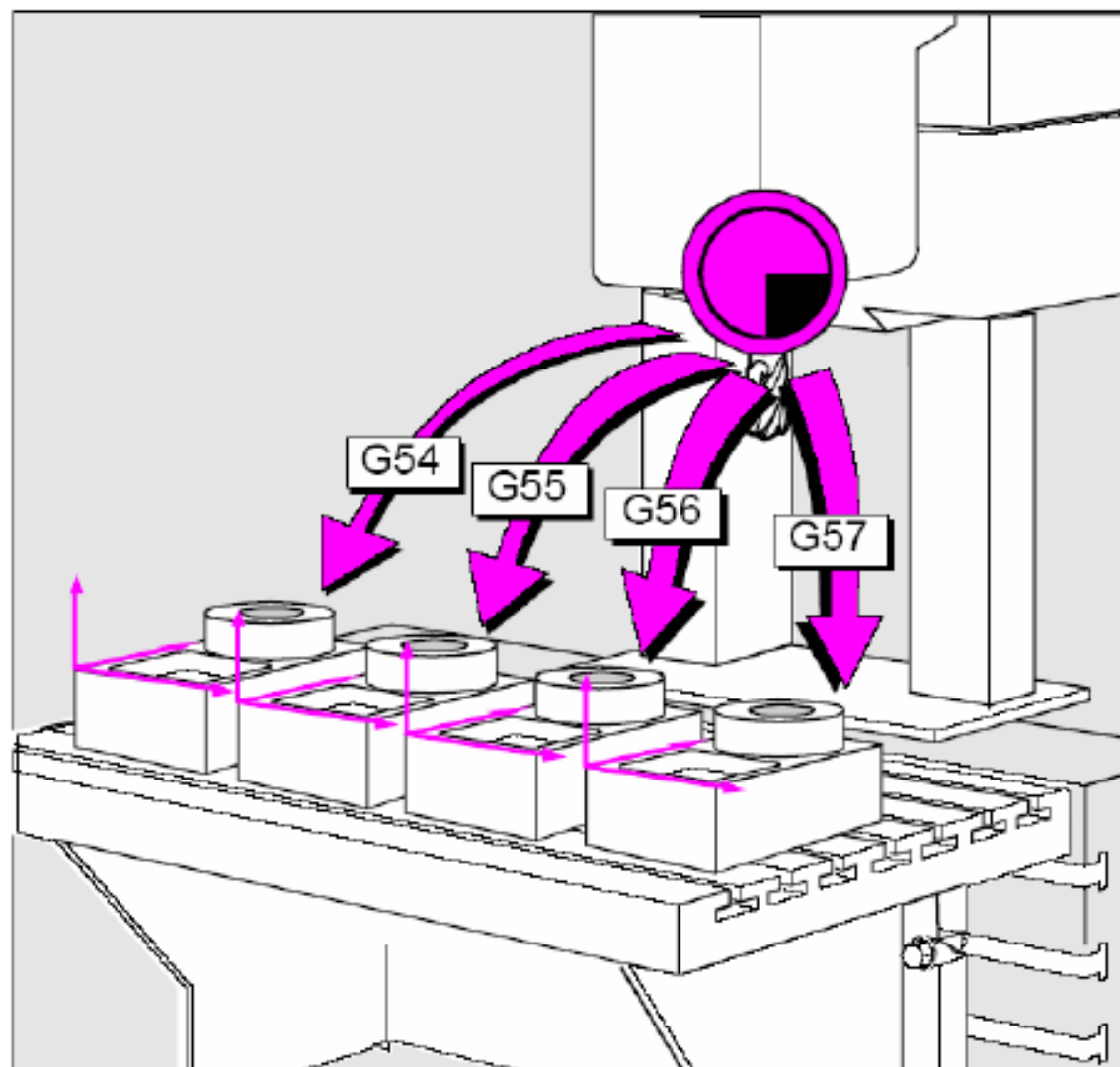
SISTEMA DE REFERÊNCIA DA PEÇA (W)



- ZERO FLUTUANTE
- CONVENIÊNCIA DE PROGRAMAÇÃO

SISTEMA DE REFERÊNCIA DA PEÇA (W)

Alteração do Zero da Peça durante a execução do Programa (offset)



Outras considerações sobre movimentos de eixos

Até aqui, a preocupação principal foi mostrar como determinar o ponto de cada comando de movimento. Como você pode perceber, para tanto foi requerida uma compreensão do sistema de coordenada retangular ou cartesiano.

Porém, há outras preocupações de como um movimento acontecerá. Por exemplo, o tipo de movimento (rápido, interpolação linear, circular etc.), a taxa de avanço também deve ser uma das considerações do programador. Serão discutidas estas e outras questões durante o Fundamento 3.

1.8 O programa CNC

Quase todos os controles CNC, atualmente, usam um único formato de endereço de palavra para se programar em código ou linguagem de máquina. Geralmente, a maioria dos códigos atuais é baseada na norma ISO 1056^r (as poucas exceções para isto são certos controles conversacionais, como, por exemplo, o CNC *Heidenhain*^r e outros. No entanto, o próprio CNC da companhia *Heidenhain* também propicia, nos seus comandos, um modo de programação no formato de código mais universal, como o código G ou código ISO).

Por intermédio deste formato de endereço de palavra, podemos dizer que o programa CNC é feito sobre sentenças de comandos. Cada comando é composto de palavras CNC e cada qual tem seu endereço de letras e valores numéricos.

1.9 Exemplos do Código G padrão ISO 1056

um bloco de programa CNC é composto de uma sequência de palavras CNC;

- a. Lê as palavras do bloco (ou seja, a sentença toda);
- b. Interpreta as palavras do bloco, executando os cálculos pertinentes;
- c. Decodifica as palavras interpretadas em um comando eletroeletrônico ou em código de linguagem interna do CNC;
- d. Envia o comando aos mecanismos executores na máquina CNC;
- e. Aguarda o *feedback* até a finalização do comando dos mecanismos de resposta;
- f. Passa ao próximo bloco.

Nota: um bloco de programa CNC não contém especificamente apenas uma palavra CNC; porém, uma sequência delas que dá sentido ao comando exigido pelo programador naquele bloco específico. Exemplo:

Do bloco de comando → N005 G54 G90 G71 S400 M03

Temos as palavras:

N005	- Identifica a sequência do bloco no programa.
G54	- Solicita que uma origem seja iniciada.
G90	- Diz que o modo é absoluto.
G71	- Diz que as medidas serão mm (sistema métrico).
S400	- Indica a rotação da ferramenta (RPM).
M03	- Diz que o sentido da rotação é horário.

Exemplo de programação G

Blocos de comando	Descrição dos blocos
O0001	Número de Programa (como "Default", o sistema de medidas do programa, em geral, é em polegadas – G70).
N05 G54 G90 G71 S400 M03	Seleciona as coordenadas, sistema absoluto e o fuso deve girar no sentido horário a 400 RPM, no sistema métrico G71.
N10 G00 X100. Y100	Rápido para o local de XY do primeiro furo.
N15 G43 H01 Z10. M08	Inicia a compensação de comprimento de ferramenta; rápido em Z para posição acima da superfície para furar; liga o refrigerante.
N20 G01 Z-5.0 F100	Avance para executar o primeiro furo até Z=-5mm, na velocidade de 100 mm pôr minutos.
N25 G00 Z10	Rápido para fora do furo a Z=10mm.
N30 X200.	Rápido para o segundo furo.
N35 G01 Z-5.0	Avance para o segundo furo.
N40 G00 Z100. M09	Rápido para fora do segundo furo; desliga a refrigeração da ferramenta.
N45 G91 G28 Z0	Retorno posição de referência em Z.

1.10 Palavras de programação CNC

PALAVRAS COM G – o código ISO é conhecido também como Código G, (G01, G02, G03..., a função G vem da expressão “*General Functions*”

A norma ISO padronizou as funções G de 0 a 99, sendo que existem algumas funções que não possuem reserva de funcionalidade; ou seja, os fabricantes de CNC podem usá-las como acharem melhor. Além disto, há fabricantes de CNC que usam G100 ou maior, ou ainda G com um número não natural, por exemplo, G52.1.

PALAVRAS COM M – Também pela norma ISO, o código ou a palavra iniciada com M é muito comum; a letra M vem da expressão “*Miscellaneous Functions*” ou função miscelânea, que pela norma ISO foi padronizada de 0 a 99. Neste caso, também existem algumas funções que não possuem reserva de funcionalidade; ou seja, os fabricantes de CNC podem, do mesmo modo, usá-las como acharem melhor. Em geral, a função M serve para identificar uma atitude do tipo liga ou desliga de algum mecanismo ou função do CNC.

PALAVRAS COM N – A norma ISO sugere que as palavras iniciadas com N identifiquem um bloco de comando (*Block or Line Numberⁱ*), e, por isto, convencionou-se, para facilitar o entendimento do programa CNC, que o mesmo poderia identificar o número da sequência de blocos com uma palavra e uma sequência de número, que seriam os números dos blocos. A letra N é a mais usual nos CNC conhecidos, devido à sugestão da norma ISO. Normalmente, as palavras N têm o seguinte formato: N001; N002; N003... N00N; muitos programadores em vez de uma sequência de 1 em 1 preferem usar de 5 em 5, isto auxilia muito quando se deseja introduzir alguns blocos extras no momento do “*Try-Out*”.

Nota: o primeiro bloco de um programa é usualmente, nos programas em Códigos G, iniciado com a letra “O”; e, tradicionalmente, acrescido de um número que identifica o programa CNC. Por exemplo: **O0123325** no início do programa deve indicar para o usuário, de alguma forma, que o produto usinado com aquele programa está relacionado com o número 123325.

1.11 Outras palavras comuns

a. Palavras de posicionamento

Exemplos: X90.000 para posição de X à distância de 90mm de zero em X; ou Y45.001 para a posição de Y à distância de 45.001mm de zero em Y; ou eixos angulares como A32.000 para o Ângulo de 32 graus do grau zero do eixo A.

b. Palavras Gerais

Exemplos: F450, que identifica um avanço de 450mm por minuto; H01, compensação de altura de ferramenta na posição 1; ou D02, compensação do diâmetro ou raio da ferramenta na posição 2.

Nota: além das palavras antes descritas, existem outras muito conhecidas; porém, para o entendimento melhor de cada uma, é importante a consulta ao manual do fabricante do CNC, pois cada fabricante tem uma formatação exclusiva para estas palavras.

A seguir, uma lista breve de alguns dos tipos de palavras e as especificações de endereço de letra mais comuns (a partir deste capítulo, usaremos os códigos referenciados pela norma ISO 1056).

O - Número de Programa (Identificação do programa)
N - Número de Sucessão (Identificação de linha)
G - Função Preparatória (Veja tabela item 1.15)
X - Eixo X
Y - Eixo Y
Z - Eixo Z
R - Raio
F - Taxa de Avanço
S - Rotação do Fuso
H - Compensação de comprimento da ferramenta
D - Compensação de raio da ferramenta
T - Ferramenta
M - Função miscelânea (Veja tabela item 1.16)

Código G	Função
G00	Posicionamento rápido
G01	Interpolação linear
G02	Interpolação circular no sentido horário (CW°)
G03	Interpolação circular no sentido anti-horário (CCW°)
G04	Temporização ($Dwell^{\circ}$)
G05	Não registrado
G06	Interpolação parabólica
G07	Não registrado
G08	Aceleração
G09	Desaceleração
G10 a G16	Não registrado
G17	Seleção do plano XY
G18	Seleção do plano ZX
G19	Seleção do plano YZ
G20 a G24	Não registrado
G25 a G27	Permanentemente não registrados
G28	Retorna a posição do Zero máquina
G29 a G32	Não registrados
G33	Corte em linha, com avanço constante
G34	Corte em linha, com avanço acelerando
G35	Corte em linha, com avanço desacelerando
G36 a G39	Permanentemente não registrados
G40	Cancelamento da compensação do diâmetro da ferramenta
G41	Compensação do diâmetro da ferramenta (Esquerda)
G42	Compensação do diâmetro da ferramenta (Direita)
G43	Compensação do comprimento da ferramenta (Positivo)
G44	Compensação do comprimento da ferramenta (Negativo)
G45 a G52	Compensações de comprimentos das ferramentas (pouco usado para o fim determinado)
G53	Cancelamento das configurações de posicionamento fora do zero fixo
G54	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (01)
G55	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (02)
G56	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (03)

Código G	Função
G57	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (04)
G58	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (05)
G59	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (06)
G60	Posicionamento exato (Fino)
G61	Posicionamento exato (Médio)
G62	Posicionamento (Grosseiro)
G63	Habilitar óleo refrigerante por dentro da ferramenta
G64 a G67	Não registrados
G68	Compensação da ferramenta por dentro do raio de canto
G69	Compensação da ferramenta por fora do raio de canto
G70	Programa em Polegadas
G71	Programa em metros
G72 a G79	Não registrados
G80	Cancelamento dos ciclos fixos
G81 a G89	Ciclos fixos
G90	Posicionamento absoluto
G91	Posicionamento incremental
G92	Zeragem de eixos (mandatário sobre os G54...)
G93	Avanço dado em tempo inverso (<i>Inverse Time</i> ^r)
G94	Avanço dado em minutos
G95	Avanço por revolução
G96	Avanço constante sobre superfícies
G97	Rotação do fuso dado em RPM
G98 e G99	Não registrados

Nota: Os códigos que estão como "não registrados" indicam que a norma ISO não definiu nenhuma função para o código, os fabricantes de máquinas e controles têm livre escolha para estabelecer uma função para estes códigos, isso também inclui os códigos acima de G99.

1.16 Tabela de códigos M (*Miscellaneous Functions* - ISO 1056)

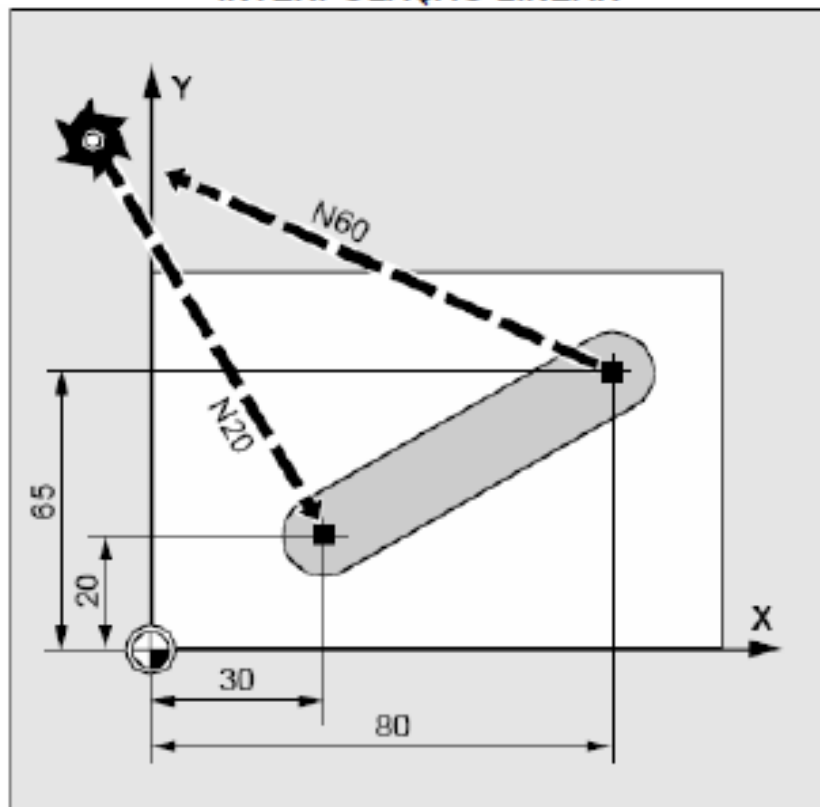
Código M	Função
M00	Parada programa
M01	Parada opcional
M02	Fim de programa
M03	Liga o fuso no sentido horário (CW)
M04	Liga o fuso no sentido anti-horário (CCW)
M05	Desliga o fuso
M06	Mudança de ferramenta
M07	Liga sistema de refrigeração número 2
M08	Liga sistema de refrigeração número 1
M09	Desliga o refrigerante
M10	Atua travamento de eixo
M11	Desliga atuação do travamento de eixo
M12	Não registrado
M13	Liga o fuso no sentido horário e refrigerante
M14	Liga o fuso no sentido anti-horário e o refrigerante
M15	Movimentos positivos (aciona sistema de espelhamento)
M16	Movimentos negativos
M17 e M18	Não registrados
M19	Parada do fuso com orientação
M20 a M29	Permanentemente não registrados
M30	Fim de fita com rebobinamento
M31	Ligando o (<i>Bypass</i> ")
M32 a M35	Não registrados
M36	Acionamento da primeira gama de velocidade dos eixos

1.16 Tabela de códigos M (*Miscellaneous Functions* - ISO 1056)

Código M	Função
M36	Acionamento da primeira gama de velocidade dos eixos
M37	Acionamento da segunda gama de velocidade dos eixos
M38	Acionamento da primeira gama de velocidade de rotação
M39	Acionamento da segunda gama de velocidade de rotação
M40 a M45	Mudanças de engrenagens se usada, caso não use, não registrados.
M46 e M47	Não registrados
M48	Cancelamento do G49
M49	Desligando o <i>Bypass</i>
M50	Liga sistema de refrigeração número 3
M51	Liga sistema de refrigeração número 4
M52 a M54	Não registrados
M55	Reposicionamento linear da ferramenta 1
M56	Reposicionamento linear da ferramenta 2
M57 a M59	Não registrados
M60	Mudança de posição de trabalho
M61	Reposicionamento linear da peça 1
M62	Reposicionamento linear da peça 2
M63 a M70	Não registrados
M71	Reposicionamento angular da peça 1
M72	Reposicionamento angular da peça 2
M73 a M89	Não registrados
M90 a M99	Permanentemente não registrados

Nota: os códigos que estão como "não registrados" indicam que a norma ISO não definiu nenhuma função para o código, os fabricantes de máquinas e controles têm livre escolha para estabelecer uma função para estes códigos, isso também inclui os códigos acima de M99.

INTERPOLAÇÃO LINEAR



N10 G90 S400 M3

;Coordenadas Absolutas,
Rotação, Fuso Horário

N20 G0 X30 Y20 Z2

;Aproximação da Posição de
Início

N30 G1 Z-5 F1000

;Avanço à Profundidade

N40 X80 Y65

;Interpolação Linear

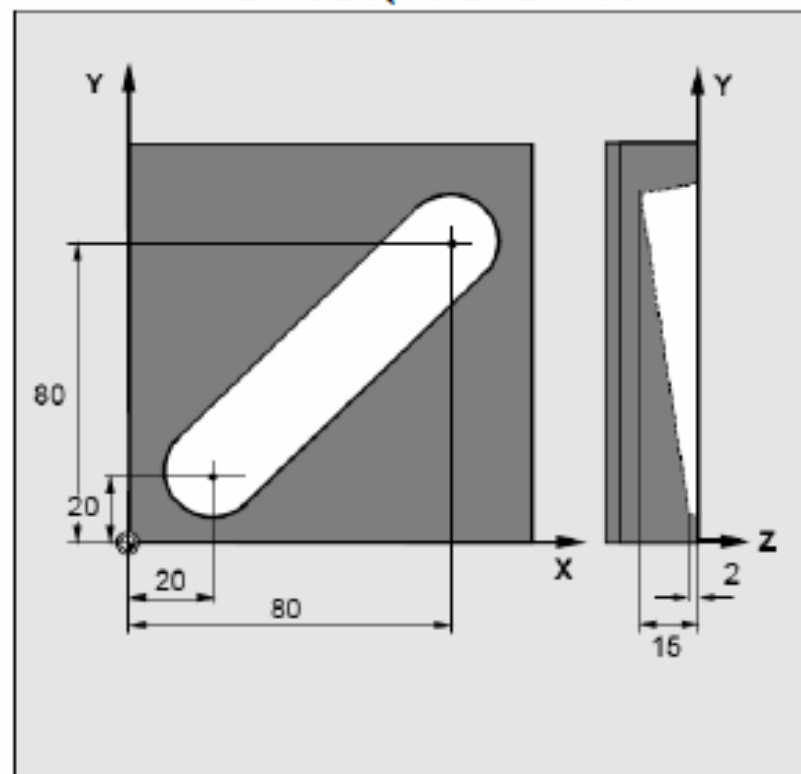
N50 G0 Z2

;Retrai Ferramenta

N60 G0 X-20 Y100 Z100 M30

;Retrai para Troca, Fim de
Programa e Retorno ao Início

INTERPOLAÇÃO LINEAR 3D



N10 G17 S400 M3

;Plano de Trabalho, Rotação,
Horário

N20 G0 X20 Y20 Z2

;Posição de Início

N30 G1 Z-2 F40

;Avanço à Profundidade

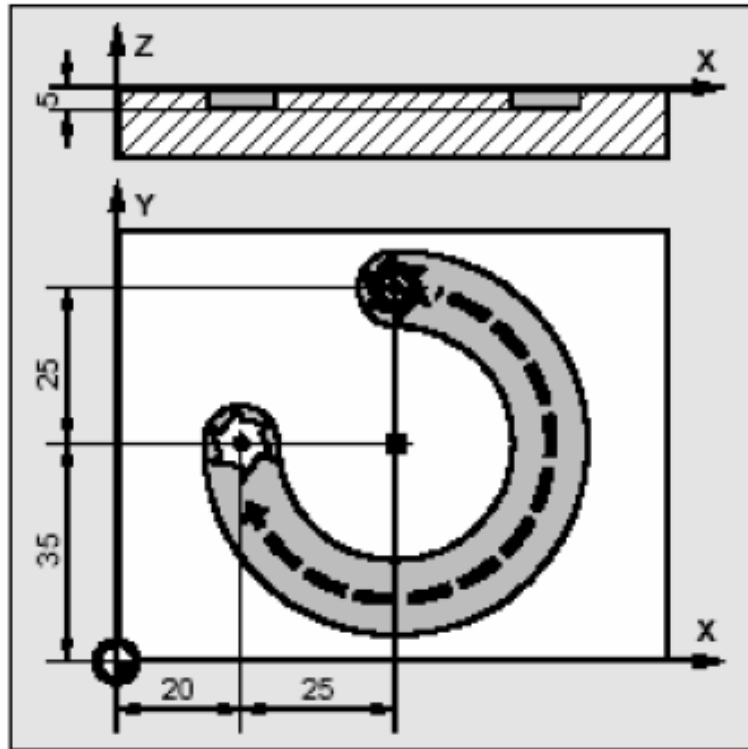
N40 X80 Y80 Z-15

;Trajetória Reta Inclinada em
3 D

N50 G0 Z100 M30

;Retrai para Posição de
Troca, Fim e Retorno

INTERPOLAÇÃO CIRCULAR G02



N10 G90 G0 X45 Y60 Z2 T1 S2000 M3 ; Coordenadas Absolutas, Avanço Rápido, Ferramenta, Rotação, Fuso no Sentido Horário

N20 G1 Z-5 F500 ; Avanço à Profundidade

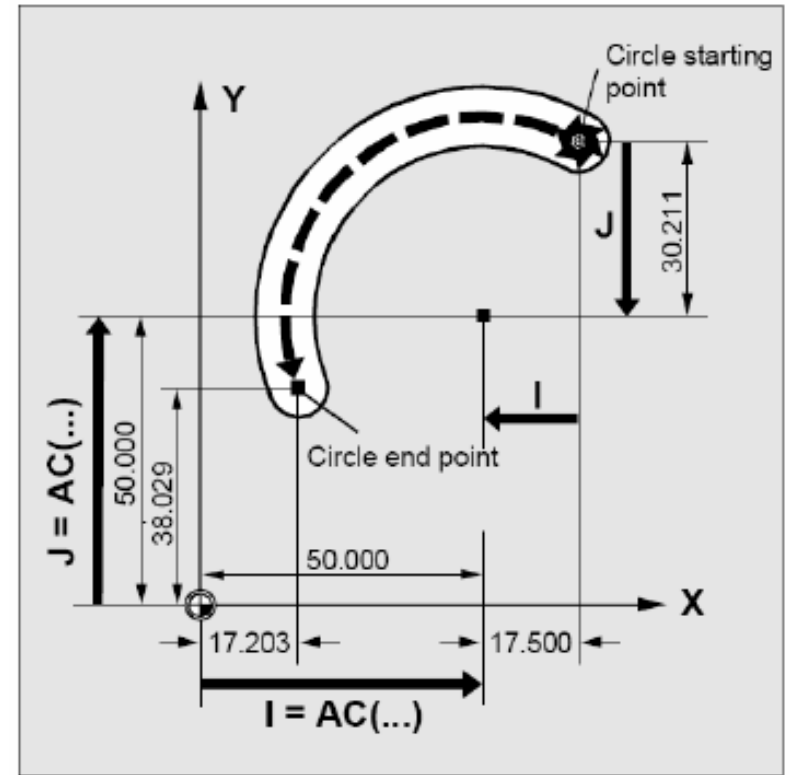
N30 G2 X20 Y35 I=AC(45) J=AC(35) ; Centro em Coordenadas Absolutas ou

N30 G2 X20 Y35 I0 J-25 ; Centro em Coordenadas Incrementais

N40 G0 Z2 ; Retrair

N50 M30 ; Fim do Programa

INTERPOLAÇÃO CIRCULAR G03



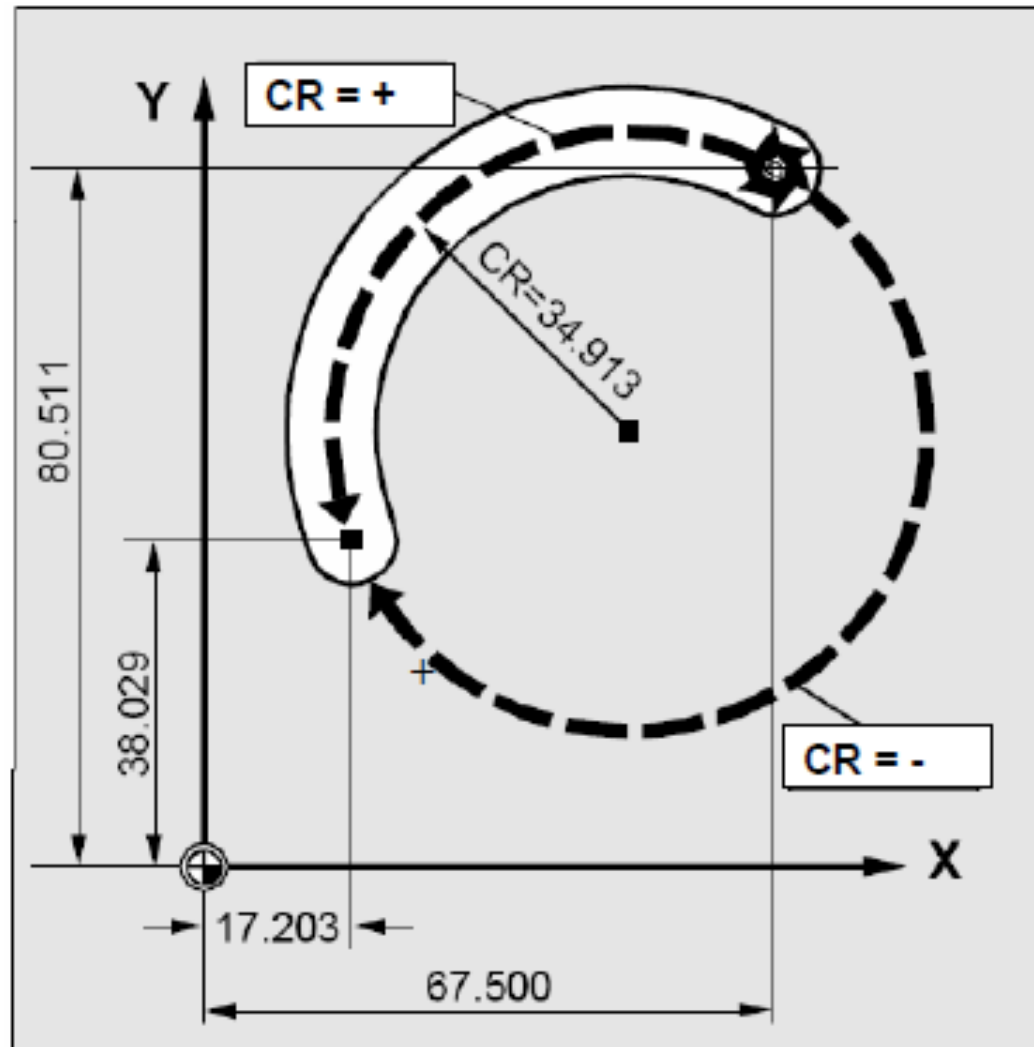
N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 I=AC(50) J=AC(50) F500; absolutas

Ou

N20 G3 X17.203 Y38.029 I-17.500 J-30.211 F500; incrementais

INTERPOLAÇÃO CIRCULAR (Definição do Raio)



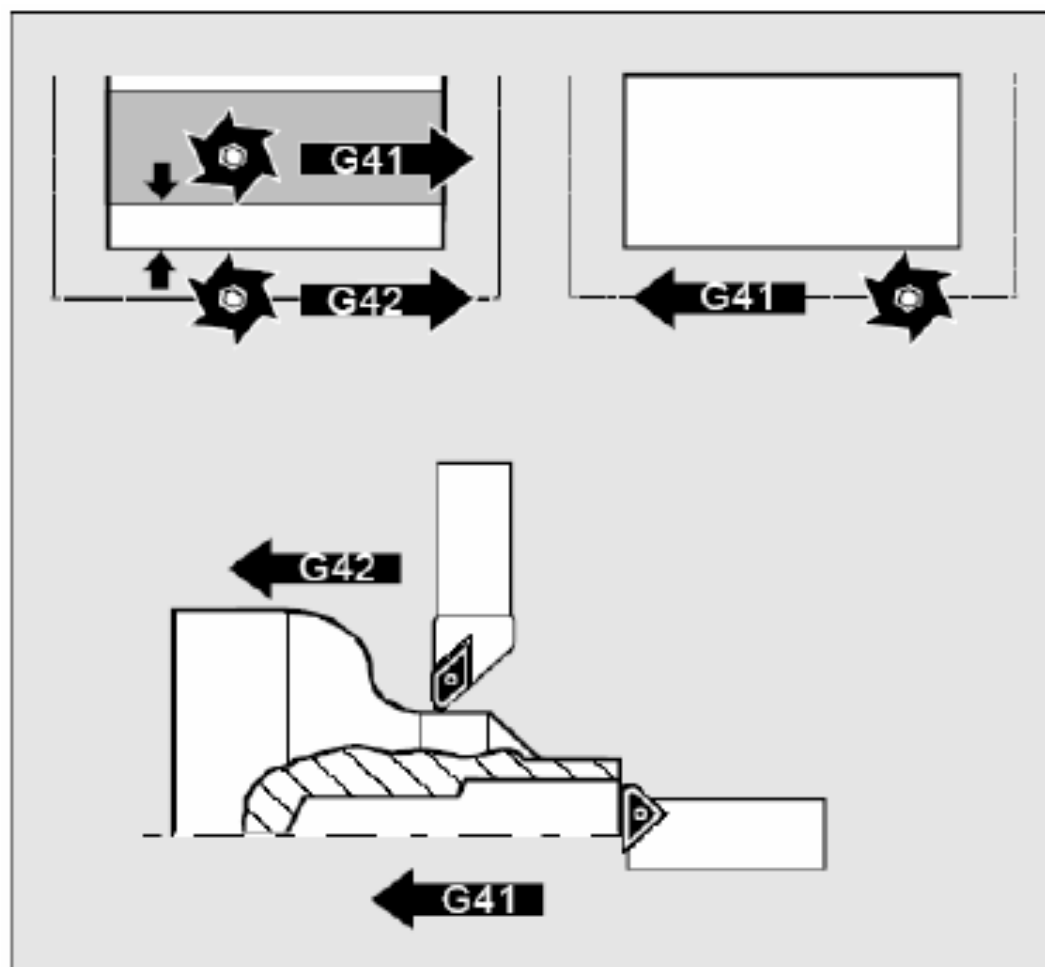
N10 G0 X67.5 Y80.211

N20 G3 X17.203 Y38.029 CR=34.913 F500

Exemplo de programação G

Bloco de comando (linguagem de máquina)	Descrição do bloco
O0002	Número de Programa
N005 G54 G90 S350 M03	Seleciona o sistema de coordenadas, <u>modo absoluto e fuso gira a 350 RPM sentido horário</u>
N010 G00 X <u>- .625</u> Y <u>- .25</u>	Rápido para o ponto <u>1</u>
N015 G43 H01 Z <u>- .25</u>	Ativar a compensação de comprimento da ferramenta, rápido até superfície de <u>trabalho</u>
N020 G01 X <u>5.25</u> F3.5	Máquina em movimento direto para o ponto <u>2</u> , taxa de avanço 3.5 <u>pol/min.</u>
N025 G03 X <u>6.25</u> Y <u>.75</u> R1.0	Movimento circular no sentido <u>ante horário CCW</u> para o ponto 3
N030 G01 Y <u>3.25</u>	Máquina em movimento direto para o ponto <u>4</u>
N035 G03 X <u>5.25</u> Y <u>4.25</u> R1.0	Movimento circular no sentido <u>ante horário CCW</u> para o ponto 5
N040 G01 X <u>.75</u>	Máquina em movimento direto para o ponto <u>6</u>
N045 G03 X <u>- .25</u> Y <u>3.25</u> R1.0	Movimento circular no sentido <u>ante horário CCW</u> para o ponto 7
N050 G01 Y <u>.75</u>	Máquina em movimento direto para o ponto <u>8</u>
N055 G03 X <u>.75</u> Y <u>- .25</u> R1.0	Movimento circular no sentido <u>ante horário CCW</u> para o ponto 9
N060 G00 Z <u>.1</u>	Rápido ao longo do eixo Z
N065 G91 G28 Z0	Vai para o ponto de referência da máquina em Z
N070 M30	Fim de programa, <u>rebobinamento da fita</u>

COMPENSAÇÃO DE RAIO



PERMITE A CORREÇÃO DA TRAJETÓRIA EM
FUNÇÃO DA VARIÇÃO DO DIÂMETRO
PROGRAMADO DA FERRAMENTA SEM ALTERAÇÃO
DO PROGRAMA

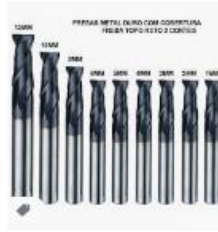
Exemplos de fresas:



Fresa com pastilhas para aplainar e d...
fresascuritiba.com.br · Em estoque



Fresa Dobradiça Forstner é ...
tecnoferramentas.com.br · Em...



Fresa Topo Reto Metal Duro...
microlider.com.br · Em estoque



Fresa Reta Paralela para Tup...
madeirasgasometro.com.br · E...



Fresa para tupa 18x12mm q...
magazineluiza.com.br · Em est...



Fresa para Vinco 90º graus ...
madeirasgasometro.com.br · E...



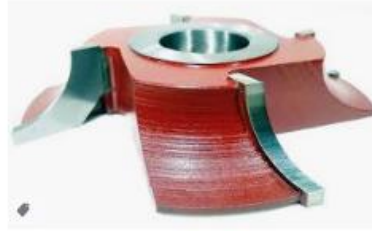
Fresa Topo Reto HSS de 12 mm e 4 Cort...
rizon.com.br · Em estoque



Fresa de Arredondar Raio 1...
lojadomecanico.com.br



Fresa Metal Duro HRC45 Topo Ret...
multicorte.com.br · Em estoque



Fresa Raio Ou Quebra Canto Raio 20mm Para Tupi...
finodofio.com.br · Em estoque



Fresa para Rasgo 'T' 12,5x6mm DIN 851A - Ferramentas G...
fg.com.br · Em estoque



Fresa P/ Dobradiças E Reb...
magazineluiza.com.br · Em es...



Fresa Encaixe para Tupa M...
madeirasgasometro.com.br · ...



Fresa hss de topo reto 6 cort...
worldtools.com.br · Em estoque



Fresa de topo ø 32 x 150mm 4 c...
worldtools.com.br · Em estoque



Fresa para Dobradiça Caneco 2...
leroymerlin.com.br



Fresa Topo Metal Duro 8mm 4 ...
fg.com.br · Em estoque



Fresa Reta 12,7mm com Rolame...
lojadomecanico.com.br

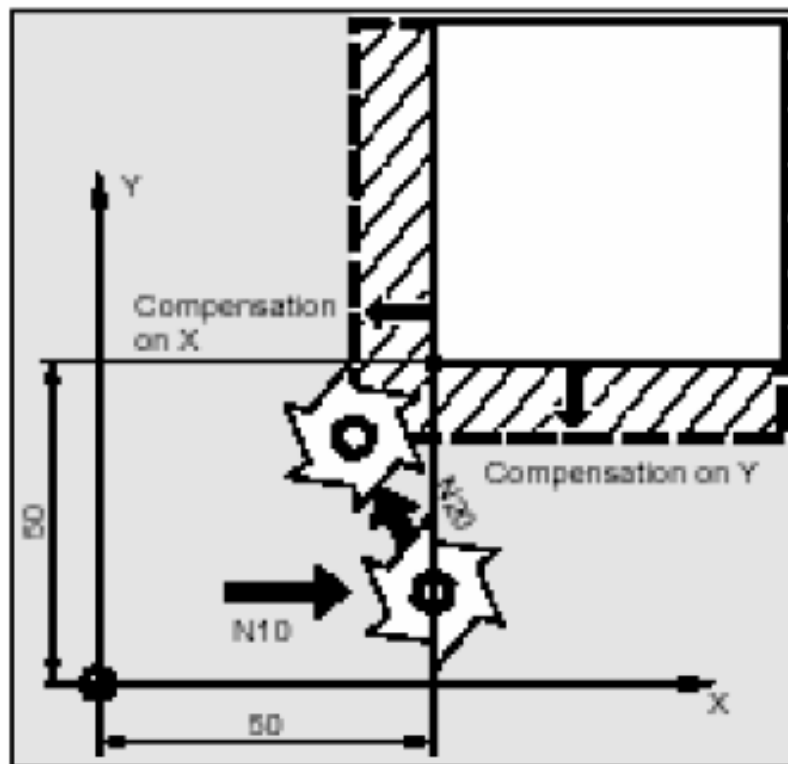


Fresa Paralela Dupla 10mm - Ha...
m.copafer.com.br



Fresa de Ângulo Duplo, Simét...
pivetaferramentas.com.br · Em e...

ATIVAÇÃO DA COMPENSAÇÃO DE RAIO

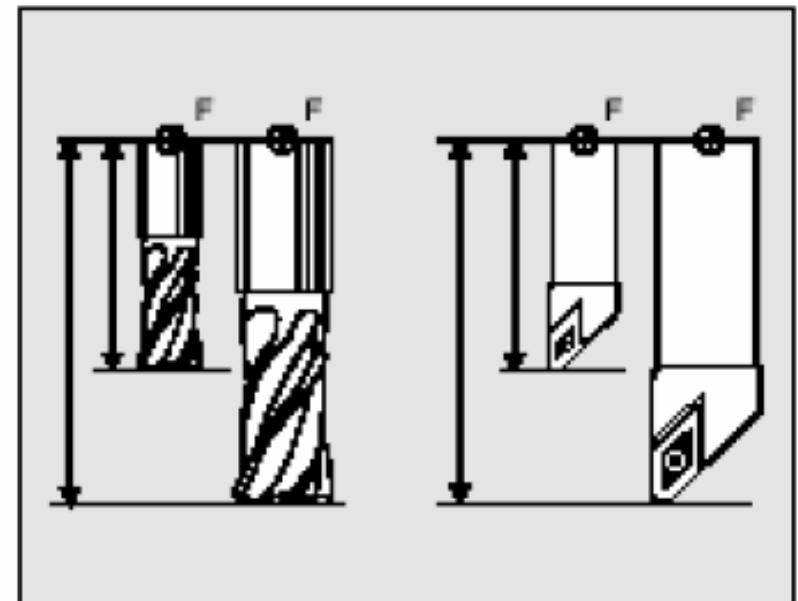


N10 G0 X50 T1 D1

N20 G1 G41 Y50 F200; movimento de ativação

N30 Y100

COMPENSAÇÃO DE COMPRIMENTO



PERMITE A CORREÇÃO DO COMPRIMENTO PROGRAMADO DA FERRAMENTA, EM FUNÇÃO DE UM COMPRIMENTO DE REFERÊNCIA, SEM ALTERAÇÃO DO PROGRAMA

ENTRA EM ATIVIDADE NA CHAMADA DA FERRAMENTA



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PMR 3203 – INTRODUÇÃO À MANUFATURA MECÂNICA
LABORATÓRIOS DE MANUFATURA MECÂNICA

- **PROJETO DA PEÇA FINAL**

- 1- EXECUTAR O PROJETO DA PEÇA FINAL A SER OBTIDA CONSIDERANDO-SE QUE NA ÁREA ASSINALADA, NO PROJETO BÁSICO FORNECIDO, DEVE SER USINADO O NOME DE GUERRA DO GRUPO DE TRABALHO (com 4 letras) **SENDO QUE É OBRIGATÓRIA A UTILIZAÇÃO DE INTERPOLAÇÃO LINEAR E CIRCULAR PARA EXECUÇÃO DAS LETRAS.** FICA A CARGO DO GRUPO A UTILIZAÇÃO ADEQUADA E CRIATIVA DO ESPAÇO INDICADO.

- **FABRICAÇÃO DA CHAPA INTERMEDIÁRIA**

- 1 – ANALISAR O PROJETO FINAL DA PEÇA A SER OBTIDA;
- 2 – DEFINIR A SEQUÊNCIA DE PROCESSOS, MÁQUINAS, DISPOSITIVOS DE FIXAÇÃO, FERRAMENTAS E CONFIGURAÇÕES INTERMEDIÁRIAS DA PEÇA;
- 3 – CORTAR A CHAPA NA CONFIGURAÇÃO INTERMEDIÁRIA (CORTE RETANGULAR);
- 4 – FURAR A CHAPA PARA FIXAÇÃO NO DISPOSITIVO DE USINAGEM;
- 5 – INSPECIONAR VISUALMENTE E REMOVER REBARBAS E ARESTAS CORTANTES;
- 6 – INSPECIONAR DIMENSIONALMENTE A CHAPA BÁSICA OBTIDA.

- **USINAGEM DA CHAPA INTERMEDIÁRIA NA MÁQUINA DE COMANDO NUMÉRICO**
 - 1 – PREPARAR O PROGRAMA DE COMANDO NUMÉRICO;
 - 2 – SIMULAR O PROGRAMA PARA VERIFICAÇÃO DE ERROS;
 - 3 – AGENDAR A UTILIZAÇÃO DA MÁQUINA DE COMANDO NUMÉRICO;
 - 4 – USINAR A CHAPA NA MÁQUINA DE COMANDO NUMÉRICO;
 - 5 – INSPECIONAR VISUALMENTE E REMOVER REBARBAS E ARESTAS CORTANTES;
 - 6 – INSPECIONAR DIMENSIONALMENTE A CHAPA BÁSICA DEPOIS DE USINADA.

- **CORTE E DOBRA DA CHAPA INTERMEDIÁRIA PARA OBTENÇÃO DA PEÇA FINAL**
 - 1 – CORTAR A CHAPA BÁSICA NAS DIMENSÕES NECESSÁRIAS;
 - 2 – INSPECIONAR VISUALMENTE E REMOVER REBARBAS E ARESTAS CORTANTES;
 - 3 – INSPECIONAR DIMENSIONALMENTE A CHAPA DEPOIS DE CORTADA;
 - 4 – DOBRAR A CHAPA CORTADA PARA OBTENÇÃO DA PEÇA FINAL;
 - 5 – FAZER RELATÓRIO DIMENSIONAL DA PEÇA FINAL OBTIDA;

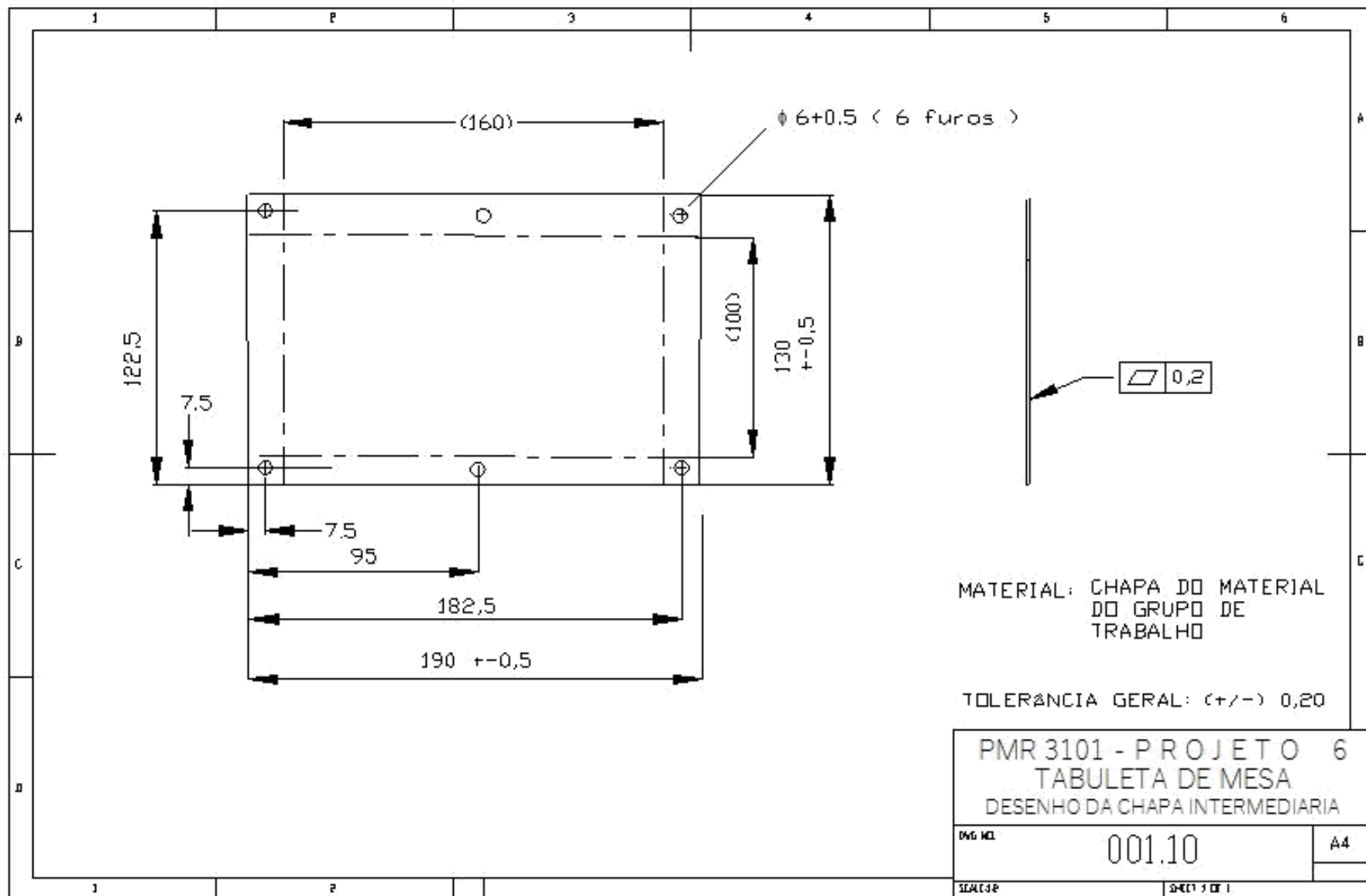


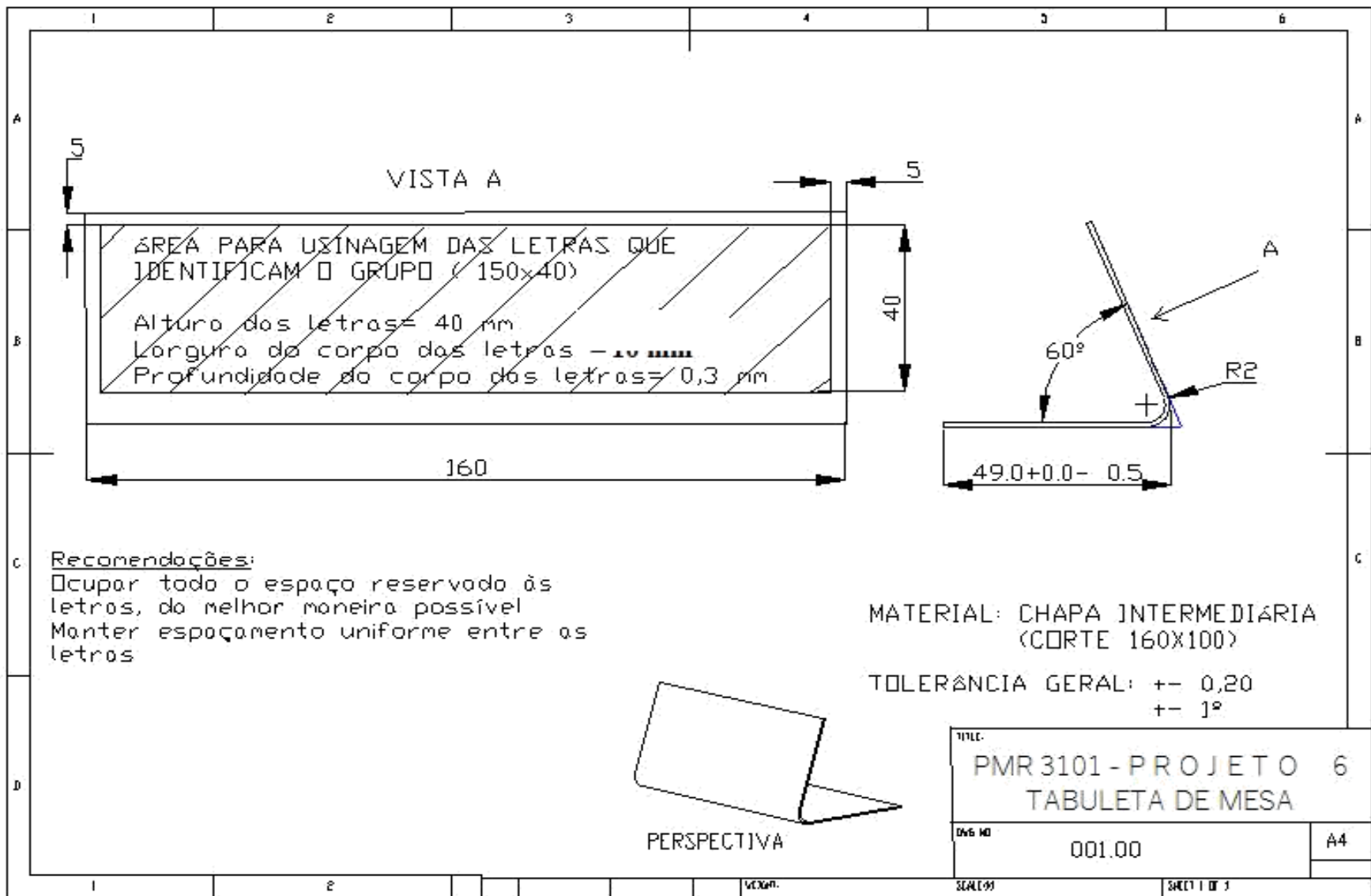
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
PMR 3203 – INTRODUÇÃO À MANUFATURA MECÂNICA
LABORATÓRIOS DE MANUFATURA MECÂNICA

3. RELATÓRIO TÉCNICO

O relatório deverá seguir a orientação geral divulgada, devendo-se descrever cada uma das atividades da fabricação seguindo-se a seguinte subdivisão:

- a) Introdução: breve descrição e objetivo;
- b) Materiais e Métodos: descrição dos equipamentos, materiais e procedimentos utilizados;
- c) Projeto: apresentar o projeto específico do grupo de trabalho para a peça final
- d) Roteiro de Processo: Apresentar a Seqüência Completa e Detalhada das Operações de Fabricação utilizadas na obtenção da peça final do grupo, desde o retalho de chapa até a peça final, mencionando as máquinas, as ferramentas, os dispositivos e os programas de comando numérico utilizados em cada uma delas.
- e) Memorial de Cálculo: demonstrar as etapas de cálculo necessárias para obter os parâmetros de avanço e rotação da ferramenta;
- f) Resultados: apresentação do programa de comando numérico e do relatório dimensional da peça final obtida.
- g) Discussão e Conclusões: Discussão dos processos executados, dificuldades experimentais, justificativas das eventuais discrepâncias, etc.
- h) Referências Bibliográficas.
- i) Anexo ao trabalho, em um saco plástico, deverá ser entregue a peça final obtida.





<https://cnccsimulator.info/download>

- Download and install CNC Simulator Pro for Windows. See this page for what is needed to be able to run the program. Also, remember that a good graphics card is needed for fast simulations.