

CURSO DE PROGRAMAÇÃO CNC

<b>1. CNC E O AMBIENTE DE AUTOMAÇÃO</b> .....	3
1.1. HISTÓRICO.....	3
1.2. COMPARATIVO ENTRE USINAGEM CONVENCIONAL X CNC 5	
1.3. DEFINIÇÃO E TIPOS DE COMANDO NUMÉRICO .....	6
1.4. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	9
1.5. CARACTERÍSTICAS DAS MÁQUINAS CNC .....	12
1.6. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO COMANDO NUMÉRICO .....	15
1.7. MODOS DE FUNCIONAMENTO DAS MÁQUINAS CNC .....	16
1.8. TRANSFERÊNCIA DE DADOS, REDES DNC .....	18
1.9. EIXOS E SENTIDOS DE MOVIMENTO .....	19
1.10. ZERO MÁQUINA, ZERO PEÇA E ZERO FERRAMENTA	21
1.11. DETERMINAÇÃO DO ZERO PEÇA.....	24
<b>2. PROGRAMAÇÃO DE MÁQUINAS CNC</b> .....	26
2.1. SEQÜÊNCIA PARA PROGRAMAÇÃO MANUAL .....	26
2.2. ESTRUTURA DE PROGRAMA .....	28
<b>3. SISTEMAS DE COORDEADAS CARTESIANAS</b> .....	29
3.1. COORDENADAS ABSOLUTAS .....	30
3.2. EXERCÍCIOS – SISTEMAS DE COORDENADAS ABSOLUTAS .....	31
3.3. COORDENADAS INCREMENTAIS .....	36
3.4. EXERCÍCIOS – SISTEMAS DE COORDENADAS ABSOLUTAS .....	37
3.5. ANÁLISE DE DESENHOS .....	41
3.6. LINGUAGEM DO SISTEMA ISO.....	47

3.7. PROGRAMAÇÃO DE BLOCOS DE TRAJETÓRIA.....	49
3.8. POSSIBILIDADES DE MOVIMENTOS ENTRE DOIS PONTOS 50	
<b>4. FRESAMENTO - PROGRAMAÇÃO DE CONTORNOS.....</b>	<b>54</b>
4.1. DEFINIÇÃO DE FERRAMENTAS.....	55
4.2. FUNÇÕES PREPARATÓRIAS E AUXILIARES .....	58
4.3. EXEMPLO DE PROGRAMA DE FRESADORA .....	65
4.4. CÓDIGOS G - FRESADORA ISO .....	66
4.5. CÓDIGOS M - FRESADORA ISO .....	67
4.6. PROGRAMAÇÃO DE SUB ROTINAS.....	68
4.6.1. G81 CICLO DE FURAÇÃO CURTA.....	69
4.6.2. G83 CICLO DE FURAÇÃO .....	70
<b>5. TORNEAMENTO - PROGRAMAÇÃO DE CONTORNOS .....</b>	<b>74</b>
5.1. CÓDIGOS G - TORNO COMANDO ISO.....	100
5.2. CÓDIGOS M - TORNO COMANDO ISO .....	101
5.3. TORNEAMENTO - PROGRAMAÇÃO DE CICLOS.....	102
5.3.1. G71 CICLO DE DESBASTE LONGITUDINAL .....	102
5.3.2. G75 CICLO DE FACEAMENTO E DESBASTE RADIAL .....	103
5.3.3. G70 CICLO DE ACABAMENTO.....	104
5.3.4. G33 CICLO DE ROSQUEAMENTO.....	105
5.3.5. G81 CICLO DE FURAÇÃO CURTA.....	107
5.3.6. G83 CICLO DE FURAÇÃO .....	108
<b>6. OPERAÇÃO DA MÁQUINA.....</b>	<b>109</b>
<b>7. DESENHOS PARA PROGRAMAÇÃO CNC .....</b>	<b>114</b>

## 1. CNC e o ambiente de automação

O comando numérico é hoje o mais dinâmico processo de fabricação de peças, constituindo um dos maiores desenvolvimentos para a automação de máquinas para usinagem.

O comando numérico representa investimento inicial maior, porém quando a sua aplicação é bem estruturada, o investimento é compensado devido as vantagens do processo, ao produzir peças com menor tempo de fabricação, aumentar a qualidade do produto, produzir com maior eficiência e desta maneira aumentando também a produtividade.

### 1.1. Histórico

Os primeiros esforços para a aplicação de comando numérico em máquinas operatrizes tiveram início em 1949, no Laboratório de Servo Mecanismo do Instituto de Tecnologia de Massachussets (M.I.T), associado a U.S. Air Force e Parsons Corporation of Traverse City, de Michigan.

Uma fresadora de três eixos – Hydrotel, da Cincinnati Milling Machine Company, foi escolhida para a experiência. Os controles de copiagem foram removidos e a máquina foi aparelhada com equipamento de comando numérico. O trabalho desenvolvido pelo M.I.T. resultou numa excelente demonstração de praticabilidade, em março de 1952.

Foi publicada uma reportagem final em maio de 1953. No final da década de 50, os fabricantes de aviões aumentaram o uso de equipamentos com comando numérico para geração contínua de contornos.

Em 1957 as máquinas começaram a ser produzidas já com o comando numérico, pois até então os comandos numéricos eram adaptados nas máquinas convencionais já existentes.

A partir de novembro de 1958, equipamentos com controles de posicionamento de ponto a ponto e geração contínua de contornos, foram melhorados com o acréscimo do trocador automático de ferramentas, o qual foi desenvolvido em meados de 1956, por uma fábrica de usinagem de metais para seu próprio uso.

A primeira linguagem de programação de máquinas foi o APT (Automatically Programed Tool) pelo MIT em 1956. Já no final de 1962, todos os maiores fabricantes de máquinas ferramentas estavam empenhados na fabricação de máquinas com comando numérico.

Os principais fatores que induziram à pesquisa, aparecimento e introdução do uso de máquinas operatrizes comandadas numericamente foram:

- O avanço tecnológico durante e após a segunda guerra mundial .
- A necessidade de adaptação dos equipamentos aos conceitos de fabricação como baixo custo em pequenos lotes .
- Produtos de geometria complexa e alta precisão
- Menor tempo entre projeto do produto e início da fabricação do mesmo.

A transferência de dados era realizada através de fitas perfuradas com as instruções dos dados da peça e condições de usinagem, definidas pelo programador. Estas fitas podiam ser criadas tanto pelo sistema manual como através do auxílio do computador. Uma leitora ótica acoplada na máquina fazia a leitura da fita e passava a instrução de comando à máquina.

A programação manual também podia, e em boa parte das máquinas atuais ainda pode, ser feita através de teclados alfanuméricos presentes conectados as máquinas de comando numérico, principalmente onde a simplicidade do trabalho a ser feito e a natureza da operação, não justificam gastos com sofisticados métodos de programação.

Por outro lado, o uso de programação com auxílio do computador, proporciona, além da rapidez, maior segurança contra erros.

Já nos anos 70 foram introduzidas as máquinas CNC que passaram a depender menos da parte de “hardware”, essencial nos circuitos das anteriores dos anos 60, e ter seu funcionamento baseado muito mais no “software”.

Os avanços substituíram a entrada manual de dados e as fitas perfuradas por armazenamento em disquete dos programas ou comunicação remota, e atualmente é possível inserir dados na máquina a partir de uma grande variedade de programas e linguagens.

Atualmente, os métodos de transferência de dados empregados são os seguintes :

- Programação direta no próprio comando da máquina
- Transferência de arquivos via DNC
- Transferência de arquivos via disquete
- Comunicação ON-LINE via microcomputador

Hoje em dia as máquinas com comando numérico são comuns, para quase todos os tipos de usinagem, com diversas opções de escolha de fabricantes.

## 1.2. Comparativo entre usinagem convencional x CNC

A forma de trabalho na usinagem CNC é diferente da forma de trabalho na usinagem convencional.

### Usinagem convencional:

Na usinagem convencional o operário é o principal elemento do sistema de produção, pois cabem a ele as decisões sobre a execução do trabalho. Diante da máquina o operador irá receber :

- A ordem de produção
- O desenho da peça
- Os dispositivos de fixação e instrumentos de medição
- As peças em bruto ou semi-acabadas
- As ferramentas a serem utilizadas

Com base nestas informações, cabe ao operador as tarefas de interpretar, decidir, executar, controlar e informar sobre o trabalho a ser realizado. Desta forma, a eficiência do processo produtivo dependerá diretamente da experiência do operador. Operadores de máquina mais experientes farão o trabalho com maior facilidade que operadores iniciantes.

### Usinagem CNC:

Já na usinagem CNC, o número de informações é bem maior, pois o operador recebe :

- A ordem de produção
- Toda a documentação da peça a ser usinada, desenhos, planos de fixação, listas de ferramentas, etc.
- Os dispositivos de fixação e instrumentos de medição.
- As peças em bruto ou semi-acabadas.
- O programa CNC preparado no escritório, com todos os dados de corte, seqüência de movimentos da máquina, funções auxiliares, etc.
- As ferramentas montadas e posicionadas no porta ferramentas da máquina. Estas ferramentas são trocadas automaticamente pela máquina CNC, comandadas pelo programa CNC.

Assim, na usinagem CNC, cabem ao operador as tarefas de executar e informar sobre o serviço, reduzindo o tempo de preparação da máquina. As tarefas de interpretação e decisão são realizadas antes da usinagem, pelo programador de CNC. A tarefa de controle pode ser feita pela própria máquina, e em casos específicos pelo controle de qualidade da empresa.

### 1.3. Definição e tipos de comando numérico

#### DEFINIÇÃO

O comando numérico é um equipamento eletrônico capaz de receber informações por meio de entrada própria, compilar estas informações e transmiti-las em forma de comando à máquina, de modo que esta, sem a intervenção do operador, realize as operações na seqüência programada.

#### COMANDO NUMÉRICO PONTO A PONTO

Neste tipo de comando, para alcançar uma determinada posição programada, a máquina se desloca com movimentos independentes, sem uma trajetória pré-definida e controlada. Nenhum tipo de operação de fabricação pode ocorrer durante este deslocamento, somente depois que a máquina alcance completamente a posição programada. Este comando é simples e barato, e é utilizado em máquinas onde sejam necessárias rapidez e precisão de posicionamento final, independente da trajetória percorrida.

#### COMANDO NUMÉRICO CONTÍNUO - NC

Neste tipo de comando a movimentação da máquina é controlada individualmente e continuamente, com uma exata relação entre os eixos da máquina, para que a trajetória seja perfeitamente definida, na sua forma de deslocamento bem como em sua velocidade de avanço.

A coordenação dos movimentos é controlada através de um componente chamado de interpolador. O interpolador calcula os pontos a serem alcançados e controla o movimento relativo dos eixos assegurando que o ponto final programado seja alcançado simultaneamente em todos os sentidos de movimento.

No comando numérico contínuo, muitas funções da máquina são predeterminadas exclusivamente pela estrutura rígida dos circuitos elétricos / eletrônicos que formam a unidade de comando sendo que o nível de flexibilidade está ligado à introdução de programas novos ou modificados.

O comando é desenvolvido especificamente para controle de um certo tipo de máquina, não havendo flexibilidade de aplicação em outros tipos de equipamentos. Para se fazer uma mudança deste porte seria necessária a troca do comando numérico.

## COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO - CNC

O comando numérico computadorizado também é um equipamento eletrônico que traduz informações para as máquinas. A diferença é que esta tradução é feita através de um microcomputador interno.

As informações do perfil da peça, ou das operações de usinagem são programadas através de um arquivo de programa. Devido à sua capacidade de processamento, os CNC podem controlar máquinas mais complexas, com diversos tipos de usinagem e ferramentas e executar perfis de usinagem mais complexos.

A tarefa do interpolador é realizada por um programa de computador (software), permitindo interpolações lineares, circulares, parabólicas e do tipo *spline* (curva suave que passa por um conjunto de pontos).

Alguns CNC dispõem de interfaces gráficas para testes de programa. Em máquinas com este tipo de recurso é possível fazer a programação em um computador comum, depois transmitir o programa para a máquina, executar o teste para verificar o percurso da ferramenta antes da usinagem. Isto evita erros de sintaxe na programação, erros de posicionamento de ferramentas, entre outros.

No controle numérico computadorizado (CNC), uma série de funções da máquina se tornam flexíveis graças à introdução de um computador na unidade de comando: o resultado é um nível de flexibilidade não mais ligado apenas aos programas de usinagem, mas também à estrutura lógica da unidade de comando, que pode ser modificada sem alterar o sistema físico dos circuitos eletrônicos (*hardware*).

***O mesmo tipo de CNC pode controlar diferentes tipos de máquinas.***

Também é possível executar programas de diagnóstico, no objetivo de controlar componentes da máquina, evitando falhas e reduzindo o tempo de reparo.

### COMANDO NUMÉRICO ADAPTATIVO - CNA

Possui as funções normais dos CNC e a função adaptativa.

A função adaptativa permite o controle de processo através da medição em *tempo real* das variáveis do processo. Podem ser medidas :

- Velocidade de corte
- Velocidade de avanço
- Potência consumida
- Dimensões da peça
- Nível de vibrações

Com base nestas medições, o comando calcula e ajusta os parâmetros de usinagem para atingir um desempenho otimizado no processo, durante o processo.

Apesar das vantagens oferecidas, este sistema ainda custa caro e apresenta menor confiabilidade, pois existem muitas variáveis para controlar. Por isto é necessária uma análise criteriosa de viabilidade prática para implementação em cada caso.

### COMANDO NUMÉRICO DISTRIBUÍDO - DNC

Um computador central armazena os programas CNC, e gerencia o fluxo de informações para várias máquinas CNC, conforme a necessidade. Os programas podem ser enviados automaticamente, conforme a solicitação do CNC, ou pelo operador da máquina através de um meio de comunicação.

Existem vários níveis de sistemas DNC, que podem variar desde o simples armazenamento de dados, até o controle total de um conjunto de máquinas. Em sistemas bem estruturados, é possível que as máquinas funcionem independentemente do computador central, aumentando a flexibilidade em casos de falhas.

Este tipo de comando dispensa o uso de equipamentos locais de leitura de dados, pois os programas são enviados diretamente através da rede. A estrutura permite ao operador maior rapidez e facilidade de acesso aos programas CNC, e permite ao programador fazer a programação *off-line*.

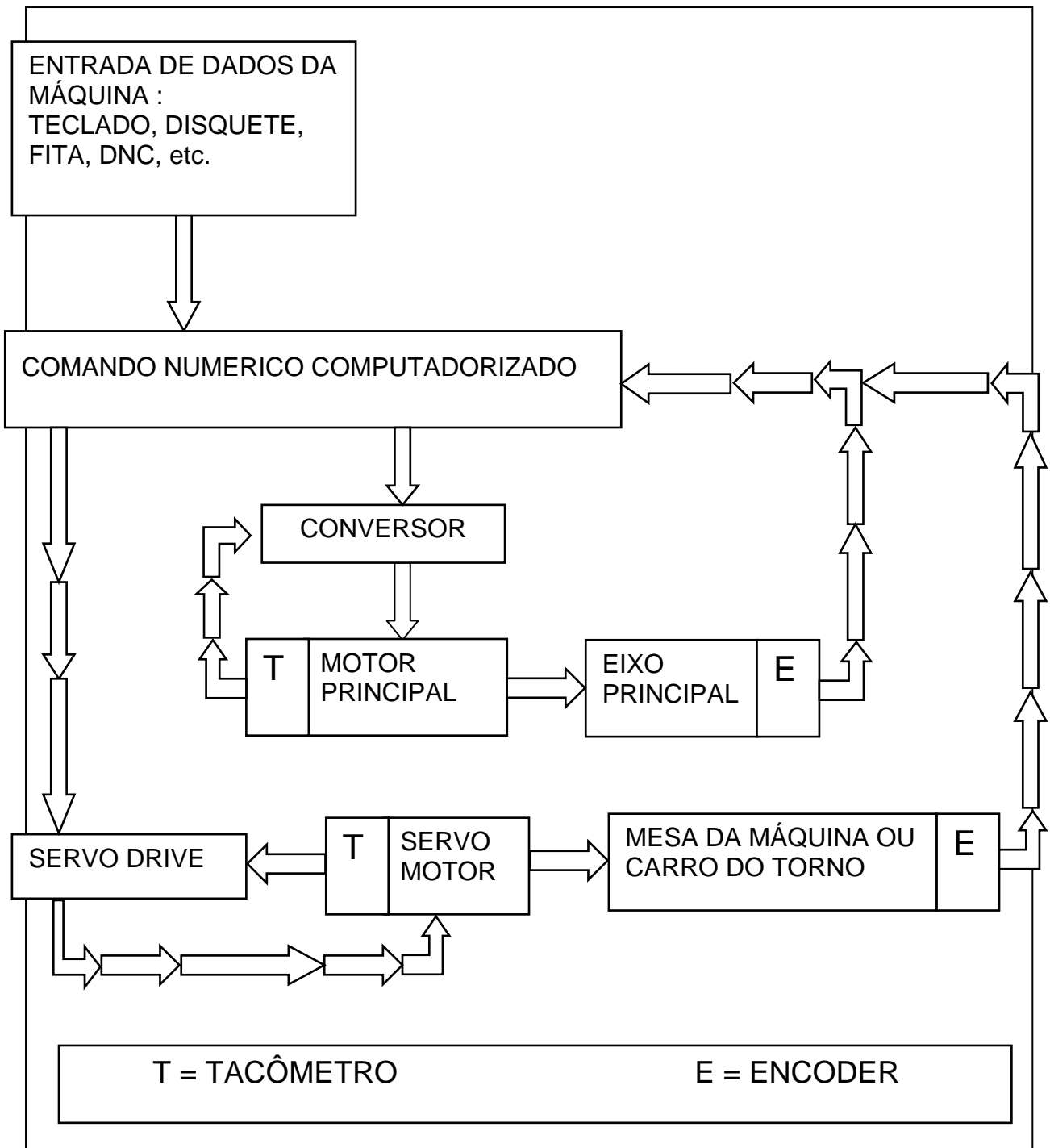
Como os programas CNC são armazenados em um computador da rede DNC, isto é, no servidor, o procedimento de *back up* (cópia de segurança) pode ser feito automaticamente, evitando a perda de dados.

Em casos de programas longos, é possível particionar o programa, reduzindo a capacidade de memória da máquina. Além disso é possível fazer o controle dos tempos de fabricação, tempo de usinagem, tempo de preparação, permitindo a avaliação do desempenho da máquina.



## 1.4. Princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento das máquinas CNC ocorre em circuitos fechados, utilizando sensores de posição para controle da máquina.



## COMPONENTES DOS CNC

Comando - Recebe as informações através de entrada própria, que pode ser através do teclado da máquina, fitas perfuradas ou magnéticas, disquetes, DNC, etc.

Conversor - Converte os impulsos eletrônicos emitidos pelo comando em impulsos elétricos que acionam o motor principal da máquina.

Tacômetro - Instrumento de medição responsável pelo monitoramento dos valores de avanço e rotação dos eixos da máquina. O tacômetro fornece informação para o conversor ou o servo drive da necessidade ou não de realimentação dos seus respectivos motores.

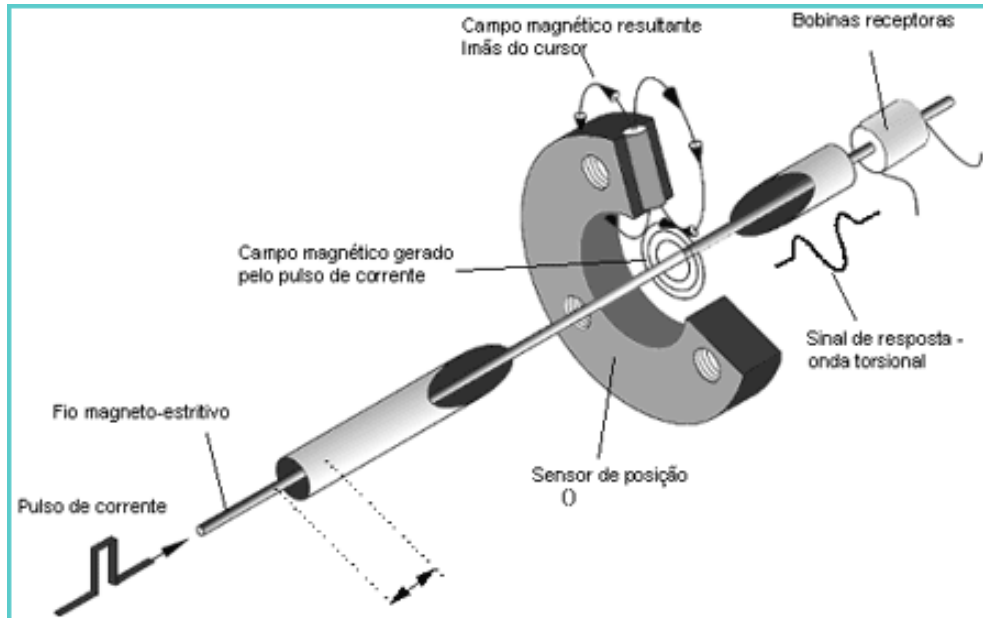
Servo Drive - Converte os sinais eletrônicos emitidos pelo comando da máquina em impulsos elétricos que acionam o servo motor.

Servo Motor - Motor de velocidade variável, responsável pelo movimento da mesa da máquina. Para tornos, o servo motor aciona os eixos de movimento da ferramenta.

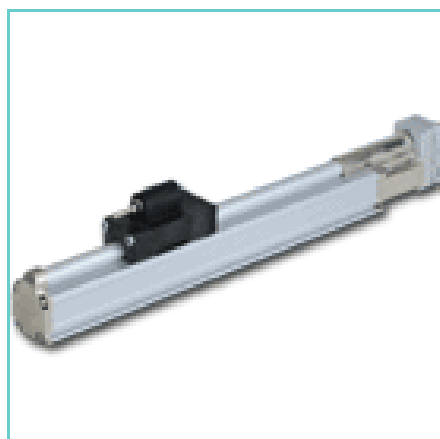
Encoder - Transdutor, responsável pela medição de posição dos eixos. Para eixos lineares, o encoder mede a posição linear, para eixos de rotação o encoder mede a posição angular. O encoder fornece os dados de posição dos eixos para o comando da máquina.

Na composição eletrônica, definida como unidade de comando (UC), entram os dados da peça, que determinam as tarefas dos acionamentos, enquanto os sinais dos transdutores constituem os dados de controle dos elementos acionados. O salto evolutivo dessa composição aconteceu, sobretudo, com a aplicação do computador e, particularmente, com sua realização em circuitos microeletrônicos.

Os sensores de posição absolutos lineares utilizam-se do princípio magneto-estritivo para obtenção da posição do cursor. Uma onda de torção é gerada pela passagem da corrente através dos campos dos ímãs do cursor. O tempo de propagação da onda caracteriza a posição do cursor, ao qual é associado um sinal de saída.



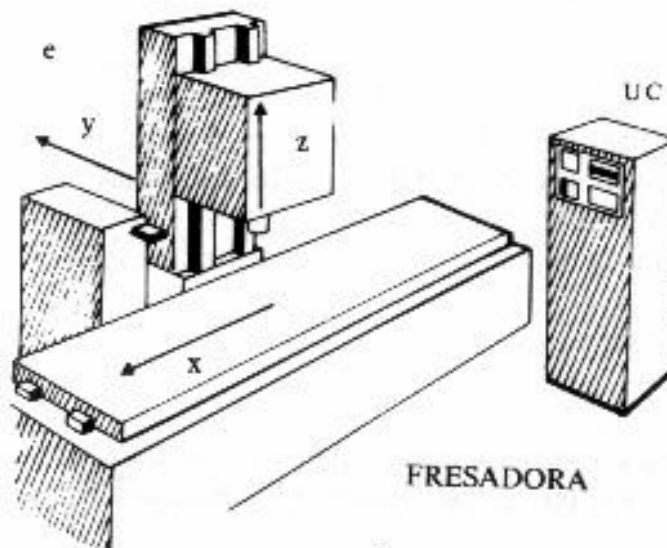
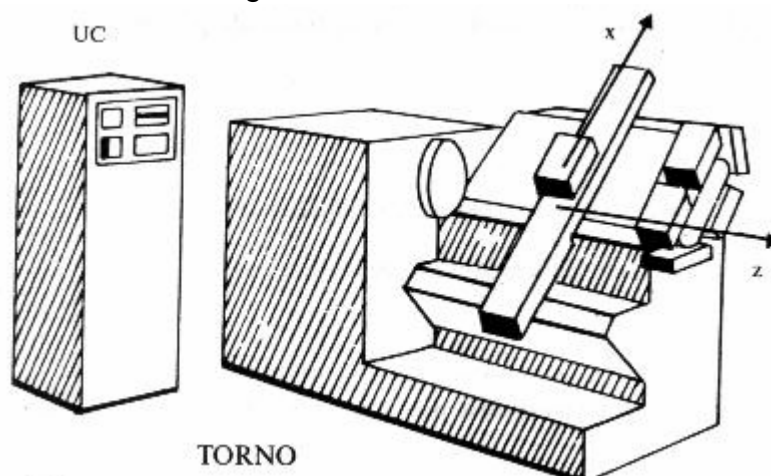
Fabricado em comprimentos até 3000mm apresenta-se em diversos formatos construtivos como no formato de haste sendo inclusive adequado para a montagem internamente em cilindros hidráulicos. Podem ficar alojados em um perfil de alumínio com cursor em forma de carrinho ou livre, sendo excelente substituto para os potenciômetros lineares.



## 1.5. Características das máquinas CNC

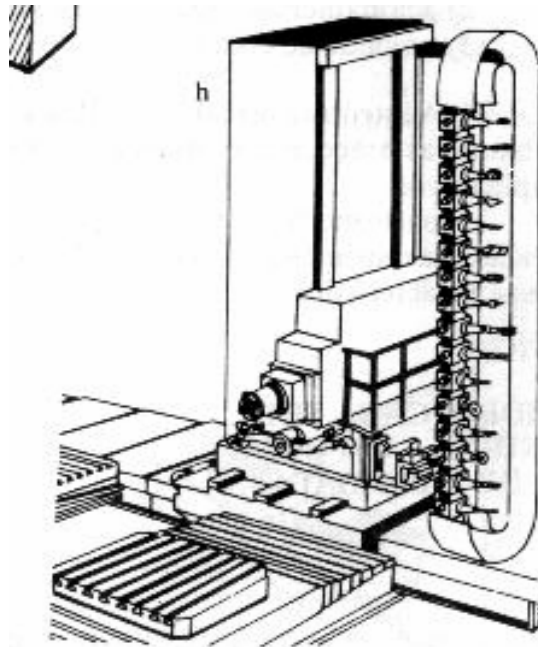
As máquinas CNC foram criadas a partir de máquinas convencionais. Apesar disso, muitos de seus componentes tiveram de ser reprojatados com o propósito de atender as exigências de qualidade e produtividade. Algumas máquinas CNC têm características específicas, variando em função do tipo do processo produtivo, porém algumas características são comuns :

- A parte mecânica é formada por conjuntos estáticos e dinâmicos cada vez mais precisos. As guias comuns das máquinas foram substituídas por guias temperadas e de materiais especiais que possibilitam a diminuição do atrito e das folgas, pois como a produção foi aumentada, as máquinas CNC necessitaram de maior resistência ao desgaste.

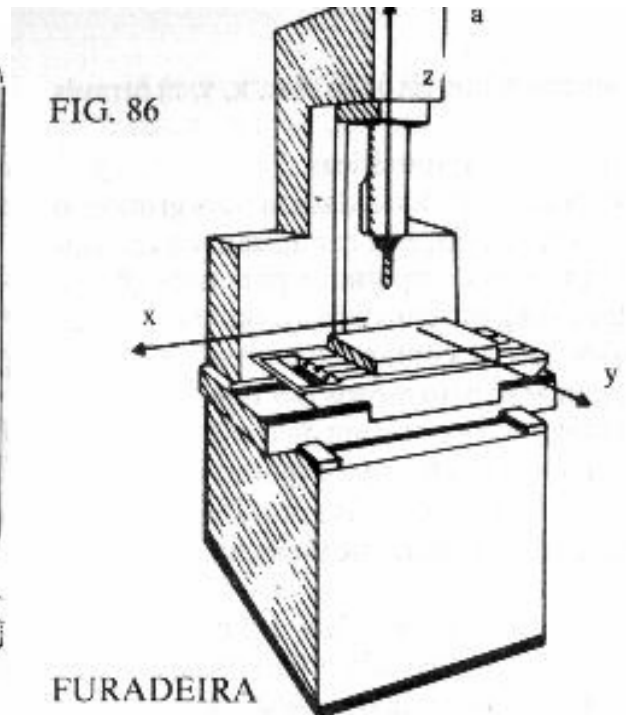


- As massas móveis das máquinas devem de ser diminuídas em função do aumento das velocidades do processo de usinagem.

- Maior rigidez estática e dinâmica da máquina para assegurar precisão de posicionamento e aumentar a capacidade de remoção de material.
- Existência de trocadores automáticos de ferramentas



CENTROS DE USINAGEM



FURADEIRA

- A ação de componentes eletromecânicos (motores e transdutores) para produzir e controlar os movimentos das partes mecânicas da máquina. (p.ex., movimentação da ferramenta, movimentação da peça, determinação da velocidade de giro do fuso).
- Sistemas de medição de deslocamentos robustos de maior precisão, capazes de resistirem ao ambiente industrial e a vibrações.
- Motores de acionamento dos avanços e posicionamentos de baixa inércia e elevado torque.
- Motores de acionamento do eixo principal da máquina de elevada potência e capacidade de variação contínua de velocidade.
- Controles de potência de avanço e velocidade.
- Previsão de local para esteira removedora de cavacos.

O uso das máquinas com CNC está aumentando pois a cada novo lançamento as tecnologias envolvidas custam menos e possibilitam resultados cada vez melhores nos processos de fabricação.

Algumas máquinas equipadas com CNC :



Punçoneira



Centro de torneamento



Eletro-erosão corte a fio



Centro de usinagem



Fresadora



Injetora de plástico

## 1.6. Vantagens e desvantagens do comando numérico

O comando numérico computadorizado fornece uma série de vantagens quando comparado aos métodos de usinagem convencionais.

Além da economia no processo de usinagem podemos citar :

- Aumento na produtividade
- Facilidade de programação e controle de produção
- Troca automática de velocidades
- Redução de custos em controle de qualidade, aumento da qualidade
- Padronização de ferramentas, ferramentas intercambiáveis
- Alta versatilidade de operações
- Aumento do controle em operações complexas
- Possibilidade de simulações de usinagem
- Redução da quantidade de máquinas
- Aumento da vida útil de máquinas e ferramentas
- Aumento do controle sobre desgaste de ferramentas
- Alta flexibilidade de produção
- Aumento da repetibilidade das peças
- Maior segurança do operador
- Redução do custo e produção mais rápida de protótipos de peças

Algumas desvantagens do comando numérico :

- Alto custo de implementação (custo inicial)
- Mão de obra qualificada para manutenção e programação
- Maior exigência de organização entre os setores da empresa



## 1.7. Modos de funcionamento das máquinas CNC

É possível nas máquinas com CNC, uma certa variedade de modos de funcionamento, que podem ser escolhidos de acordo com a necessidade do operador da máquina. Cada modo de funcionamento permite variações na forma de acionamento da máquina.

### MODO MANUAL

No funcionamento em modo manual o comando permite ao operador efetuar movimentos dos eixos da máquina, sem a necessidade de programação. Este modo de funcionamento é utilizado para movimentação da máquina, quando a mesma estiver em posição inadequada para operação.

Por exemplo, o operador pode efetuar um movimento específico para medir a peça que não esteja previsto no programa CNC.

### MODO ENTRADA DE DADOS MANUAL - MDI - MANUAL DATA INPUT

Este modo de funcionamento permite ao operador efetuar movimentos programados em uma única linha de comando, executando funções de máquina programadas pelo próprio operador. Neste modo também é possível a execução de ciclos fixos, aumentando a versatilidade de operação.

É bastante utilizado para verificações de posição, execução de detalhes específicos de peças ou pequenos lotes de peças, reduzindo o tempo de preparação da máquina.

### MODO DE EXECUÇÃO CONTÍNUA

Neste modo de execução a máquina executa as operações automaticamente e continuamente, logo após ter sido pressionado o botão de partida da máquina (START). O programa CNC controla a máquina, somente parando em instruções específicas do programa ou em caso de interrupção do programa pelo operador.

Este modo de execução é utilizado para produção de grandes lotes de peças, quando o programa já estiver funcionando de forma adequada, maximizando a produtividade e evitando paradas desnecessárias. A máquina executa a usinagem sem a interferência do operador.



### MODO DE EXECUÇÃO PASSO A PASSO

Para executar um programa é necessário que o botão de partida seja pressionado para cada nova linha de comando do programa CNC. Ao final desta linha de comando o CNC pára a execução e fica aguardando novamente que seja pressionado o botão de partida.

Este modo é particularmente utilizado para se fazer a primeira execução do programa, pois como a maioria dos comandos CNC indicam os valores restantes para deslocamento, é possível evitar colisões e outros problemas de usinagem que não tenham sido percebidos durante a programação CNC.

### MODO DE TESTE DE PROGRAMA

Alguns tipos de comandos permitem executar testes de programa, verificando a sintaxe correta das instruções. Podem ainda apresentar uma interface gráfica que permite ao operador verificar visualmente a seqüência de operações do programa, através do desenho na tela da máquina do percurso da ferramenta.

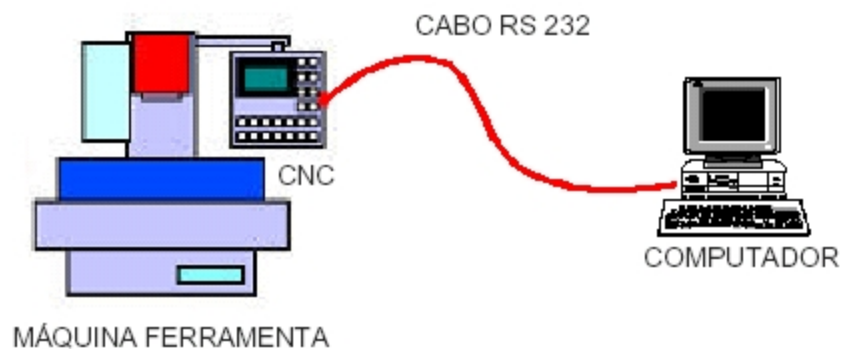
## 1.8. Transferência de dados, redes DNC

Com a evolução do comando numérico, o grande número de fornecedores no mercado e diversificação de aplicações, tornou-se necessária a padronização.

A partir de 1958, através de estudos organizados pela E.I.A. (Associação Americana de Engenheiros), houve a padronização do formato dos dados de entrada, conforme padrão RS-244 e RS-232. Atualmente são muito usados os sistemas EIA 244 ou ASCII.

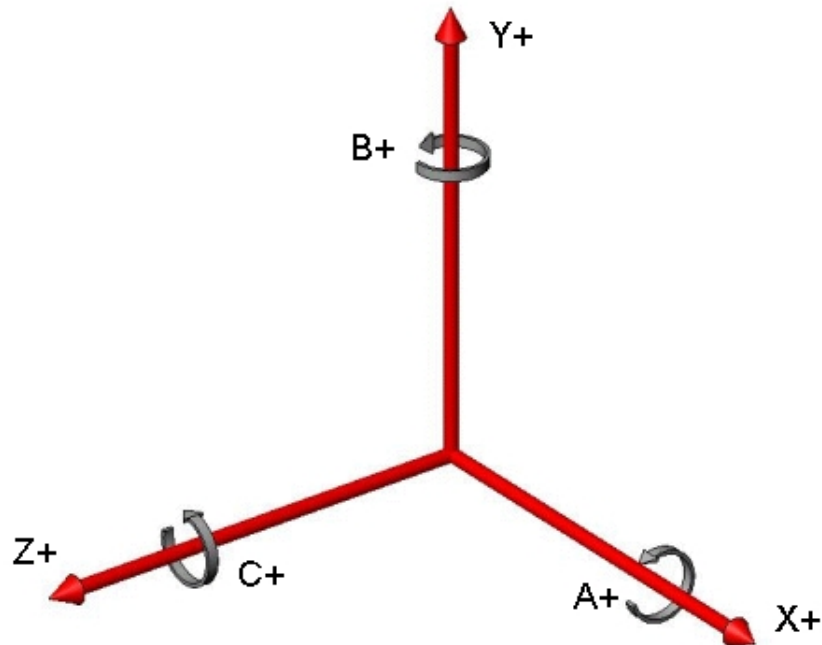
Antigamente, a forma mais utilizada de entrada de dados era o método da fita perfurada. Recentemente, os métodos empregados são os seguintes :

- Programação direta no próprio comando da máquina
- Transferência de arquivos via DNC
- Transferência de arquivos via disquete
- Comunicação ON-LINE via microcomputador



## 1.9. Eixos e sentidos de movimento

Eixo é uma direção segundo a qual se pode programar os movimentos relativos entre a ferramenta e a peça de forma contínua e controlada.



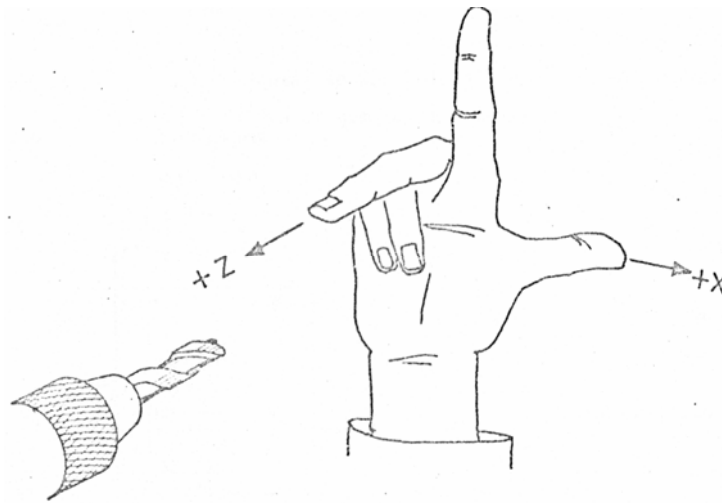
### *Sistema de coordenadas*

Os eixos principais determinam um sistema de coordenadas retangular, de rotação à direita. Neste sistema de coordenadas são programados movimentos da ferramenta. Na técnica NC, os eixos principais são classificados como eixos geométricos. Este termo é utilizado igualmente em situações de programação.

Para cada eixo cartesiano, foi associado um eixo de rotação, a saber:

- Eixo A → Rotação em torno do eixo X
- Eixo B → Rotação em torno do eixo Y
- Eixo C → Rotação em torno do eixo Z

Os eixos de movimento coincidem com os eixos dos sistemas de coordenadas cartesianas (X, Y e Z), sendo que os sentidos dos eixos são determinados pela regra da mão direita.



*Regra da mão direita*

Foi adotado internacionalmente a convenção de orientar o EIXO "Z" em sentido paralelo ao eixo -árvore da máquina, contendo o movimento principal de corte. O sentido positivo do eixo "Z" é aquele na qual a ferramenta se afasta da peça.

No caso específico do torno, todo trabalho se processa em um plano que passa pelo eixo de simetria da peça. Portanto, temos apenas dois eixos: o Longitudinal por convenção o eixo "Z" e o transversal que será o eixo "X" (diâmetro ou raio).

Para fresadoras aplica-se os eixos geométricos X, Y e Z.

Para máquinas mais complexas, podem ser controlados até mais de cinco eixos de movimento. Cada um associado a um elemento da máquina. Existem máquinas com eixos paralelos aos eixos X, Y e Z. Neste caso suas denominações passam a ser U, V e W, respectivamente.

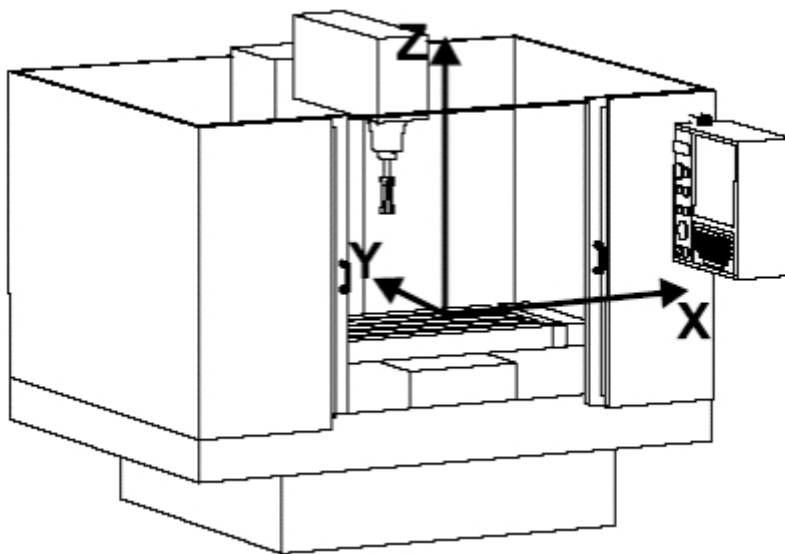
## 1.10. Zero máquina, zero peça e zero ferramenta

### PONTO DE REFERÊNCIA

O ponto de referência é uma posição fixa na máquina, definido pelo fabricante, para que o comando possa localizar a posição dos elementos de máquina. Este ponto é definido em local estratégico, de forma a facilitar o posicionamento de referência e troca de ferramentas.

### PONTO ZERO MÁQUINA

O ponto zero máquina é outra posição fixa na máquina do sistema de referência. Este valor é sempre o mesmo, definido pelo fabricante através do comando.



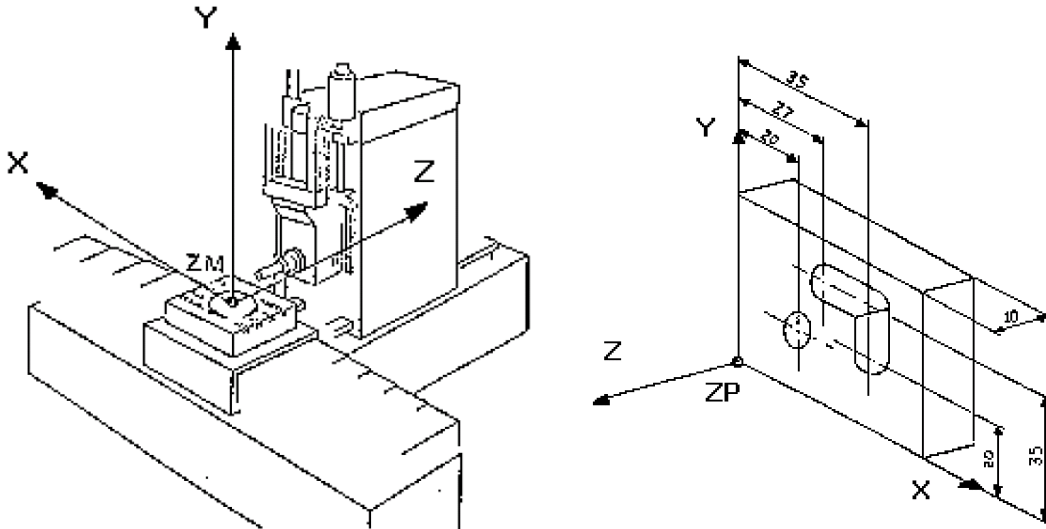
Indicação dos eixos e sistemas de coordenadas

### PONTO ZERO PEÇA

Também chamado de deslocamento de ponto zero. Definir o “zero peça” significa dizer que o ponto de origem do sistema de referência para usinagem pode ser definido em qualquer posição do plano de trabalho. Para cada peça pode-se ter um ou mais pontos zero convenientes para a programação e produção.

Este ponto é a origem do sistema de coordenadas da peça, definida pelo programador e servirá como referência para usinagem e programação. A partir deste ponto serão programadas todas as funções de usinagem, caminhos e posicionamentos de ferramentas.

A mudança do sistema de referência é feita no programa e ajustada pelo operador da máquina. A distância entre o zero máquina e o zero peça é determinada diretamente na máquina pelo operador. Existe uma área do comando onde o operador informa a posição do zero peça.



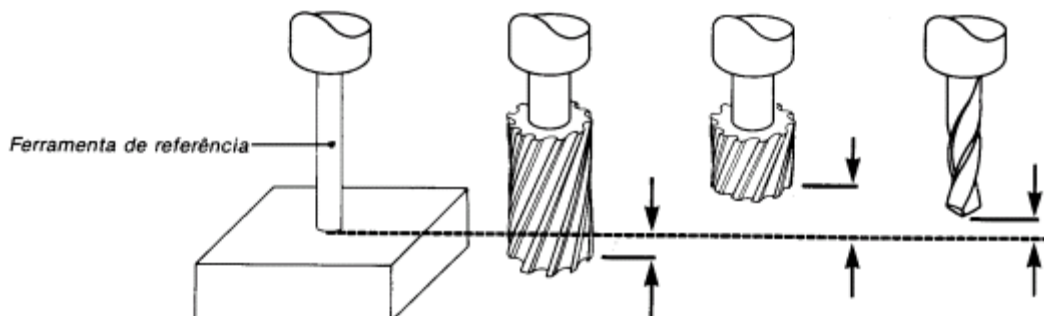
*Ponto zero máquina e zero peça.*

### PONTO ZERO FERRAMENTA

O ponto zero ferramenta é localizado no eixo que contém a ferramenta, próximo da entrada do alojamento do cone porta ferramenta. Este ponto é fixo e normalizado e coincide com o ponto localizado na parte maior do diâmetro do cone porta ferramenta, quando a mesma está montada.

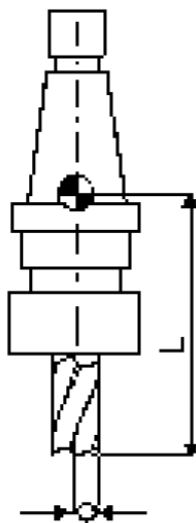
A partir do ponto zero ferramenta é que são medidas as dimensões das ferramentas. Estes valores são de extrema importância para o processo de usinagem CNC, pois a partir destas informações é que o comando numérico irá calcular automaticamente a trajetória da ponta da ferramenta, de forma a produzir corretamente a peça usinada.

Durante o processo de usinagem serão necessárias diversas ferramentas para a produção da peça. Obviamente, estas ferramentas poderão ter tamanhos diferentes, dependendo de cada aplicação.



*Diferença de comprimento de algumas ferramentas em relação à ferramenta de referência*

O comando leva em conta as informações dimensionais das ferramentas. Desta forma o comando pode controlar o posicionamento da máquina corretamente para a execução da usinagem.



*Sistema de referência das ferramentas – zero ferramenta.*

Durante o processamento do programa o controle tira os dados de correção necessários da página de correção de ferramentas e corrige individualmente, para cada ferramenta diferente, o percurso que a máquina irá percorrer. Com duas ferramentas diferentes, a máquina executará percursos diferentes para produzir peças iguais.

### 1.11. Determinação do zero peça

Normalmente na programação CNC, não se trabalha com coordenadas relativas ao zero máquina. Isto se deve ao fato de que a mesma peça pode ser fabricada em diferentes máquinas. Neste caso, não importa para o programador qual é a posição que a peça irá ocupar na máquina, e sim apenas as suas dimensões geométricas.

Uma prática comum na programação CNC é a de estabelecer a origem do eixo Z na face da peça. Desta forma, para usinar a peça será necessário trabalhar no programa com valores negativos de coordenadas, sendo que as coordenadas positivas indicarão que a ferramenta não está "*dentro*" da peça.

Para torneamento, é comum utilizar a face da peça como referência para o eixo Z, e o centro de simetria como referência para o eixo X.

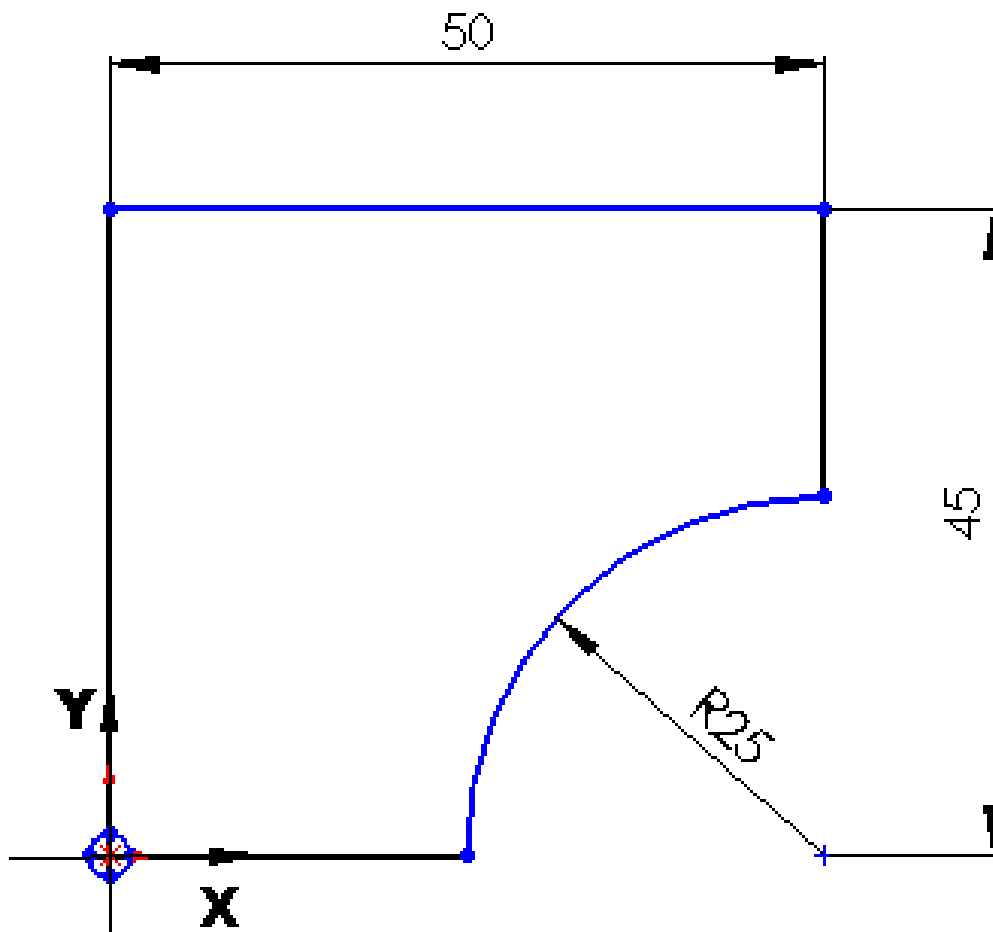
Para fresamento e mandrilamento, é comum a utilização de uma das arestas da peça como referência para X e Y. Também é comum utilizar a face da peça como referência para o eixo Z.

Em todos os casos, porém, é importante que sejam indicados os pontos zero peça para o operador através do plano de set-up. É importante que o ponto zero peça seja de fácil localização para operador, pois este precisará informar para a máquina sua posição relativa ao sistema de coordenadas da máquina.

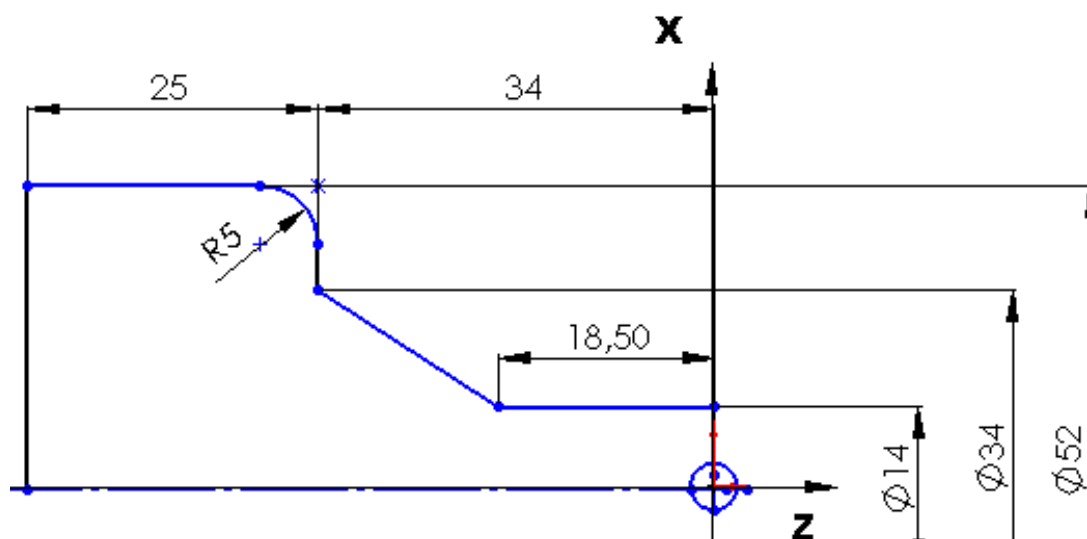
Também é interessante fazer comentários dentro do programa CNC sobre a localização do ponto zero peça. Estes comentários são importantes para chamar a atenção do operador sobre a posição do ponto zero peça.



Exemplos de ponto zero peça



Ponto zero peça para fresamento



Ponto zero peça para torneamento

## 2. Programação de máquinas CNC

A programação CNC compreende a preparação dos dados para usinagem da peça pela máquina. Estes dados são informados para a máquina CNC através do programa CNC.

As informações contidas no programa são referentes às dimensões e qualidades da peça, parâmetros de usinagem, funções de máquina, dados de ferramentas e informações tecnológicas, que permitam que a máquina produza a peça de forma automática, sem a intervenção do operador.

### 2.1. Seqüência para programação manual

O programador precisa conhecer todos os parâmetros envolvidos no processo de fabricação e obter uma solução adequada para cada tipo de peça. Analisando os recursos da máquina, dispositivos, ferramentas e o desenho da peça é possível determinar a seqüência de operações mais apropriada para fabricação. Esta análise pode ser dividida em partes :

#### 1. Análise do desenho da peça

O programador deve conhecer as normas de desenho técnico, bem como saber interpretar as tolerâncias de medidas, forma e posição da peça. É necessário que o programador consiga visualizar a peça em três dimensões, e também conhecer a aplicação da peça e a utilidade do produto.

#### 2. Escolha do processo de usinagem

A partir da análise do desenho, será definida a seqüência de operações para fabricação da peça. Para cada fase da fabricação será escolhido um processo de usinagem, considerando as características físicas e geométricas da peça e do material a ser usinado.

Poderão ser descritos processos alternativos, com objetivo de flexibilizar a produção. Em certos casos, é possível que o recurso de máquina não esteja disponível, e neste caso, portanto, é importante haver uma seqüência alternativa de processos de usinagem.

#### 3. Escolha da máquina

É preciso que o programador conheça as características da máquina, de modo a escolher o equipamento mais adequado ao processo de usinagem.

Para isto é necessário analisar as dimensões de peça suportadas pela máquina, condições de potência disponível para execução da tarefa, recursos de programação CNC, capacidade de armazenamento de ferramentas, condições de utilização de dispositivos de fixação, etc.

#### 4. Escolha das ferramentas para usinagem

A partir do tipo de processo e das condições de usinagem da peça é que são determinadas as ferramentas envolvidas no processo de fabricação.

É importante ter em mente que se deve utilizar as ferramentas que produzam a peça no menor tempo possível, preservando a máquina e garantindo a segurança do operador da máquina.

#### 5. Determinação dos parâmetros de corte

Através do uso de manuais de fabricantes de ferramentas, o programador deverá determinar as condições iniciais de usinagem, visando a preservação das máquinas, ferramentas e dispositivos, e procurando produzir a peça no menor tempo possível.

Além disso estes parâmetros de corte deverão ser determinados de forma a garantir a qualidade do produto e manter a segurança do operador da máquina. O ajuste final destes parâmetros ocorre durante o processo de usinagem, onde serão consideradas todas as variáveis do processo.

#### 6. Programação CNC

Sabendo o que deve ser feito e de que forma deve ocorrer a usinagem da peça, o programador passa a fazer o programa CNC, que consiste em uma série de comandos que informam à máquina os detalhes necessários para a fabricação da peça.

Durante a programação, devem ser escritas listas de ferramentas para que o setor responsável pelas ferramentas possa ir preparando-as para a fabricação. Também o programador deve preparar um plano de set-up, indicando a forma de fixação na máquina e o ponto zero peça para cada fase de usinagem, o número do programa CNC, o dispositivo de fixação a ser utilizado.

Estes documentos são documentos auxiliares da produção, e têm o objetivo de facilitar e agilizar o trabalho do operador de máquina. Porém deve-se tomar cuidado com a burocratização do processo produtivo, evitando documentos desnecessários.

Deve-se ainda lembrar que na indústria CNC, o planejamento e as decisões de como fazer o trabalho devem ser feitas antes da usinagem das peças. Neste tipo de indústria, aumentam as responsabilidades sobre o processista e o programador CNC, pois o propósito é de que sejam feitas as peças da maneira correta logo na primeira vez em que se esteja executando a usinagem.

## 2.2. Estrutura de programa

A estrutura de um programa baseia-se na norma DIN 66204. Um programa, que será transmitido diretamente ao CNC é composto das seguintes partes :

### CABEÇALHO DE PROGRAMA

Contém a informação do tipo de dados contidos naquela instrução

- % = Programa principal (alguns comandos podem utilizar O)
- L = Sub-rotina

### COMENTÁRIOS

Contém informações adicionais para o operador. Não executam funções na máquina.

### INSTRUÇÕES DE COMANDO

Executam operações específicas da máquina, como ligar o fuso, trocar a ferramenta, desligar o fluido refrigerante, etc.

### BLOCOS DE USINAGEM

Contém informações sobre a trajetória da ferramenta.

### FUNÇÕES TECNOLÓGICAS

Contém informações sobre o funcionamento da máquina.

### FIM DE PROGRAMA

Orienta o término da execução da operação de usinagem, e reposicionamento no início do programa.

Normalmente M30 ou M02.

Exemplo de programa CNC

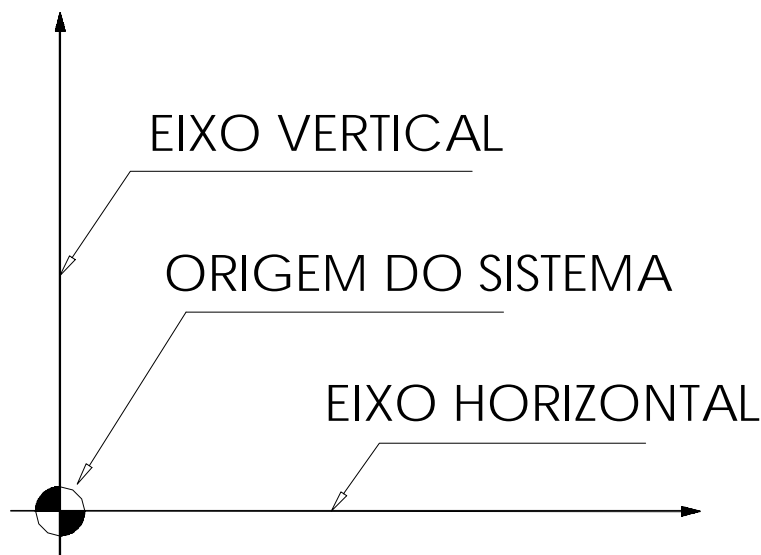
```
%2341  
(PROGRAMA INICIAL)  
N10 G21 G40 G90 G94  
N20 G28 U0 W0  
(FERRAMENTA DE FACEAR)  
N30 T01 H01 M6  
N40 G97 S250 M3  
N50 G00 G54 X200 Y100 Z10  
N60 G01 Z0 F30 M8  
N70 X100 F80  
N80 G00 Z10 M9  
N90 G28 U0 W0  
N100 M30
```

### 3. Sistemas de coordenadas cartesianas

As máquinas CNC são comandadas com base nos sistemas de coordenadas cartesianas. Este sistema é composto de retas que se cruzam no espaço, possibilitando a localização de qualquer ponto de posição da máquina através de valores numéricos de posição relativos a estas retas.

O conhecimento de sistemas de coordenadas, orientação e sentido dos eixos da máquina e localização da peça é fundamental para o bom desenvolvimento de um programa CNC.

Normalmente ao eixo horizontal fica implícita a direção do movimento longitudinal da máquina, e ao eixo vertical fica associado o movimento transversal da máquina, não se importando que componentes da máquina se movimentem. O cruzamento destas retas define o plano de trabalho.



*Eixo de coordenadas do plano de trabalho.*

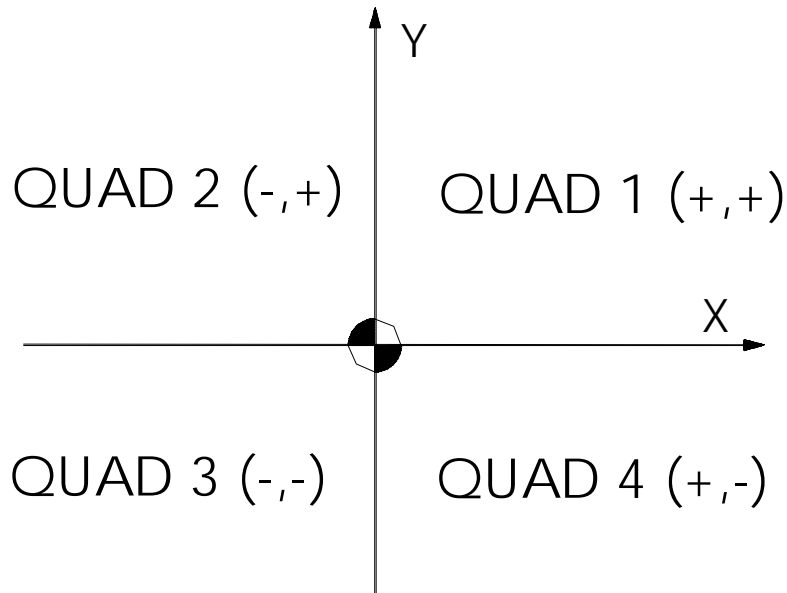
Coordenadas são todos os pontos relacionados com a geometria do desenho e que orientam o programador na elaboração do programa de CNC.

O sinal da coordenada é definido em relação aos eixos do sistema.  
A utilização do ponto decimal é possível com os seguintes endereços:

X, Y, Z, E, A, B, C, U, W, Q, I, J, K, R, F

### 3.1. Coordenadas absolutas

É aquele em que todos os pontos são definidos no plano através de um sistema de coordenadas ortogonal, onde a interseção dos eixos é chamada origem.



#### *Quadrantes do plano de trabalho*

Cada ponto do sistema de coordenadas terá sinais específicos (+ ou -) de acordo com o quadrante no qual estiver localizado.

*Exemplos :*

PONTO		
Valor em X	Valor em Y	Localização
+18.2	+10.005	Quadrante 1
-18	+15	Quadrante 2
-123	-20	Quadrante 3
12.22	-42.89	Quadrante 4

Praticamente, estabelece-se que a peça está sempre parada, e a ferramenta percorre as posições no plano de trabalho.

Quanto a referência de posição, e quanto ao ponto de origem do sistema de coordenadas das máquinas CNC, existem três tipos : Ponto de referência, Ponto zero máquina e ponto zero peça.

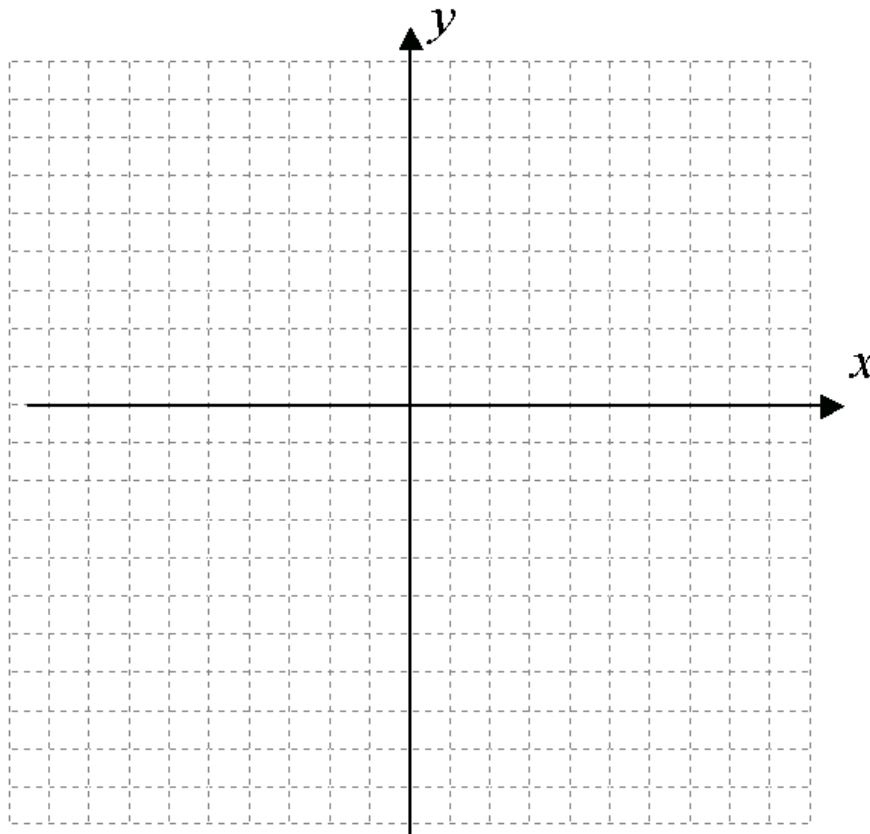
### 3.2. Exercícios – Sistemas de coordenadas absolutas

#### Coordenadas XY - ABSOLUTAS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A	-50	-40	
B	0	-40	
C	0	-20	
D	60	-20	
E	60	60	
F	40	40	
G	40	20	
H	-10	20	
I	-10	80	
J	-50	80	
K	-60	60	
L	-60	30	
M	-40	30	
N	-50	-40	

Considere a peça com espessura constante de 30 mm

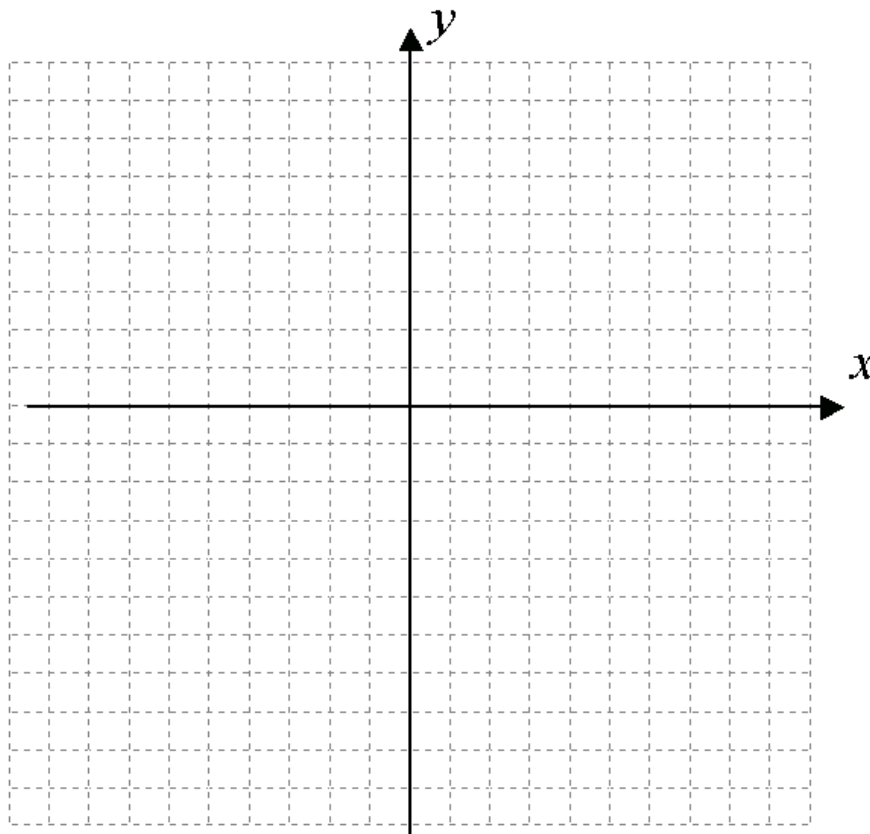


## Coordenadas XY - ABSOLUTAS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A	65	10	
B	45	10	
C	45	45	
D	30	60	
E	-30	60	
F	-30	0	
G	-50	0	
H	-50	-65	
I	10	-65	
J	10	-45	
K	40	-45	
L	40	-20	
M	55	-20	
N	65	10	

Considere a peça com espessura constante de 25mm



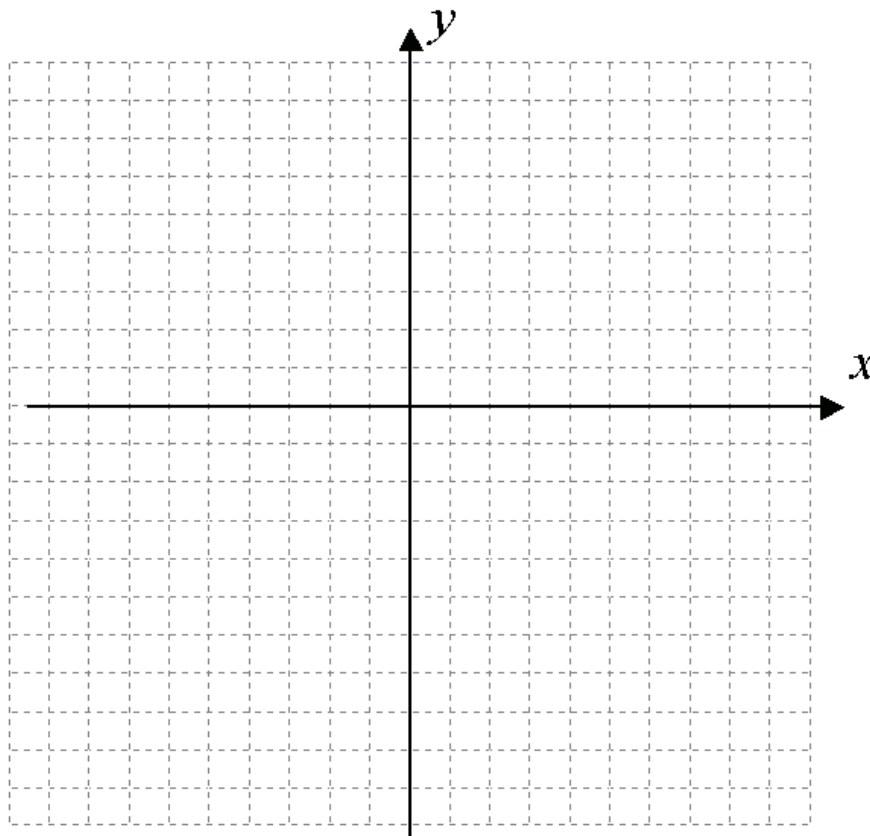


## Coordenadas XY - ABSOLUTAS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A	80	-80	
B	60	-80	
C	60	-50	
D	20	-50	
E	20	-80	
F	-60	-80	
G	-80	-60	
H	-80	80	
I	-60	80	
J	-60	50	
K	-20	50	
L	-20	80	
M	60	80	
N	80	60	
O	80	-80	

Considere a peça com espessura constante de 55mm

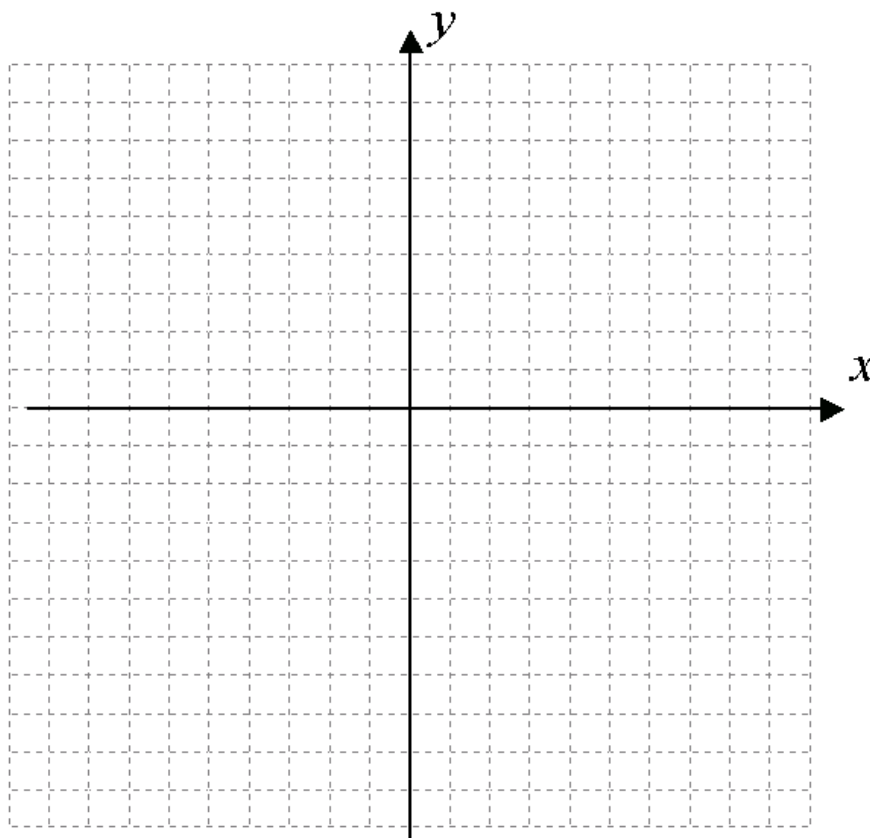


## Coordenadas XY - ABSOLUTAS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			

Considere a peça com espessura constante de 30mm

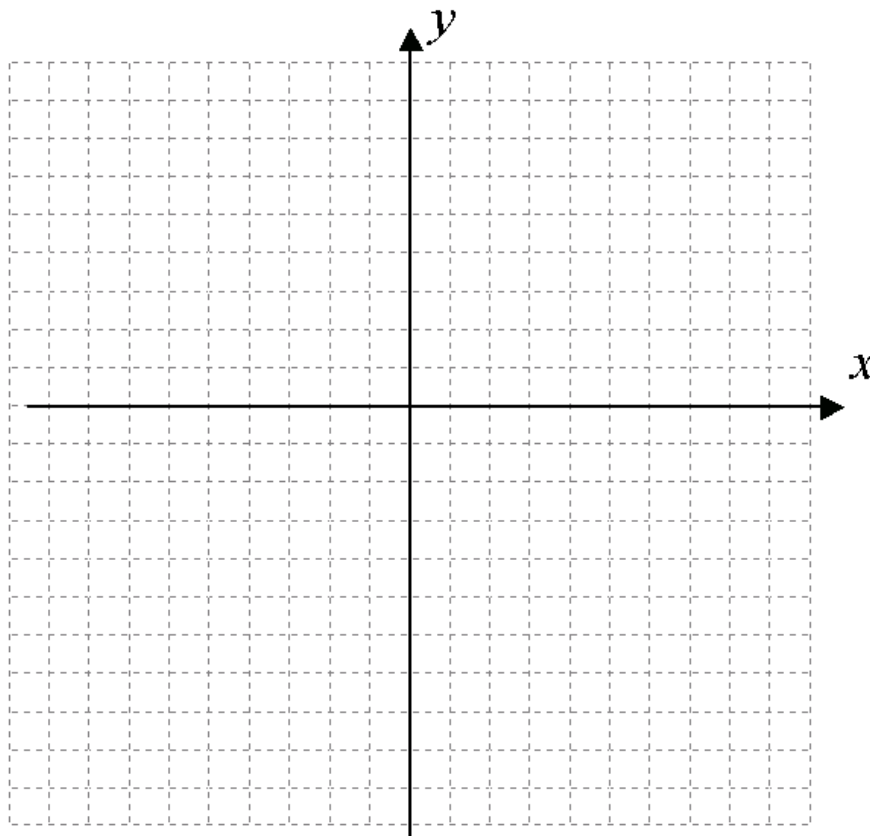


## Coordenadas XY - ABSOLUTAS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

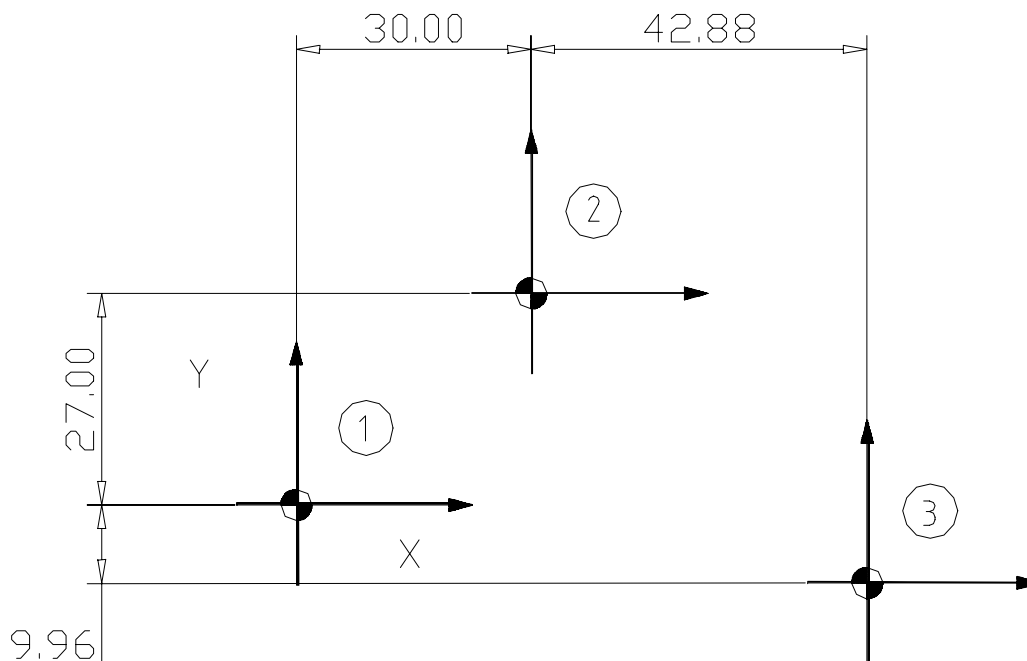
Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			

Considere a peça com espessura constante de 30mm



### 3.3. Coordenadas incrementais

É aquele em que todos os pontos são definidos no plano através de um sistema de coordenadas ortogonais, onde a o ponto anterior é chamada origem. O sinal da coordenada é definido em função da direção do movimento.



*Coordenadas no plano de trabalho – sistema incremental.*

**Exemplos:**

*Considerando o sentido de movimento 1 - 2 - 3*

Ponto	Valor em X	Valor em Y	Descrição
1	0	0	Origem do movimento no ponto 1
2	+30,00	+27,00	Distâncias do ponto 1 para o ponto 2
3	+42,88	-36,96	Distâncias do ponto 2 para o ponto 3

*Considerando o sentido de movimento 3 - 2 - 1*

Ponto	Valor em X	Valor em Y	Descrição
3	0	0	Origem do movimento no ponto 3
2	-42,88	+36,96	Distâncias do ponto 3 para o ponto 2
1	-30,00	-27,00	Distâncias do ponto 2 para o ponto 1

O sistema de coordenadas incremental é bastante utilizado para execução da usinagem de determinados detalhes do desenho que se repitam em pontos diferentes da peça, facilitando assim a programação.

Podem servir de recurso para usinagem de diversas peças iguais fixadas simultaneamente na máquina.

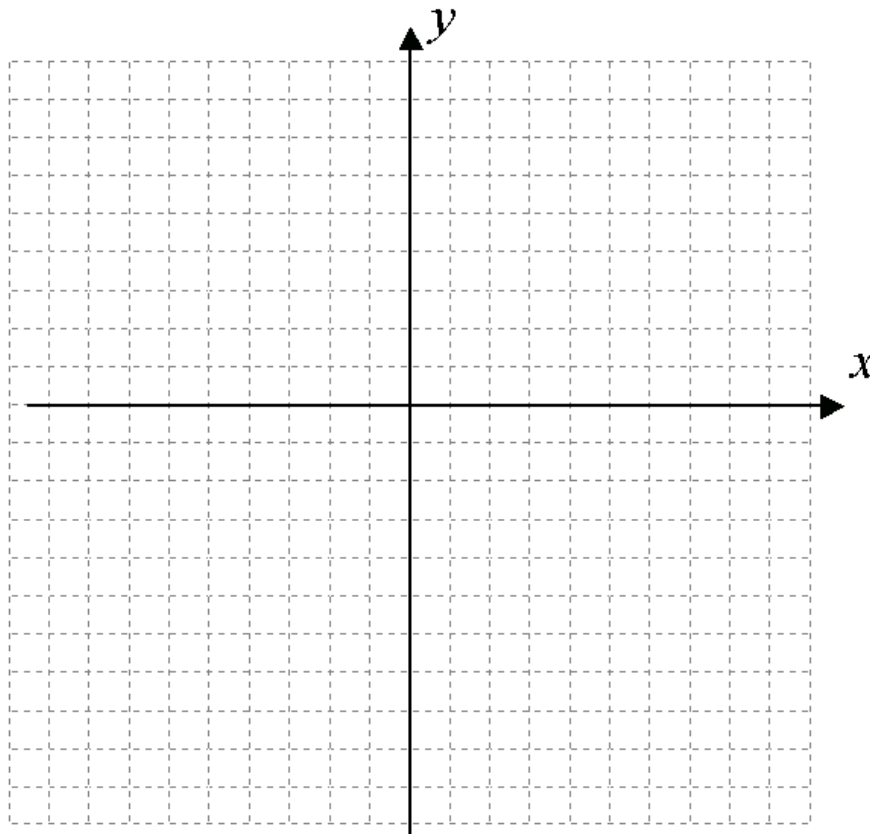
### 3.4. Exercícios – Sistemas de coordenadas absolutas

#### Coordenadas XY - INCREMENTAIS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A	-30	50	
B	-30	-30	
C	0	-10	
D	40	0	
E	0	-20	
F	-20	30	
G	0	-20	
H	80	0	
I	20	20	
J	0	30	
K	-40	0	
L	0	40	
M	20	0	
N	0	20	

Considere a peça com espessura constante de 40 mm

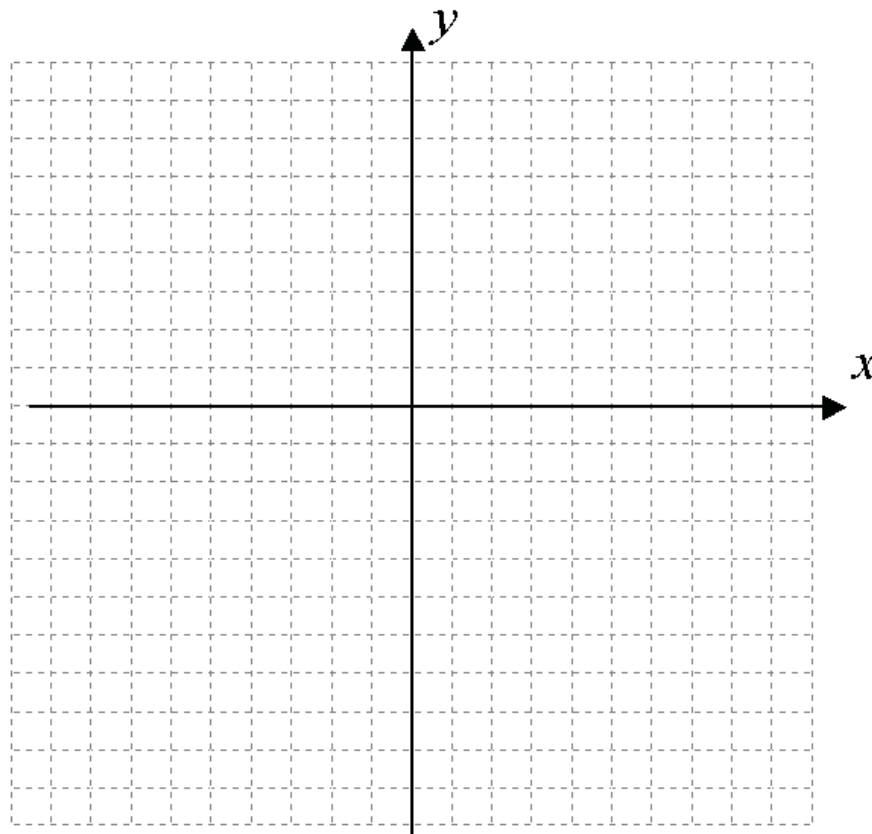


## Coordenadas XY - INCREMENTAIS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A	70	20	
B	0	30	
C	-30	20	
D	-30	0	
E	0	-40	
F	-20	0	
G	0	30	
H	-30	0	
I	0	-70	
J	-10	-30	
K	20	-20	
L	70	0	
M	0	40	
N	30	40	

Considere a peça com espessura constante de 55mm

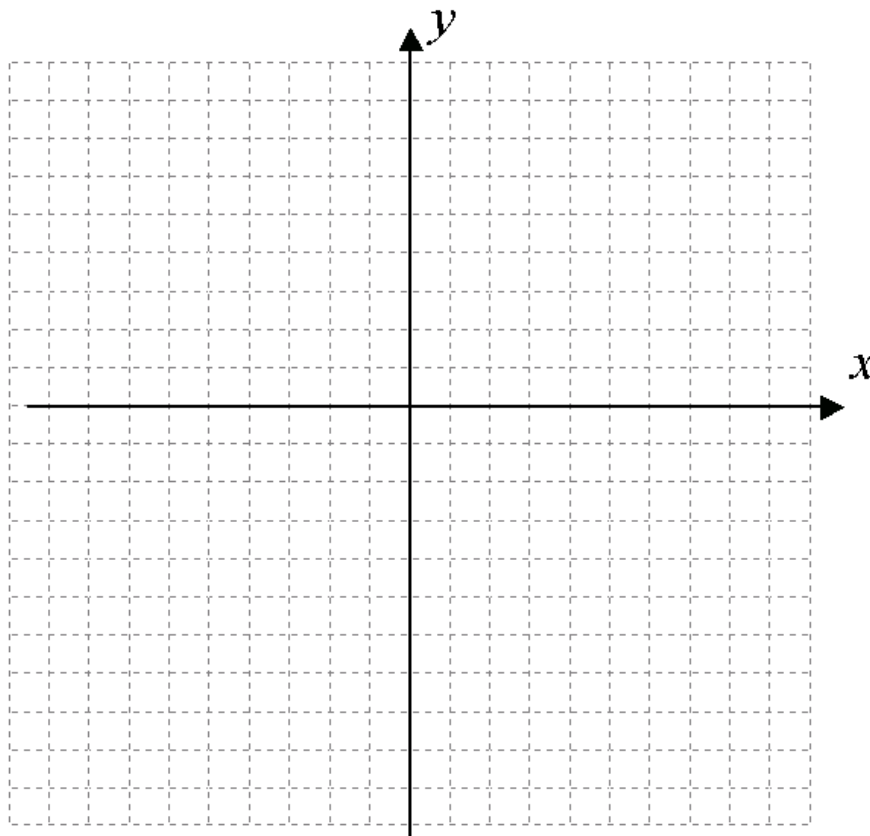


### Coordenadas XY - INCREMENTAIS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			

Considere a peça com espessura constante de 25mm

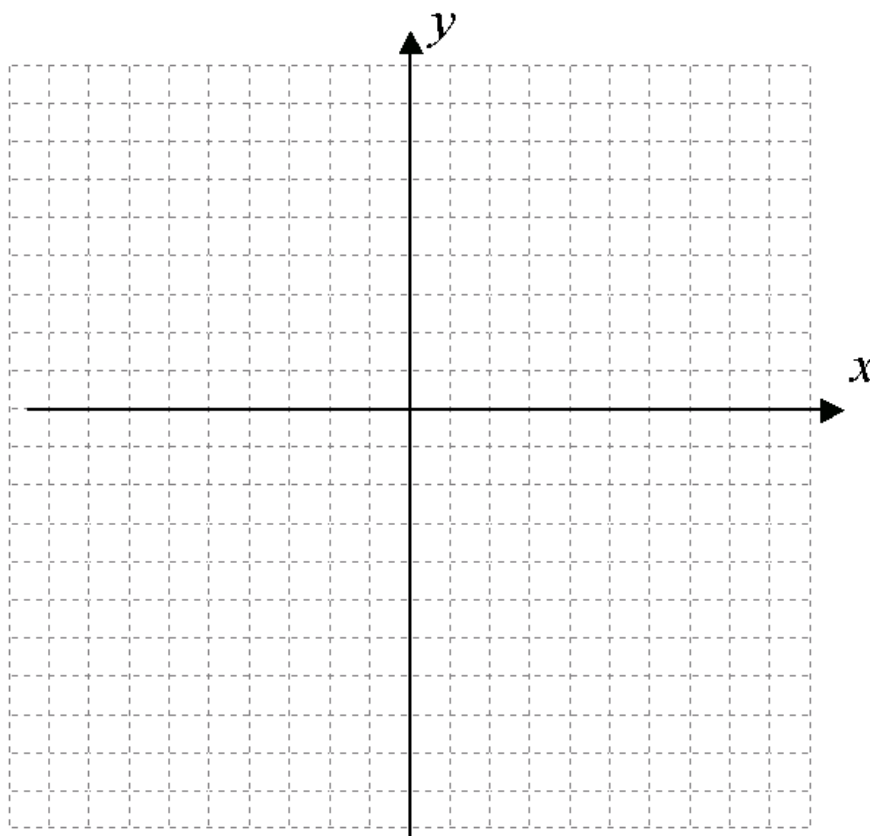


## Coordenadas XY - INCREMENTAIS

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça.

Ponto	X	Y	Perspectiva da peça
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
J			
K			
L			
M			
N			
O			

Considere a peça com espessura constante de 35mm





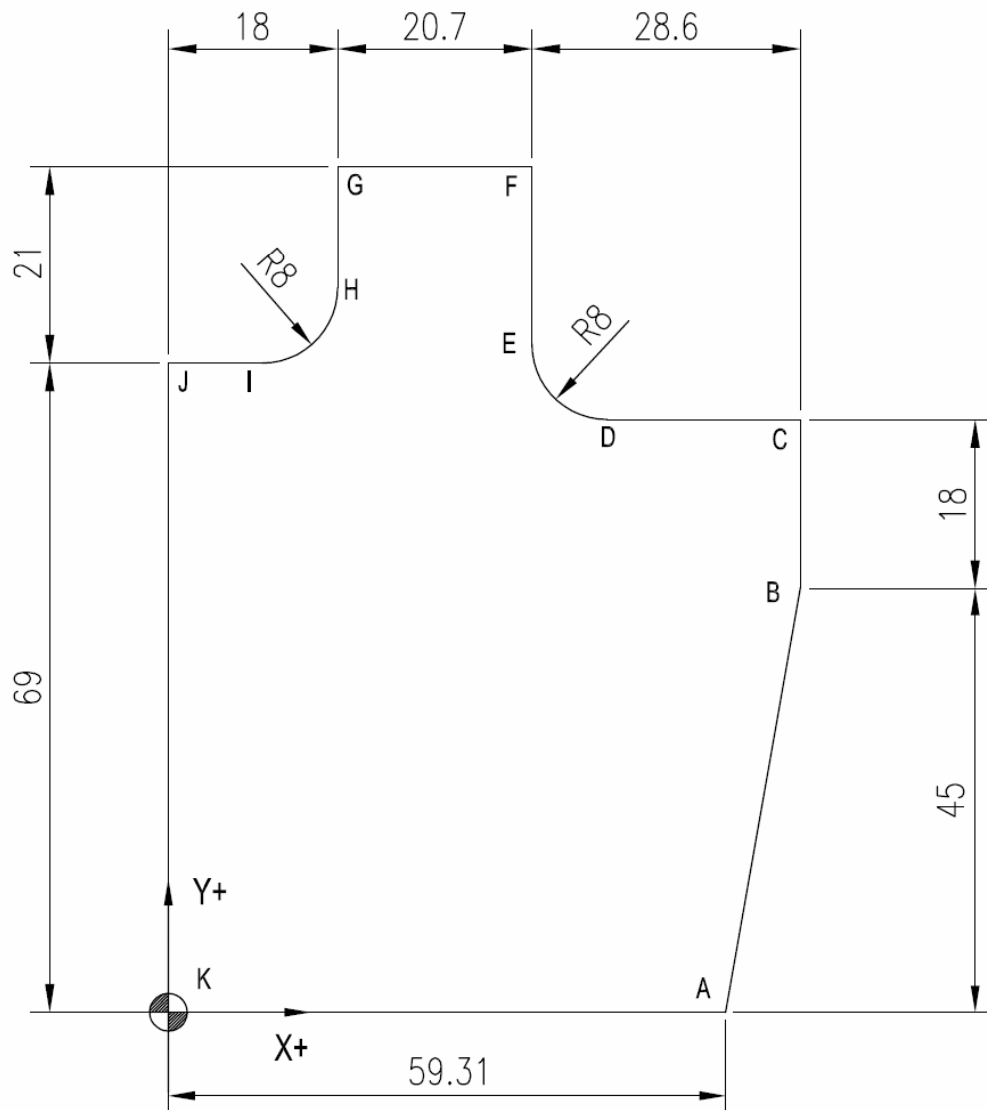
### 3.5. Análise de desenhos

Para se fazer a programação CNC é necessário fazer antes a análise do desenho da peça. Identificando todas as medidas necessárias para a fabricação, o programador escolhe o tipo do sistema de coordenadas que irá utilizar, atribuindo uma origem coincidente com um ponto ou eixo geométrico da peça de onde partirão as medidas para escrever o programa CNC.

Desta forma, é necessário identificar todos os pontos da geometria da peça em função do sistema de coordenadas estabelecido no estudo do desenho.

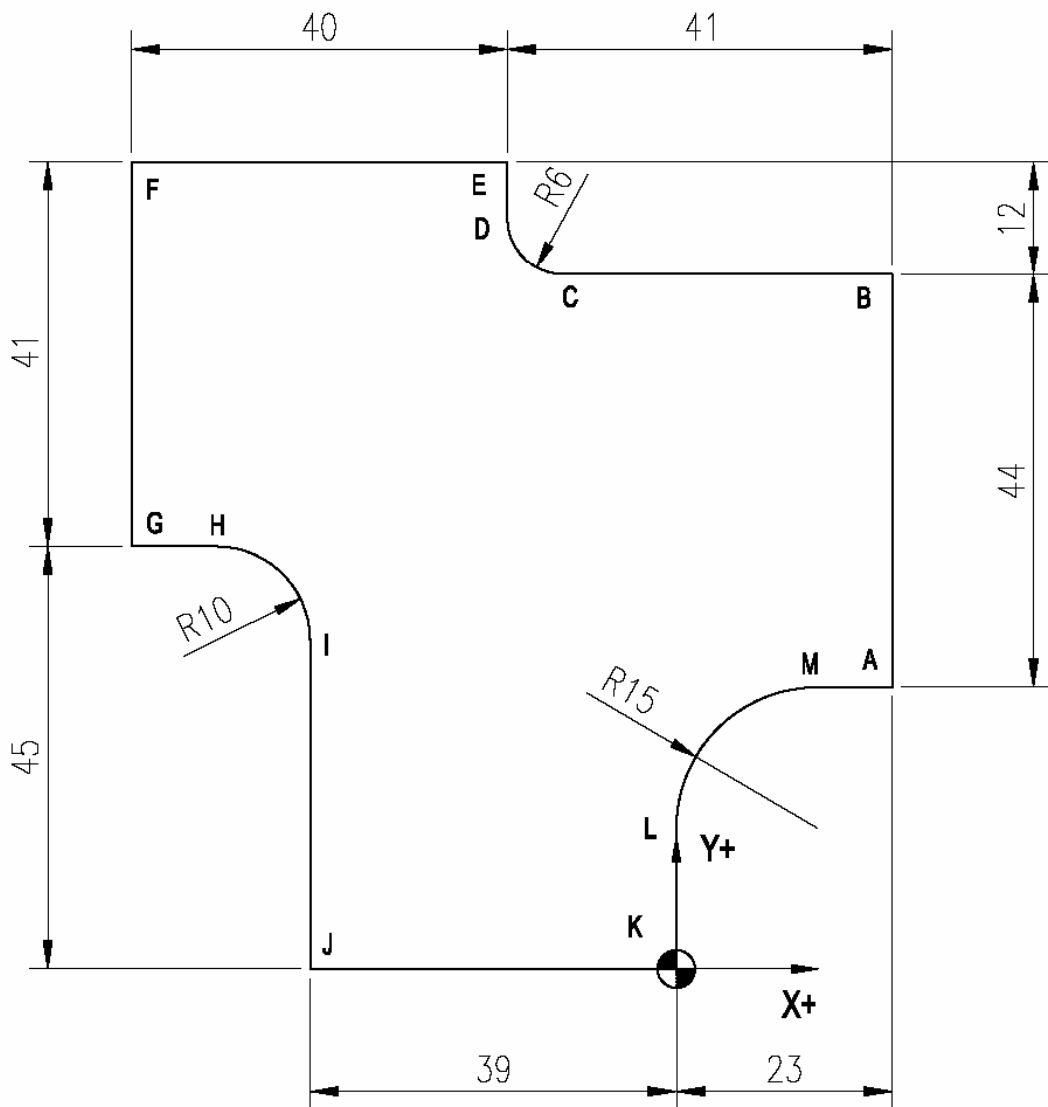
SISTEMA DE COORDENADAS X Y  
EXERCÍCIO 01

	X	Y
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		



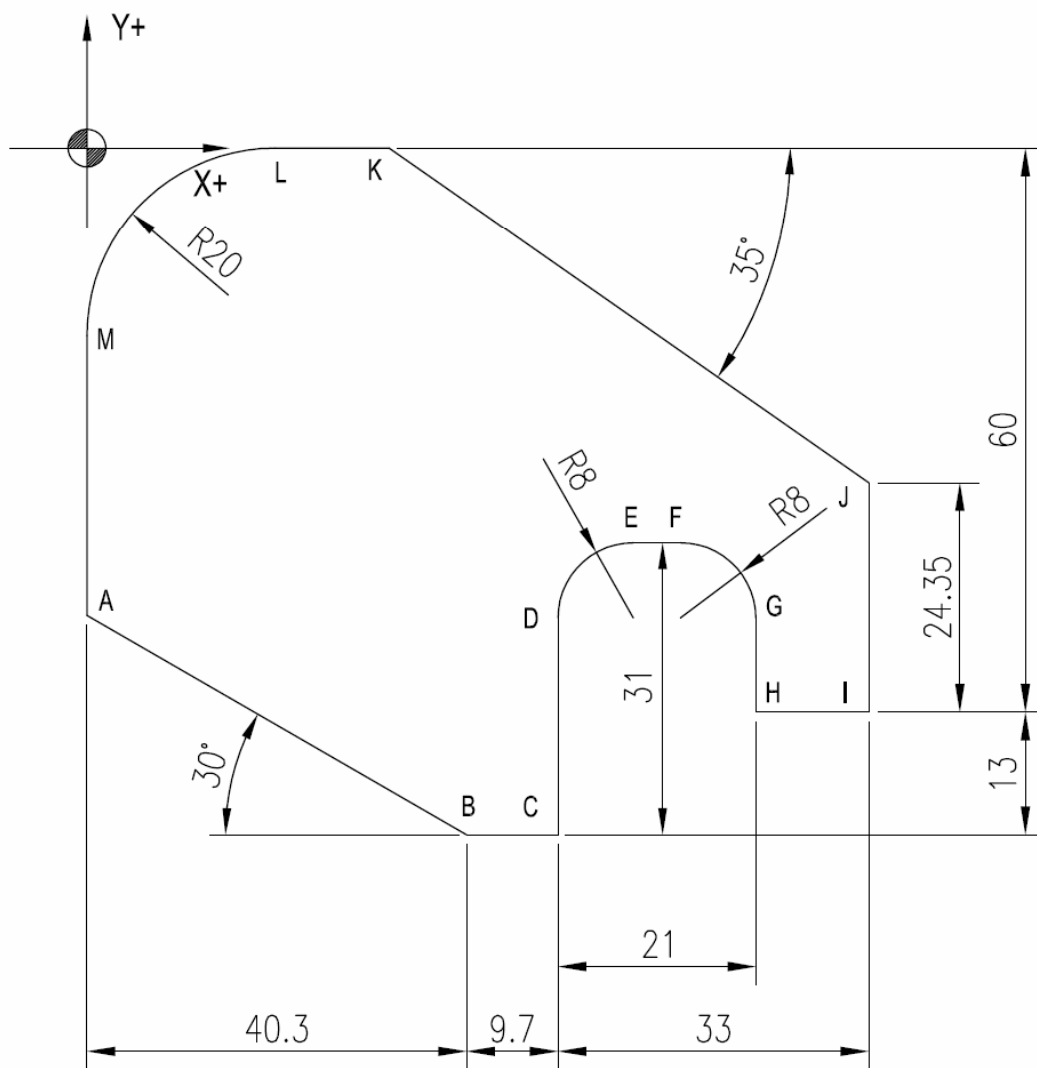
**SISTEMA DE COORDENADAS X Y**  
**EXERCÍCIO 02**

	X	Y
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		
M		



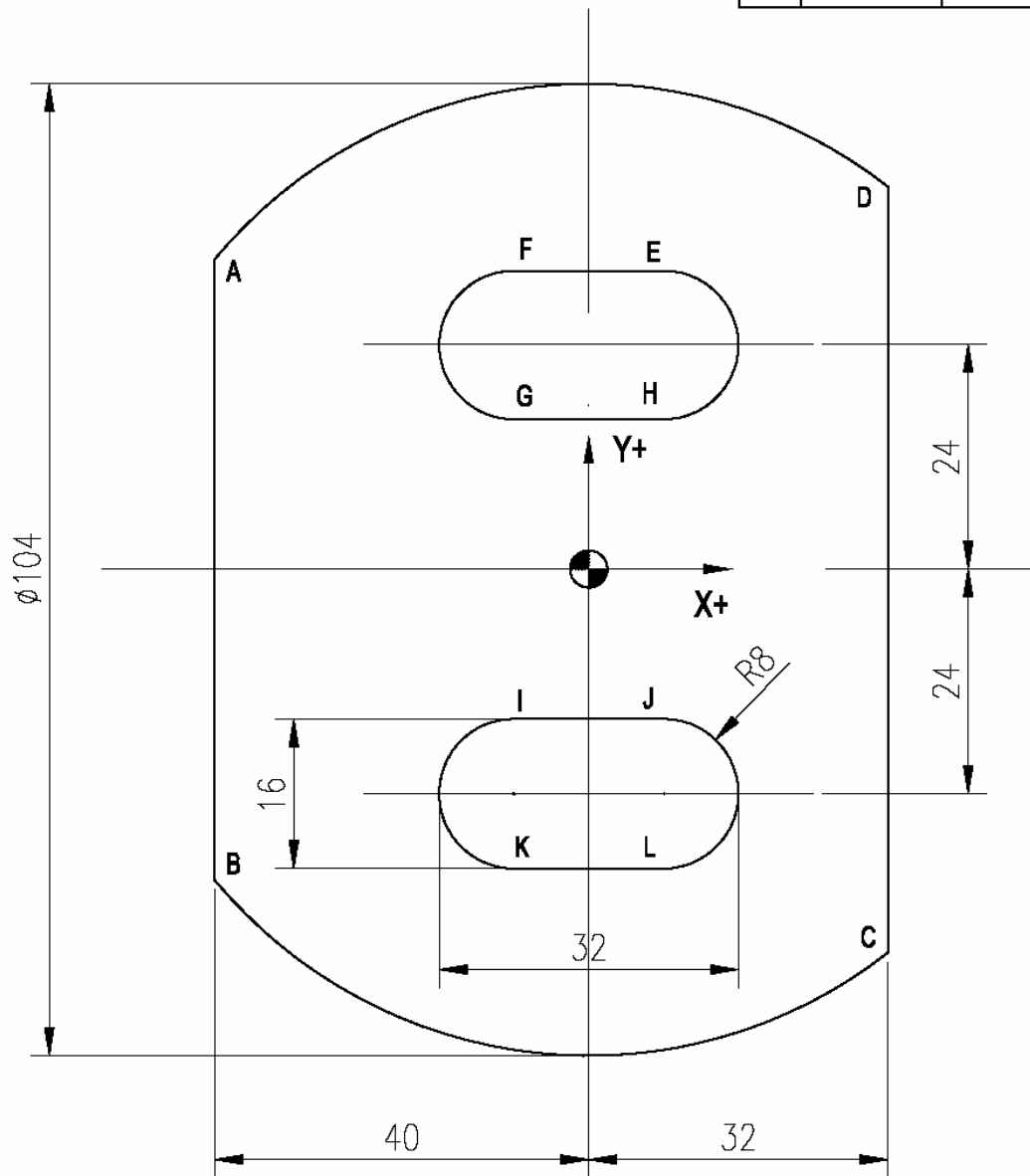
SISTEMA DE COORDENADAS X Y  
EXERCÍCIO 03

	X	Y
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		
M		



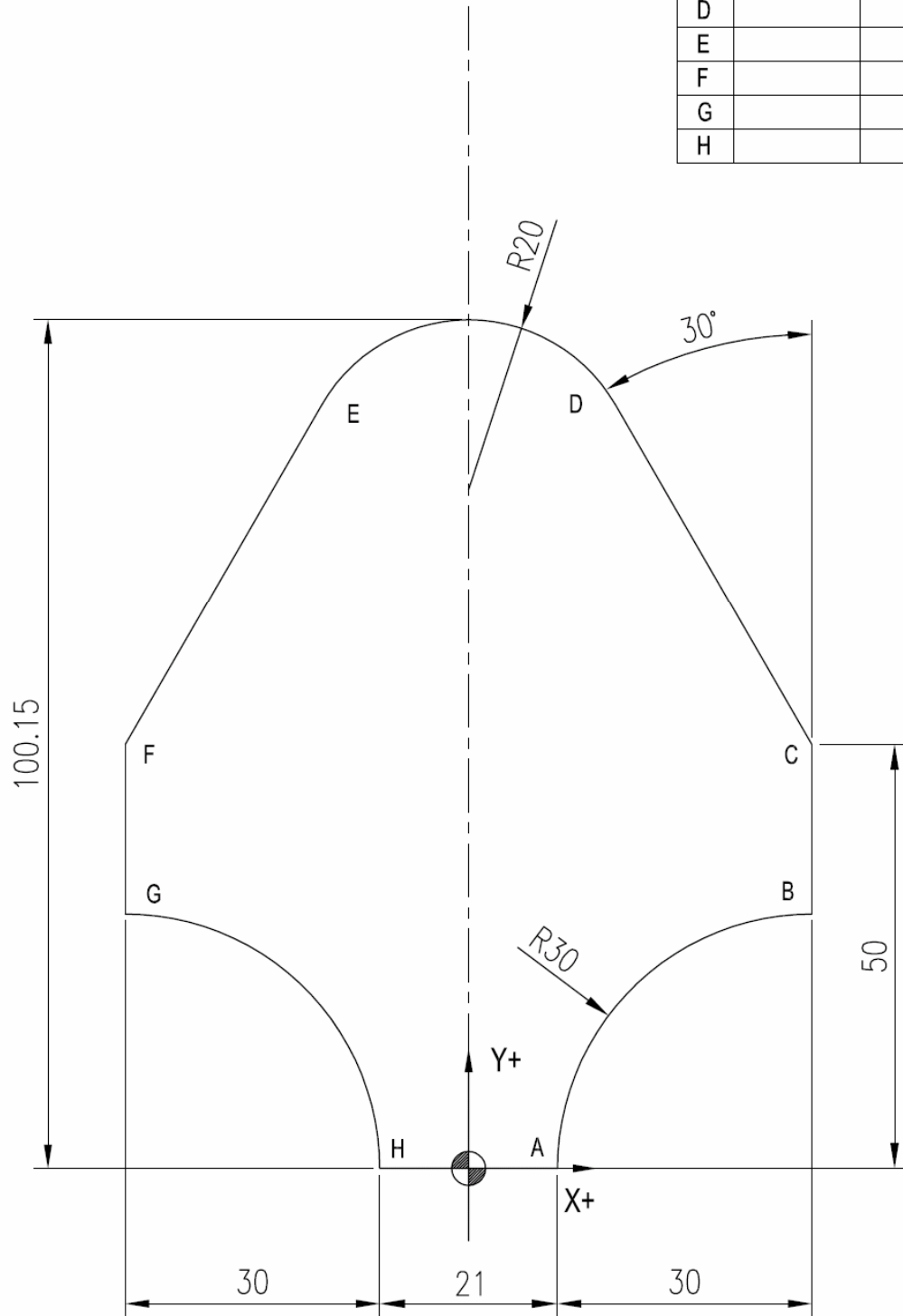
**SISTEMA DE COORDENADAS X Y**  
**EXERCÍCIO 04**

	X	Y
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		



SISTEMA DE COORDENADAS X Y  
EXERCÍCIO 05

	X	Y
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		



### 3.6. Linguagem do sistema ISO

#### BLOCOS DE USINAGEM

São linhas de programação que contém as informações necessárias à execução de uma etapa do programa.

Exemplo: N10 G01 G90 X100 F500

Neste bloco, o eixo X será deslocado até a posição 100 mm a uma velocidade de 500 mm / min. O comprimento do bloco está limitado a 120 caracteres. Um bloco pode ser apresentado subdividido em várias linhas.

O número do bloco pode ser escolhido livremente. Entretanto, para que seja possível o início do programa a partir de um determinado bloco, bem como para se obter informações claras do destino de uma instrução de salto, não deve haver mais de um bloco com o mesmo número.

É permitida a programação sem a numeração de blocos. Neste caso porém, não será possível o adiantamento do programa para um bloco intermediário, nem a utilização de instruções de salto.

#### CARACTERES DISPONÍVEIS

Basicamente, podemos usar dois códigos para programação:

- DIN 66025 (ISO)
- EIA RS 244-B

Os exemplos desta apostila baseiam-se no código ISO. Para a formulação das instruções de programa, tecnológicas e geométricas, o código ISO utiliza os seguintes caracteres :

Letras de endereços

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z

Letras minúsculas

a, b, c, d, e, f

Números

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Caracteres especiais

% , + - \* / : . = < > @ & \$ ! ? [ ] ( ) " ' " "

SIGNIFICADO DAS PALAVRAS

% ou O	Início de programa
N..	Número do bloco
G..	Função preparatória. Através deste endereço são definidas as condições da trajetória (p.ex. sistema de medidas, ponto zero, tipo de deslocamento).
X.. , Y.. , Z..	Eixos de movimento principais. Em conjunto com o nome do eixo, será programado o valor numérico para deslocamento.
U.., V.., W..	Eixos de movimento secundários. Estes eixos são paralelos aos eixos principais da máquina. Algumas vezes executam deslocamentos incrementais, associados aos eixos X, Y e Z, respectivamente.
A.. , B.. , C..	Eixos de movimento rotacionais. Executam movimentos de rotação associados aos eixos X, Y e Z, respectivamente.
I.. , J.. , K..	Parâmetros de interpolação circular. Indicam a posição do centro de círculo para movimentos circulares.
R...	Especifica o raio de interpolação para movimentos circulares.
F..	Sob este endereço é programada a velocidade de deslocamento a partir deste bloco.
S..	Programação da rotação ou velocidade do fuso.
T..	O endereço T chama e define a ferramenta a ser utilizada.
M..	Função miscelânea. O endereço M ativa as funções de máquina.
P...	Especifica o número de ciclos do programa.
( ou ;	Início de comentário de programa
#	LINE FEED – este caractere significa fim de linha. Não é necessário escrever o caractere #, que é gerado automaticamente pelo comando a cada mudança de linha. Alguns comandos não necessitam de instrução de fim de linha.



### 3.7. Programação de blocos de trajetória

Uma informação de trajetória consiste em um endereço de eixo e um valor numérico, que descreve a trajetória do eixo. Caso seja usado um sinal ( + ou - ), este será colocado entre o endereço e o valor numérico.

Para que o deslocamento do eixo possa ser feito, uma informação de trajetória deve ser complementada por uma função preparatória (função G), bem como informações de velocidade de avanço (função F).

Exemplo :   N110 G00 X120  
              N120 G01 X100 F150

A função preparatória define o modo de movimentação, o tipo de interpolação e o sistema de medidas da máquina.

Funções G modais, são aquelas que permanecem ativas até que sejam canceladas ou substituídas por outra função G do mesmo grupo, enquanto que as não modais atuam apenas no bloco em que foram programadas. As funções modais são divididas em grupos e cada bloco de programa pode conter apenas uma função G de cada grupo.

Antes de iniciar o movimento da usinagem é necessário pré posicionar a ferramenta de forma a evitar danos na ferramenta, máquina ou peça.

#### POSIÇÃO DE PARTIDA – POSIÇÃO DE DESTINO

O movimento de posicionamento sempre ocorre da posição da qual se aproximou em último lugar para a posição de destino programada. Esta posição de destino é por sua vez a posição de partida para o próximo comando de deslocamento, e assim sucessivamente.

***Um endereço de eixo pode ser programado apenas uma vez por bloco.***

Exemplos :   N110 G01 G90 X120 F100  
              N120 Y-25.4  
              N130 X125.2 Y-28.4

Neste tipo de instrução podemos utilizar coordenadas absolutas (G90) ou incrementais (G91). Sistemas de coordenadas retangulares ou polares, dependendo da geometria da peça.

***O movimento poderá ser uma interpolação linear ou circular.***

### 3.8. Possibilidades de movimentos entre dois pontos

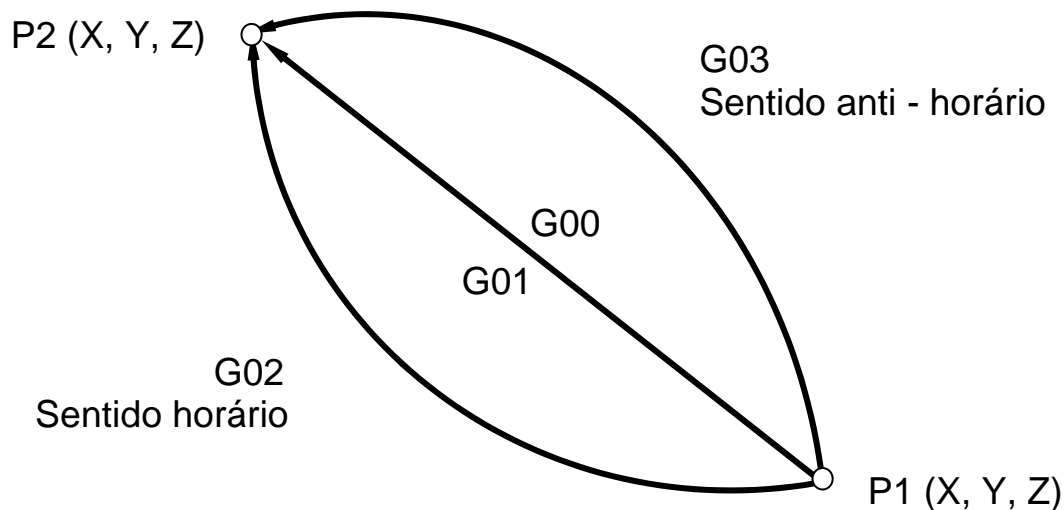
Durante a usinagem, a ferramenta executa movimento relativo à peça, produzindo o contorno programado. Este tipo de movimento é realizado através da programação de blocos de trajetória.

O endereço do comando de eixo define qual eixo deverá efetuar a trajetória descrita no valor numérico que segue.

Exemplos : N110 G00 X120  
N120 G01 Y-25.4 F120  
N130 X125.2 Y-28.4  
N140 G02 X152.7 Y-32.4 I12.4 K22.1

Neste tipo de programação poderemos efetuar as seguintes trajetórias:

- Interpolação linear com avanço rápido - G00
- Interpolação linear com avanço programado - G01
- Interpolação circular com avanço programado - G02 ou G03



### INTERPOLAÇÃO LINEAR COM AVANÇO RÁPIDO - G00

A interpolação em avanço rápido é utilizada para efetuar posicionamentos em que a ferramenta não toque a peça, de modo a reduzir o tempo total de usinagem.

A máquina se desloca com a máxima velocidade até atingir a posição programada. Normalmente este comando é utilizado em posicionamentos iniciais e recuos de ferramentas.

É possível fazer a programação utilizando o comando G00, ou G0. Os dois comandos terão o mesmo efeito.

Exemplo :   N110 G00 X120  
              N120 Y95  
              ...  
              ...  
              N340 G00 Z10 M9  
              N350 G00 Z200 M5

### INTERPOLAÇÃO LINEAR COM AVANÇO PROGRAMADO - G01

Este comando é utilizada para efetuar posicionamentos precisos com avanços programados durante o processo de usinagem.

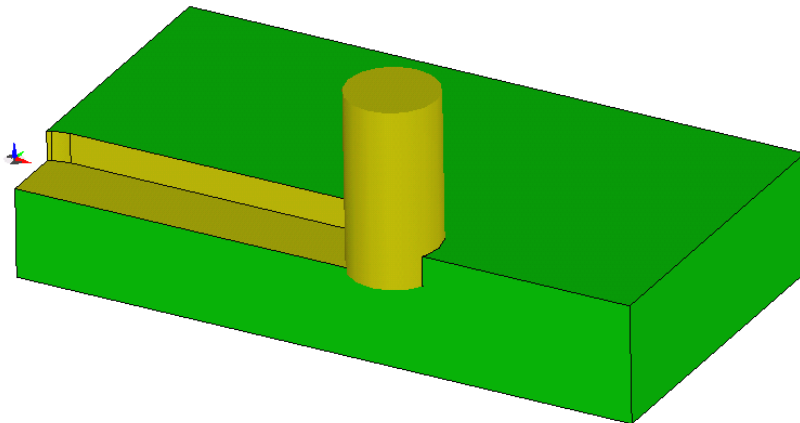
Quando programa-se em G01, é necessário indicar a velocidade de deslocamento através do endereço F.

Exemplo :   N110 G00 X120  
              N120 G01 Z-9.15 F20  
              ...  
              ...  
              N330 X140 Y-45  
              N340 G00 Z10 M9  
              N350 G00 Z200 M5

O valor do avanço permanece o mesmo, em todas as linhas de programa que tenham o comando G01. Para mudar o valor do avanço, basta mudar o valor programado sob o endereço F, este novo valor assumirá o comando da máquina até que seja programado um novo valor, ou seja mudado o modo de deslocamento da máquina.

Uma vez que o programa esteja movimentando a máquina em G01, este modo permanece o mesmo até que, no programa, apareça uma instrução do tipo G02, G03 ou G00.

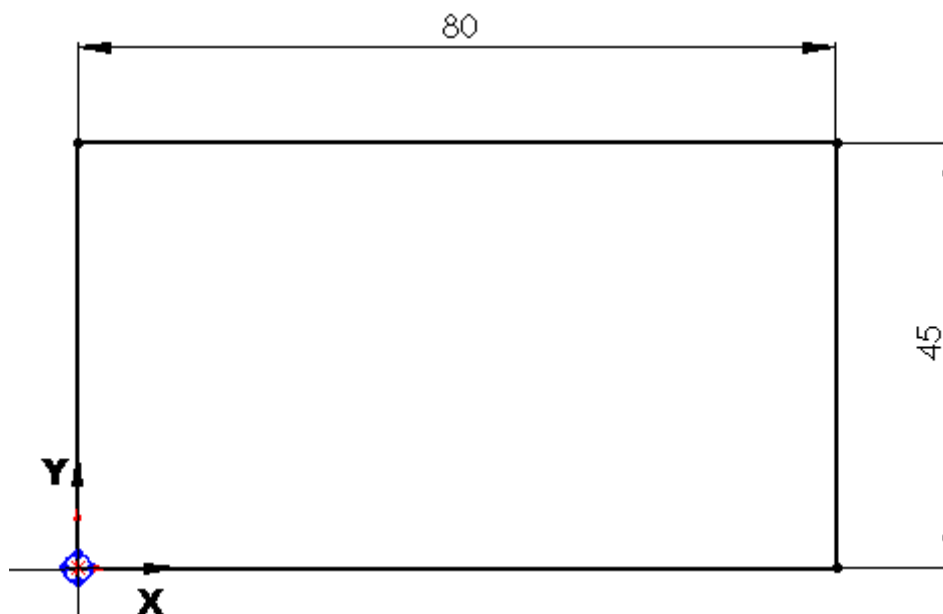
***G00, G01, G02 e G03 são comandos modais.***

INTERPOLAÇÃO LINEAR COM AVANÇO PROGRAMADO - G01

*Peça com operação de interpolação linear G01*

Para fresamento, o endereço F assume o formato de velocidade de avanço, tendo sua unidade em mm/min.

Exemplo :



```
N110 G00 X-10 Y0      (Interpolação linear avanço rápido)
N120 G01 X80 Y0 F40   (Avanço de 40 mm/min)
N130 X80 Y45
N140 X0 Y45
N150 X0 Y0
```

Em alguns tipos de máquina é possível escolher qual o tipo de avanço programado com G01. Neste caso são utilizados comandos específicos para determinar se o avanço será controlado em (mm/rot) ou (mm/min).

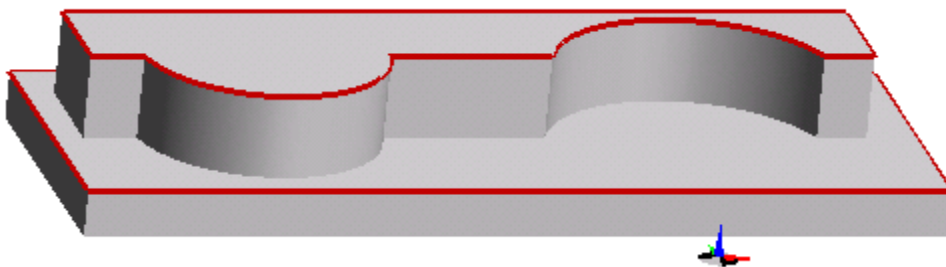
INTERPOLAÇÃO CIRCULAR COM AVANÇO PROGRAMADO - G02 / G03

Esta função programa a máquina para executar movimentos circulares sob avanço programado.

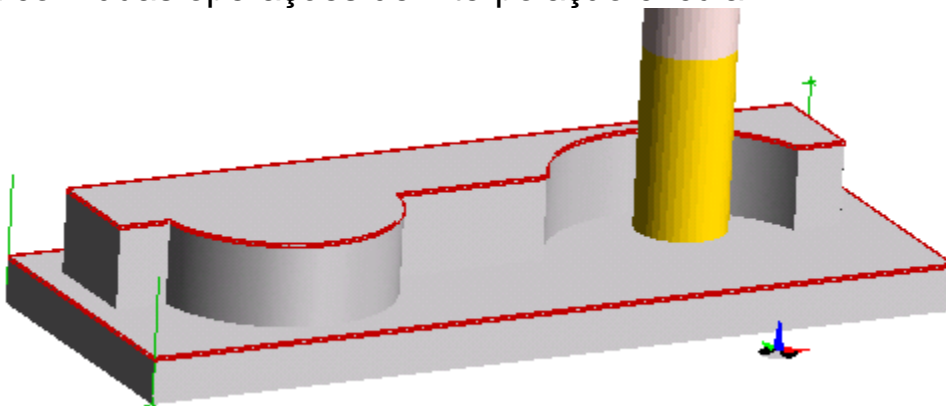
G02 – Sentido horário

G03 – Sentido anti-horário

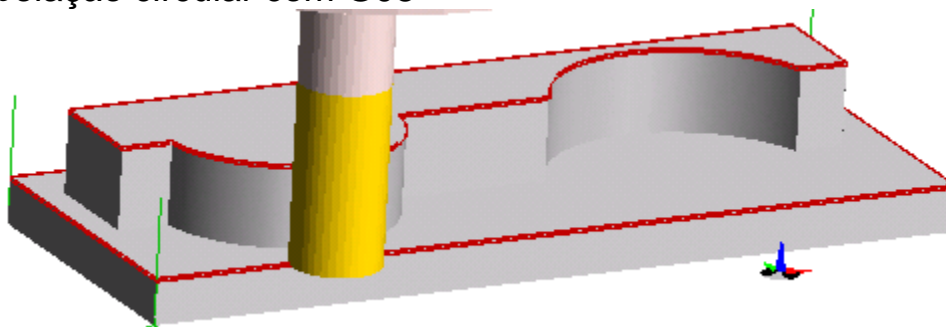
Para fresamento, considera-se o plano de trabalho olhando no sentido de penetração do eixo da ferramenta na peça.



Peça com duas operações de interpolação circular



Interpolação circular com G03



Interpolação circular com G02

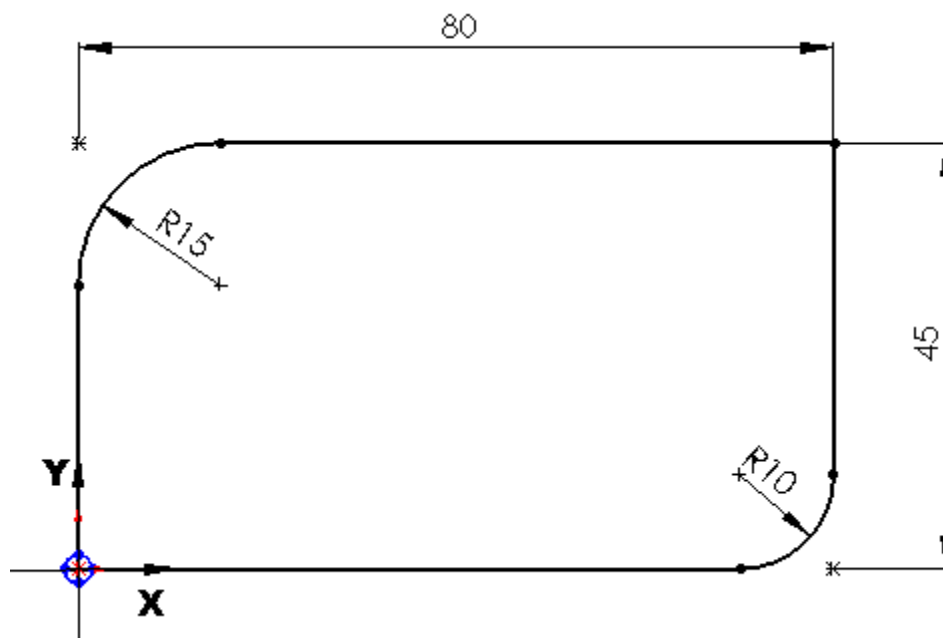
#### 4. Fresamento - Programação de contornos

Nas operações de fresamento o movimento principal de corte é conseguido através da rotação da ferramenta pelo eixo da máquina. O movimento que determina o perfil da peça que será usinada poderá ser realizado pela peça ou pela ferramenta.

Para efeitos de programação, considera-se que a peça permanece fixa, sendo que a ferramenta percorre o perfil a ser usinado. Para a peça é normalmente associado um sistema de coordenadas do tipo XY.

Quando a usinagem é executada no plano XY, o valor das coordenadas no eixo X são programadas nas medidas nominais da peça.

Exemplo :



N10 G00 X-10 Y0	(Interpolação linear avanço rápido)
N20 G01 Z-5 F20	
N30 G01 X70 Y0 F40	(Avanço de 40 mm/min)
N40 G03 X80 Y10 R10	(Interpolação circular anti horário)
N50 G01 X80 Y45	
N60 X15 Y45	
N70 G03 X0 Y30 R15	
N80 G01 X0 Y0	
N90 G00 Z150	

#### 4.1. Definição de ferramentas

Existem algumas diferenças no trato com ferramentas, de acordo com o comando da máquina. Porém, de uma forma geral, para indicar ferramentas é utilizado o endereço T.

A chamada de ferramentas consiste num bloco de programa que tem por função indicar qual será a ferramenta para executar parte da usinagem da peça.

Exemplos : N101 T101 (FERRAMENTA DE FACEAR TJLP)

N200 T6 ;(FRESA DE TOPO 3CORTES DIAM. 20MM)  
N210 D1

Os dados referentes à geometria das ferramentas são depositados em uma área de corretores de ferramenta (TOA), sendo que o acionamento do corretor de ferramenta no programa depende do comando da máquina.

Em fresadoras e centros de usinagem normalmente utiliza-se um endereço do tipo D ou H

Exemplos : N10 T15 (Fresa de topo HSS diam. 22mm)  
N20 S660 M3 D1

Ou então :

N220 T06 H06 M06 (Fresa abacaxi Diam. 63mm)

Em tornos, normalmente o corretor de ferramenta acompanha o endereço de chamada da mesma

Exemplo : N101 T01 (Ferramenta de acabamento externo)  
...  
...  
N707 T07 (Ferramenta de canal interno)

É muito importante para o programador, ter em mente quais são as dimensões importantes da ferramenta para a confecção da peça. Normalmente estes valores são introduzidos diretamente no painel da máquina em página específica para corretores de ferramentas.

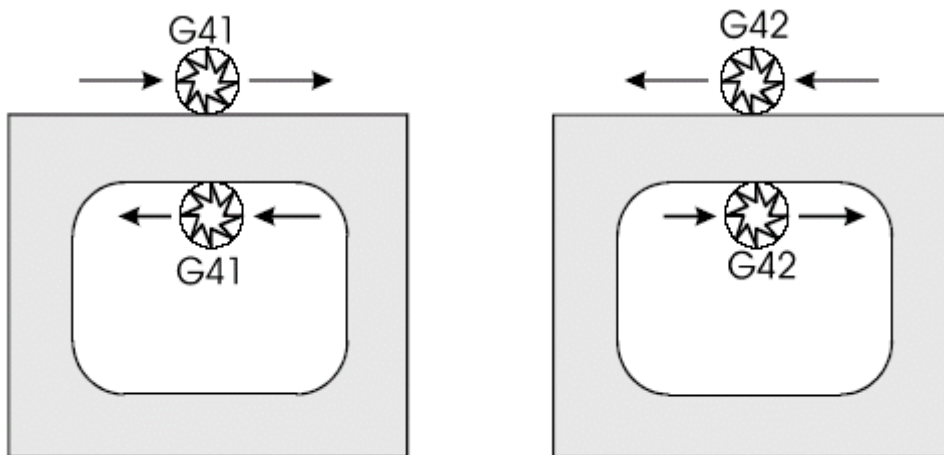
Os programas deverão conter uma breve descrição da ferramenta, como comentário, de forma que o operador possa montar o conjunto de ferramentas necessárias àquela usinagem.

## COMPENSAÇÃO DE RAIOS G40 / G41 / G42

A programação de usinagem de peças em fresadoras depende do diâmetro da ferramenta a ser utilizada.

Os comandos de compensação de raio se referem ao diâmetro da ferramenta e seguem a seguinte regra :

Para fresadoras e centros de usinagem, é considerado o sentido de movimento da ferramenta em relação à peça, olhando-se da vista de cima da usinagem.



Compensação do raio da ferramenta.

Então, para efetuar a programação de contornos nas peças usinadas em fresadoras, as medidas a serem programadas são as dimensões retiradas diretamente dos desenhos, não importando o diâmetro da ferramenta, desde que possibilite a fabricação da peça.

### AVANÇO EM MM/MIN - G94

Estabelece o valor sob endereço F como velocidade de avanço em mm/min.

Exemplo :

(BROCA DE CENTRO DIAM. 3,15MM)

N230 T01 M06

(Chamada da ferramenta)

N240 G97 S1800 M03

(Rotação Constante de 1800 RPM)

N250 G0 X0 Y20 Z5

(Posicionamento nas coordenadas X0 e Z5)

N260 G1 G94 Z-5 F140

(Movimento com avanço de 40mm/min)



## VELOCIDADE EM ROTAÇÃO CONSTANTE - G97

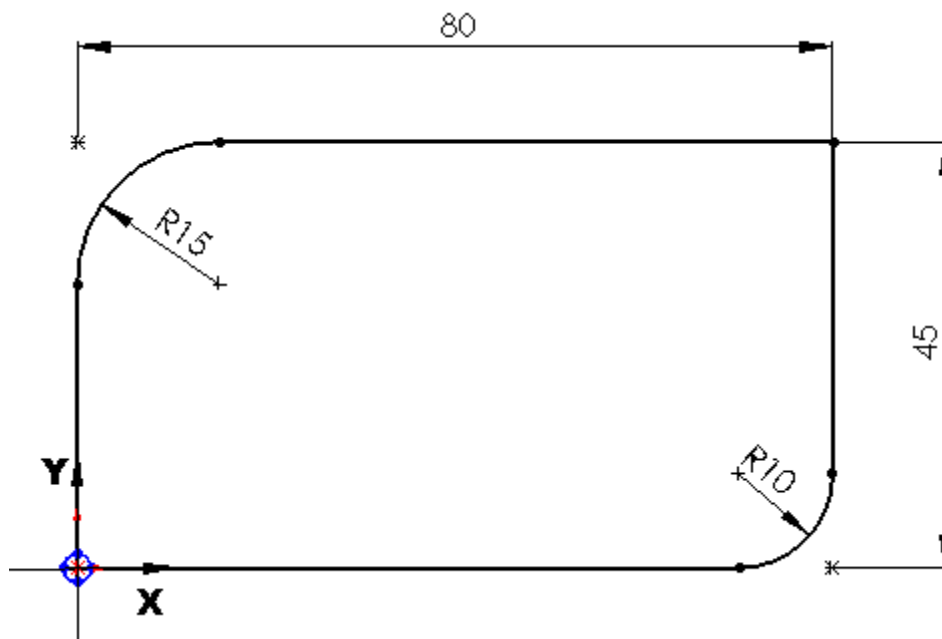
Estabelece o valor sob endereço S como velocidade em RPM

Exemplo :

(BROCA DE CENTRO DIAM. 3,15MM)

N30 T01 M06	(Chamada da ferramenta)
N40 G97 S1800 M03	(Rotação Constante de 1800 RPM)
N50 G00 X10 Y10	(Posição do furo)
N60 Z5	(Aproximação para furação)

Exemplo :



(FRESA DE TOPO DIAM. 10MM)

N10 T01 M6 D1	(Chamada de ferramenta)
N20 G97 S1000 M3	(Liga a máquina com 1000RPM)
N30 G00 X-10 Y-10	
N40 G01 Z-5 F20	
N50 G01 G42 X0 Y0 F200 M8	(Compensação de raio à direita)
N60 G01 X70 Y0 F40	
N70 G03 X80 Y10 R10	
N80 G01 X80 Y45	
N90 X15 Y45	
N100 G03 X0 Y30 R15	
N110 G01 X0 Y-10	
N120 G00 G40 X-10 Y-10	(Cancela correção de raio)
N1300 G00 Z150 M9	

## 4.2. Funções preparatórias e auxiliares

### TEMPO DE PERMANÊNCIA - G4 / G04

É utilizado para determinar a permanência da ferramenta por um tempo determinado no local desejado. A duração deste tempo é definida pelo caracter **P** e define o tempo em segundos que vai de 00.01 a 99.99 segundos.

EXEMPLO :

```
N100 G00 X30 Y25
N110 G01 X25 F100
N130 G4 P2000                Permanência de 2 segundos
N140 G00 X30
N150 Z150
```

### PROGRAMAÇÃO EM POLEGADAS - G20

Esta função é modal e cancela o G21. Todas as medidas programadas produzirão posicionamentos em polegadas.

### PROGRAMAÇÃO EM MILÍMETROS - G21

Esta função é modal e ativa-se quando ligamos a máquina. Todas as medidas programadas produzirão posicionamentos em milímetros.

### RETORNA RÁPIDO PARA O PONTO DE REFERÊNCIA - G28

Esta função faz com que a máquina retorne ao ponto de troca de ferramentas em avanço rápido (G00).

Exemplo : N250 G28 U0 W0

### COORDENADAS ABSOLUTAS - G90

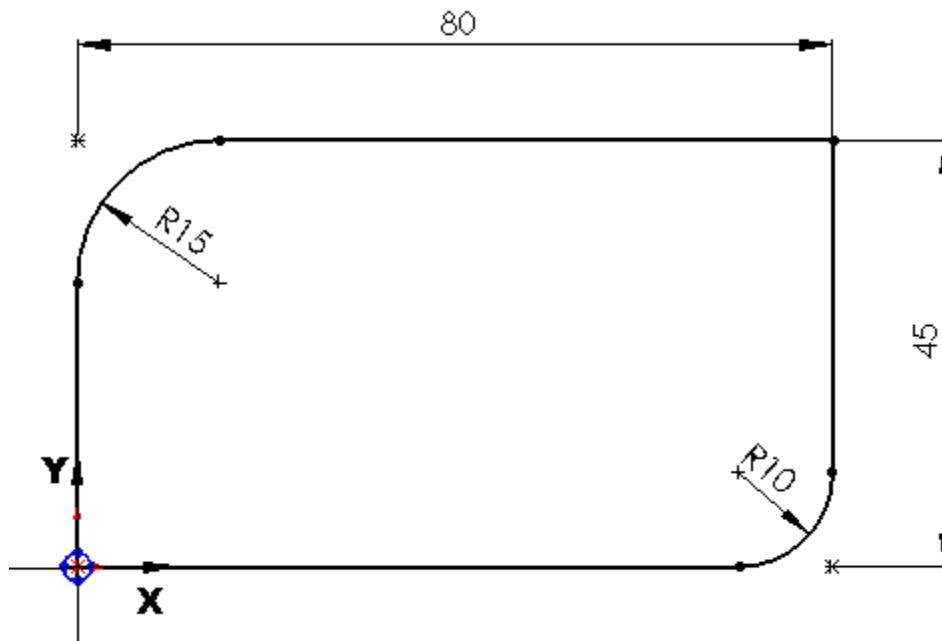
Usa como referência o sistema de coordenadas absolutas da máquina, partindo as medidas do zero peça ou zero máquina.

Exemplo :  
N250 G00 G90 X120 Y100  
N260 G01 Z0 F220  
N290 X-1  
N300 G00 Z5 M9

### COORDENADAS INCREMENTAIS - G91

Utiliza como referência o sistema de coordenadas incremental, partindo as medidas do último ponto do deslocamento, independente de estar usando o zero peça ou zero máquina. As medidas tem referência somente no último ponto do movimento.

Exemplo :



```

%2200
(PROGRAMA PARA FRESAMENTO DO CONTORNO)
N10 G21 G40 G90 G94          (Definições iniciais)
N20 G00 X250 Y150 Z150      (Afastamento para troca de ferr)
(FRESA DE TOPO DIAM. 10MM)
N30 T01 M6 D1              (Chamada de ferramenta)
N40 G97 S1000 M3           (Liga a máquina com 1000RPM)
N50 G00 X-10 Y-10
N60 G01 Z-5 F20
N70 G01 G42 Y0 F200 M8     (Compensação de raio à direita)
N80 G01 X70 F40
N90 G03 X80 Y10 R10
N100 G01 Y45
N110 X15
N120 G03 X0 Y30 R15
N130 G01 Y-10
N140 G00 G40 X-10 Y-10    (Cancela correção de raio)
N150 G00 Z150 M9
N160 M30                  (Fim de programa)

```













### 4.3. Exemplo de programa de fresadora

```

%0231
(CICLOS DIFERENTES)
N10 G21 G40 G90
N20 G28 X0 Y0
(FRESA DE FACEAR DIAM. 63MM x 90 GR)
N30 T01 H01 M06
N40 G97 S660 M3
N50 G0 G54 X-130 Y10
N60 Z5
N70 G1 Z0 F320
N80 X100 Y10 F350
N90 G0 Z5.0
N100 X-100 Y-10
N110 G1 Z0 F320
N120 X125 Y-10 F350
N130 G0 Z5
N140 G28 H0 M19
(BROCA DE CENTRO DIAM. 3,15MM)
N150 T02 H02 M06
N170 G97 S2000 M3
N180 G0 G54 X55 Y0 M8
N190 G81 Z-8 R2 F160 (CICLO DE FURACAO)
N200 M98 P010232
N210 G28 H0 M19
(BROCA HSS DIAM. 12MM COM COBERTURA TIN20)
N220 T04 H04 M06
N230 G97 S2000 M3
N240 G0 X55 Y0
N250 G81 Z-28.5 R2 F120
N260 M98 P010232
N270 G28 H0 M19
(BROCA LONGA HSS DIAM. 12MM)
N280 T06 H06 M06
N290 G97 S2500 M3
N300 G0 X0 Y0
N310 G83 Z-60 Q5 R2 F150 (CICLO DE FURACAO PROFUNDA)
N320 M98 P010233
N330 G28 H0 M19
N340 M30

```

```

L0232
(SUB PARA FUROS CURTOS)
N10 G00 G90 X-38 Y10
N20 X-55 Y0
N30 G80
N40 M99

```

```

L0233
(SUB PARA FUROS LONGOS)
N10 G00 G90 X50 Y25
N20 X-50 Y25
N30 G80
N50 M99

```

#### 4.4. CÓDIGOS G - FRESADORA ISO

- G00** Interpolação linear em avanço em rápido
- G01** Interpolação linear com avanço programado
- G02** Interpolação circular no sentido horário
- G03** Interpolação circular no sentido anti-horário
- G04** Permite uma parada num tempo programado:
- G17** Define o plano de trabalho XY (Valor padrão)
- G18** Define o plano de trabalho XZ
- G19** Define o plano de trabalho YZ
- G20** Programação em polegadas
- G21** Programação em milímetros
- G40** Cancela compensação da ferramenta
- G41** Faz compensação do raio da ferramenta à esquerda da trajetória programada:
- G42** Faz compensação do raio da ferramenta à direita da trajetória programada:
- G53** Cancelamento dos deslocamentos de origem - Ponto zero máquina
- G54** 1.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
- G55** 2.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
- G56** 3.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
- G57** 4.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
- G59** Deslocamento de origem aditivo externo
- G60** Parada precisa
- G64** Deslocamento contínuo
- G70** Sistema de medidas em polegadas
- G71** Sistema de medidas métrico
- G80** Cancelamento de ciclo fixo
- G81** Ciclo de furação simples
- G83** Ciclo de furação tipo pica-pau
- G84** Ciclo de roscamento com macho
- G85** Ciclo de alargamento
- G86** Ciclo de mandrilamento
- G90** Programação em sistemas de coordenadas absolutas
- G91** Programação em sistemas de coordenadas incrementais
- G94** O avanço é programado em mm/min
- G95** O avanço é programado em mm/rot
- G97** A rotação é programada em RPM

## 4.5. CÓDIGOS M - FRESADORA ISO

<b>M00</b>	Parada programada
<b>M01</b>	Parada condicional
<b>M03</b>	Liga rotação da árvore no sentido horário
<b>M04</b>	Liga rotação da árvore no sentido anti-horário
<b>M05</b>	Desliga rotação
<b>M06</b>	Habilita a troca de ferramenta (manual)
<b>M08</b>	Liga refrigeração
<b>M09</b>	Desliga refrigeração
<b>M17</b>	Fim de sub-rotina
<b>M19</b>	Parada orientada da árvore
<b>M30</b>	Fim de programa
<b>M98</b>	Chamada de sub rotina
<b>M99</b>	Fim de sub rotina

#### 4.6. Programação de sub rotinas

A técnica de programação de sub rotinas é utilizada quando se quer fabricar peças com detalhes específicos repetidos. Por exemplo, quando se tem um furo especial, com diâmetros tolerados, uso de ferramentas especiais e que se repetem algumas vezes na peça. Neste caso criamos uma sub rotina para execução deste detalhe específico, e chamamos sua execução no programa principal.

Desta forma, a sub rotina é um programa CNC que pode ser executado dentro de um outro programa CNC. Valem todos os comandos para uso em subrotinas.

```
.
N120 G28
( FRESA HSS 2 CORTES DIAMETRO 20)
N130 T02 M06
N140 G97 S400 M03
N150 G00 X-25 Y-25
N160 Z0
N170 M98 P042022          (Chamada de sub rotina número 2022)
N180 G00 Z10
N190 G28
(BROCA DE CENTRO)
N200 T03 M06
N210 G97 S1500 M03
N220 G00 X15 Y15
N230 Z5
N240 G81 Z-8 R5 F150 M8   (Ciclo de furação curta)
N250 X15 Y65
N260 X85 Y65
.
.

L2022
(SUB ROTINA PARA USINAGEM EXTERNA)
(DES. CNC-001001 REV. 0)
N10 G00 G91 Z-4
N20 G01 G41 G90 X0 F80
N30 Y65
N40 G02 X15 Y80 R15
N50 G01 X85
N60 G02 X100 Y65 R15
N70 G01 Y15
N80 G02 X85 Y0 R15
N90 G01 X15
N100 G02 X0 Y15 R15
N110 G01 Y20
N120 G00 G40 X-25 Y-25
N130 M99
```

### 4.6.1.G81 ciclo de furação curta

Função preparatória aplicada para furação simples sem quebra cavaco. Necessita de um bloco de programa, podendo utilizar de coordenadas absolutas (X e Z) e de coordenadas incrementais (R)

SINTAXE                                    N\_\_\_ G81 Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_

SIGNIFICADO:

Z profundidade final do furo

R Plano de recuo em Z

F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

Exemplo:

(CICLO DE FURACÃO)

N330 T01 M6

N340 G97 S1200 M3

N350 G00 X20 Y50

(Aproximação em avanço rápido)

N360 Z2 M8

(Aproximação até Z2 e liga refrigerante)

N370 G81 Z-8 R2 F120

(G81 – Indica o ciclo de furação)

N380 G00 G80 Z150 M9

(Z-8 – profundidade final do furo)

(R2 –plano de recuo)

(F120 – avanço de 120mm/min)

(G80 – Cancela o ciclo de furação)











## 5. Torneamento - Programação de contornos

Nas operações de torneamento, o movimento principal de corte é aplicado diretamente na peça através do eixo árvore do torno. As ferramentas se deslocam em relação à peça em um plano definido por um sistema de coordenadas ZX, onde X é a direção do diâmetro da peça e Z a direção longitudinal.

O movimento de rotação da peça associado ao deslocamento da ferramenta possibilita a construção de peças cilíndricas.

De uma forma geral, programam-se:

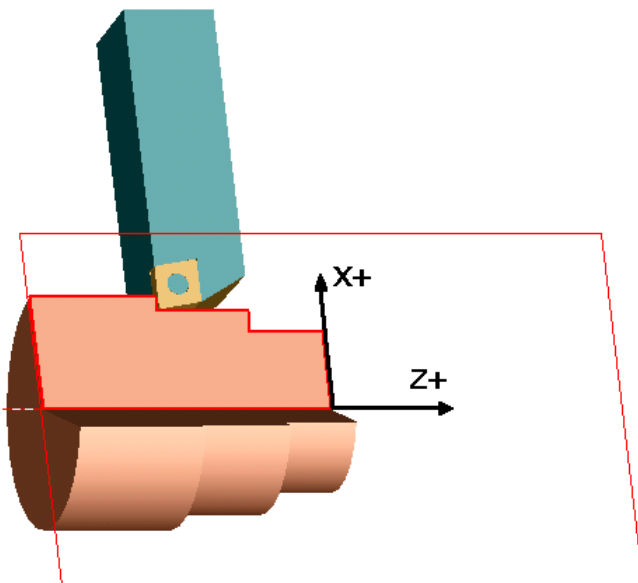
- **interpolação linear** - para linhas retas
- **interpolação circular** - para arcos de círculos

Pela superposição destes elementos podem ser produzidos também elipses e outros contornos geométricos mais complexos.

Assim colocamos um ao lado do outro os elementos que formam o contorno da peça.

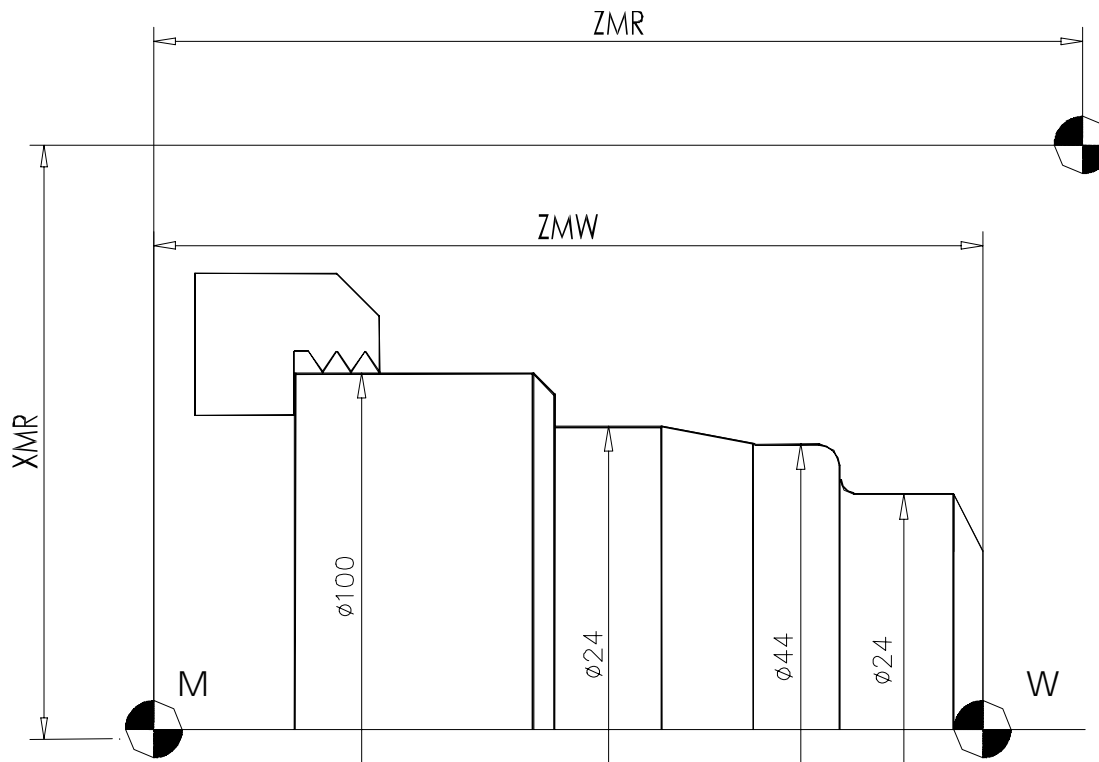
Para formação de contornos deve-se sempre considerar o deslocamento da ferramenta e a rotação da peça. Contornos mais complexos podem ser produzidos pelo próprio contorno da ferramenta, pois constitui maneira mais fácil de obtenção do perfil necessário na peça.

Exemplos : Filetes de rosca  
Canais especiais  
Raios  
Rasgos



*Plano de trabalho ZX – Peça em corte parcial e lado de trabalho da ferramenta*

Como para este tipo de peça, os desenhos são normalmente apresentam os diâmetros especificados pelo projeto, os valores das coordenadas na direção X também são programados em diâmetro, embora o posicionamento da ferramenta seja efetuado de acordo com o raio da peça.

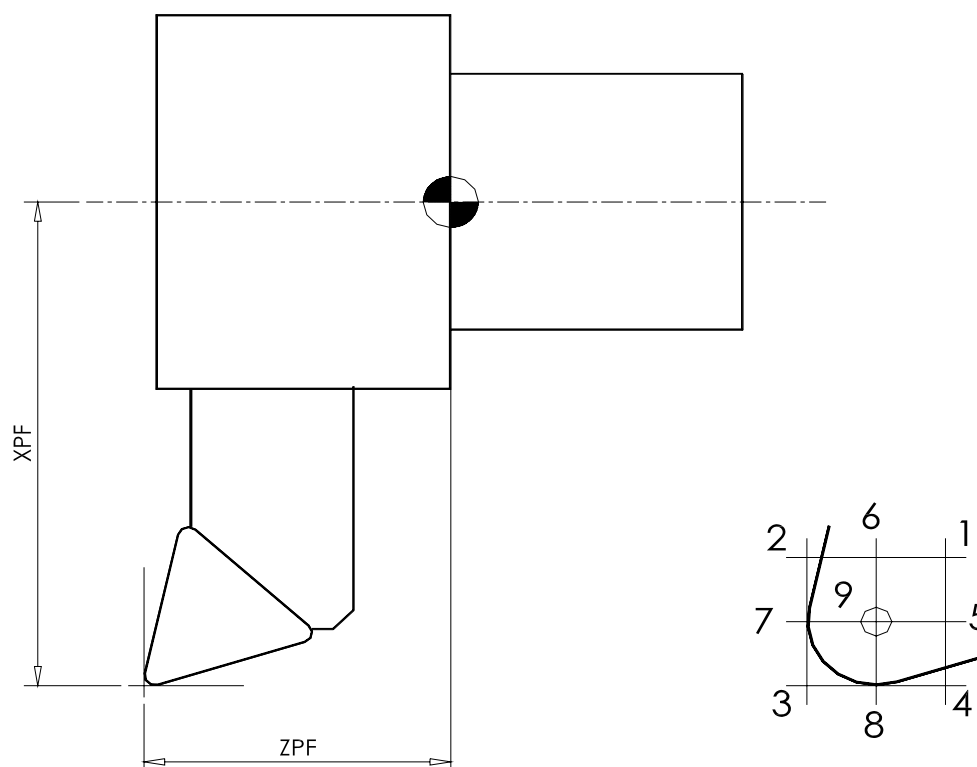


*Ponto de referência, ponto zero máquina e ponto zero peça*

Não esquecer de que na programação de tornos CNC, as coordenadas na direção X representam o diâmetro da peça.

Quando o ponto zero – peça ficar na face da peça, as coordenadas na direção Z serão coordenadas negativas.

Para ferramentas de torneamento o zero ferramenta fica no centro e na base do porta ferramenta, como na figura abaixo.



#### *Ponto zero ferramenta – ferramenta de torneamento externo*

Para este tipo de usinagem, além de informar para a máquina as distâncias da ponta da ferramenta, é necessário informar qual é o quadrante de posição da ponta.

Em tornos, normalmente o corretor de ferramenta acompanha o endereço de chamada da mesma

Exemplo : N101 T01 (Ferramenta de acabamento externo)

...

...

N707 T07 (Ferramenta de canal interno)

É muito importante para o programador, ter em mente quais são as dimensões importantes da ferramenta para a confecção da peça. Normalmente estes valores são introduzidos diretamente no painel da máquina em página específica para corretores de ferramentas.

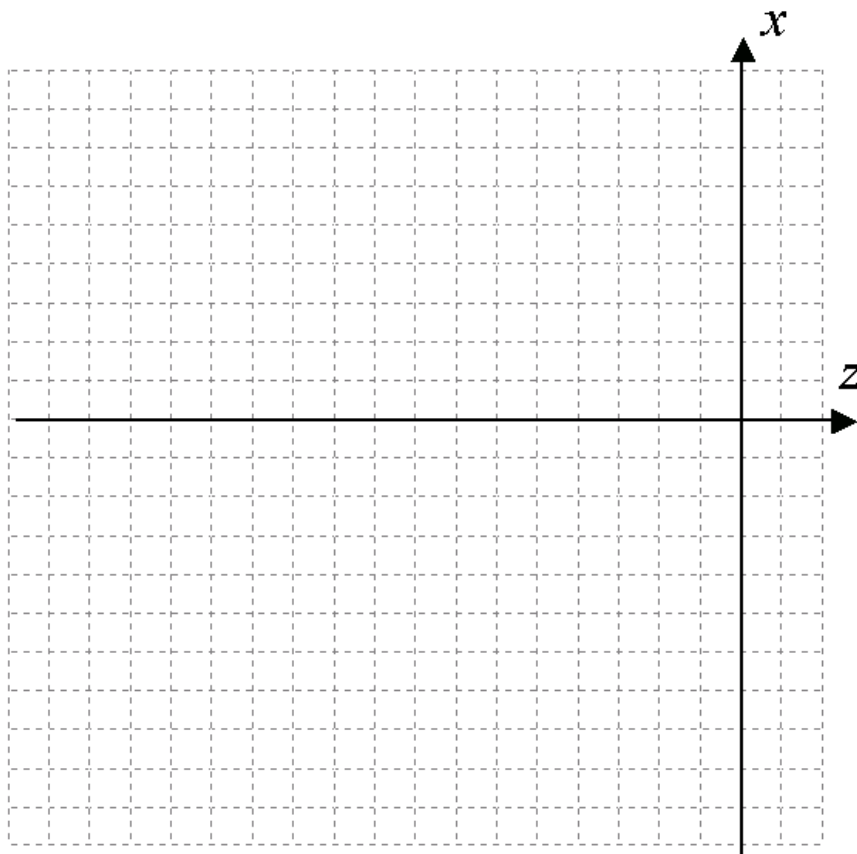
Os programas deverão conter uma breve descrição da ferramenta, como comentário, de forma que o operador possa montar o conjunto de ferramentas necessárias àquela usinagem.

## Coordenadas ZX

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça rotacionada, em corte parcial.

Perspectiva da peça	Ponto	X	Z
	A	0	0
	B	100	0
	C	100	-70
	D	120	-80
	E	120	-100
	F	80	-100
	G	80	-150
	H	0	-150
	I		
	J		
	K		
	L		
	M		
	N		

Para peças rotacionais, a coordenada X é expressa em diâmetro.

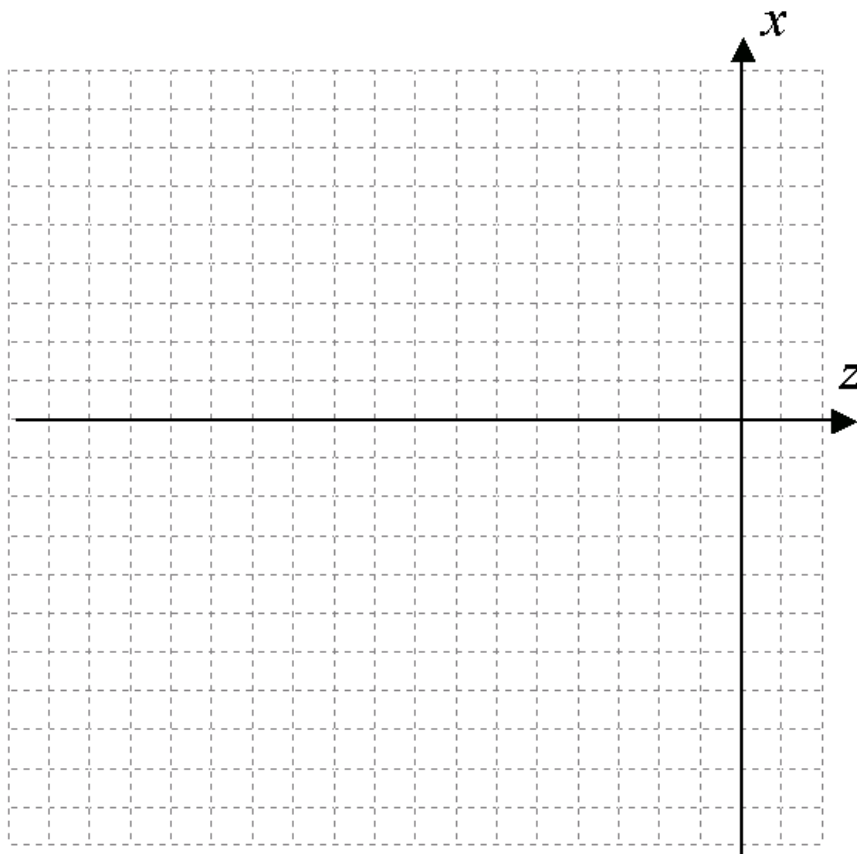


## Coordenadas ZX

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça rotacionada, em corte parcial.

Perspectiva da peça	Ponto	X	Z
	A	0	0
	B	50	0
	C	80	-25
	D	80	-75
	E	60	-75
	F	60	-90
	G	80	-100
	H	120	-100
	I	120	-150
	J	100	-160
	K	0	-160
	L		
	M		
	N		

Para peças rotacionais, a coordenada X é expressa em diâmetro.

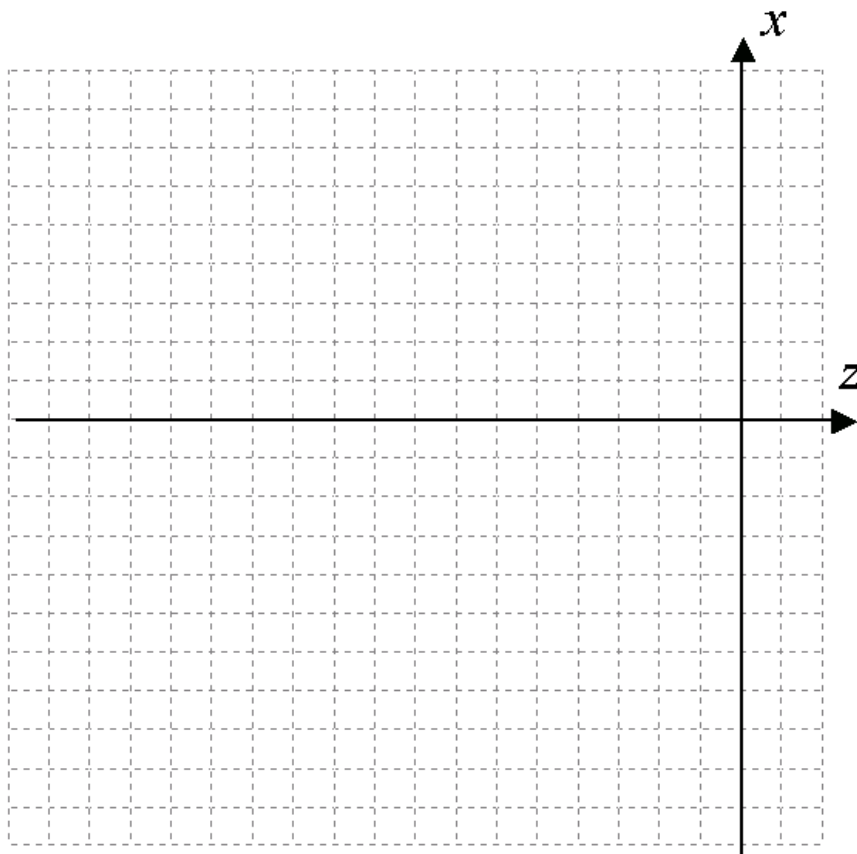


## Coordenadas ZX

Localize os seguintes pontos no sistema de coordenadas abaixo:  
Esboce ao lado a perspectiva da peça rotacionada, em corte parcial.

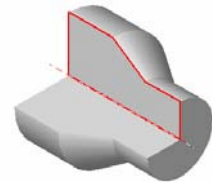
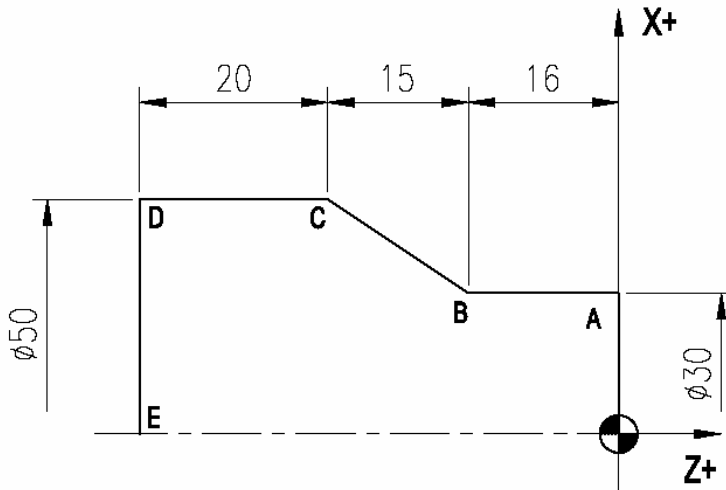
Perspectiva da peça	Ponto	X	Z
	A	75	0
	B	75	-40
	C	55	-50
	D	55	-95
	E	65	-100
	F	120	-100
	G	130	-95
	H	130	-65
	I	110	-65
	J	90	-50
	K	90	-5
	L	80	0
	M	75	0
	N		

Para peças rotacionais, a coordenada X é expressa em diâmetro.



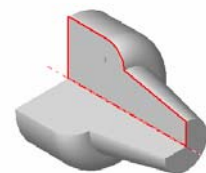
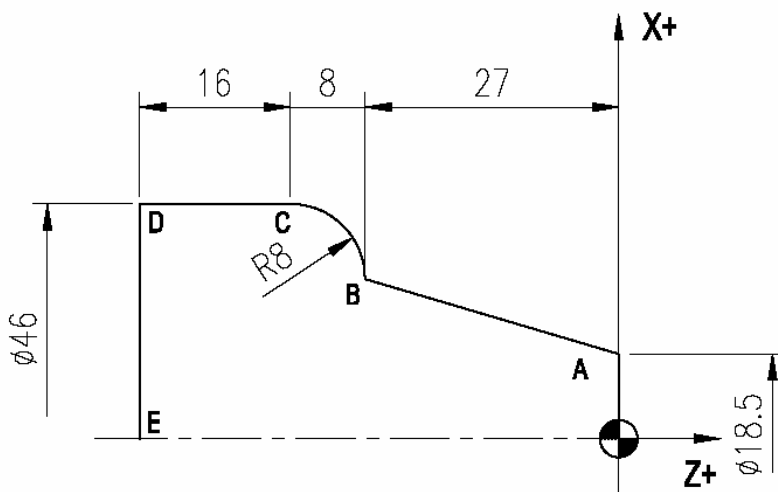
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 06**

	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		



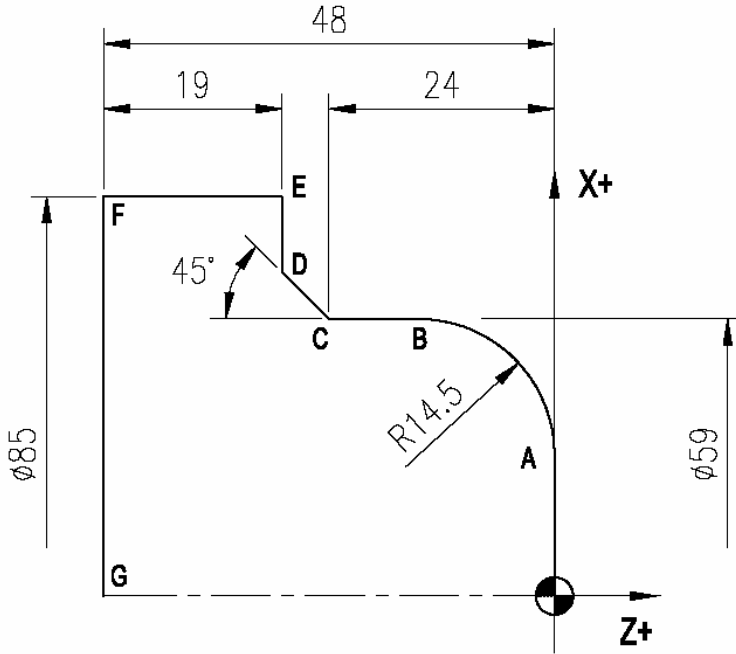
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 07**

	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		

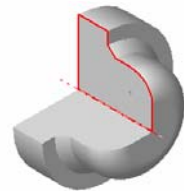




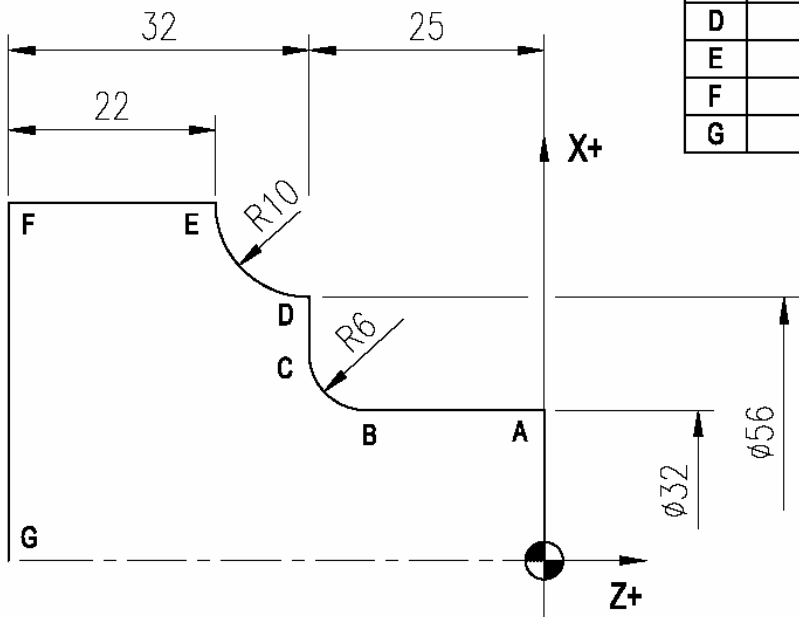
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 08**



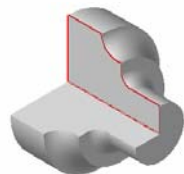
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		



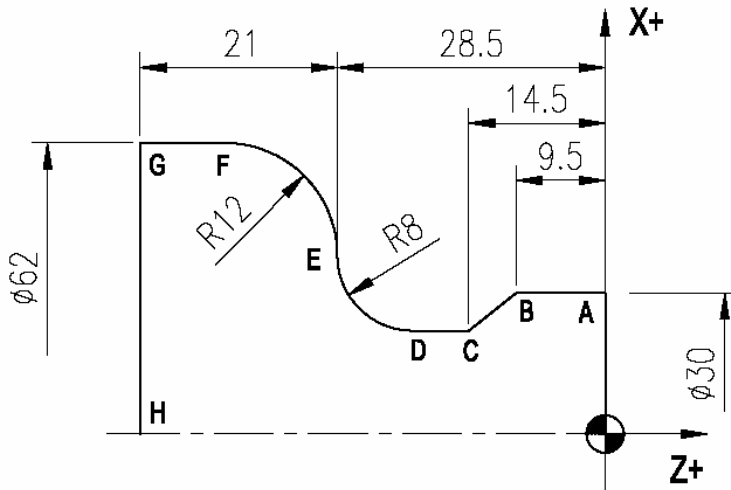
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 09**



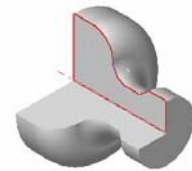
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		



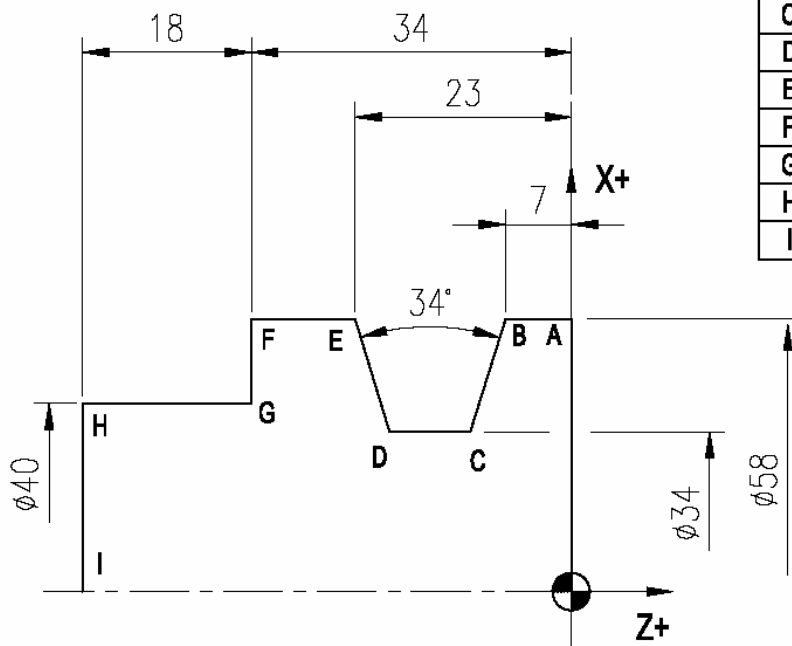
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 10**



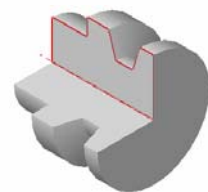
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		



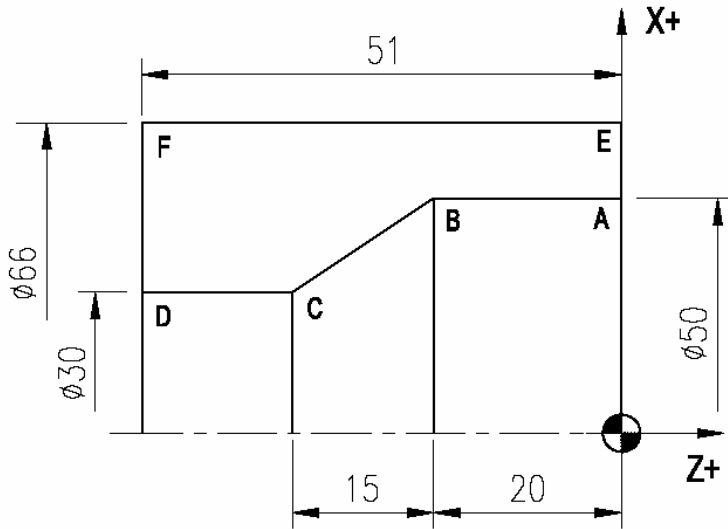
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 11**



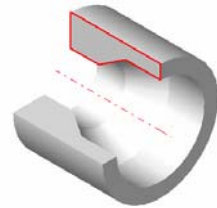
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		



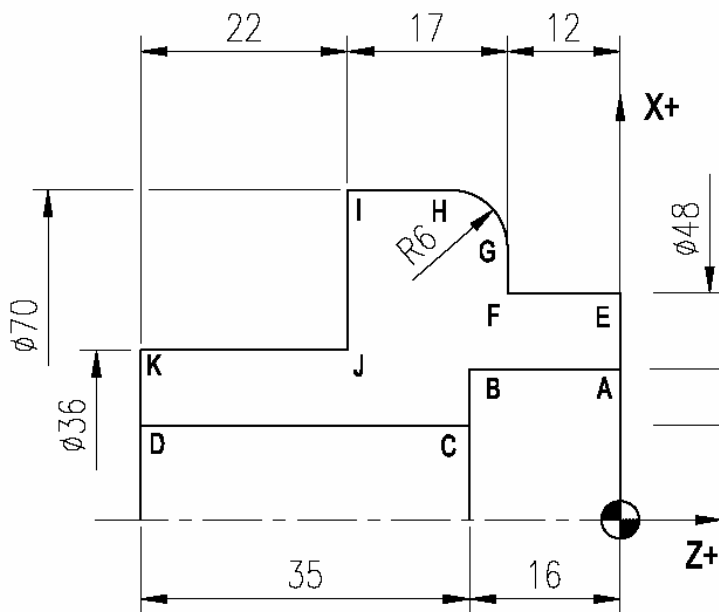
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 12**



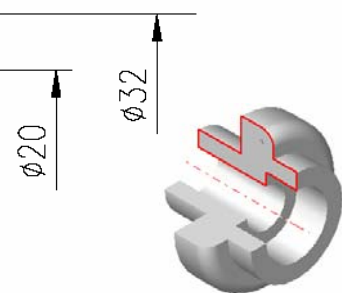
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		



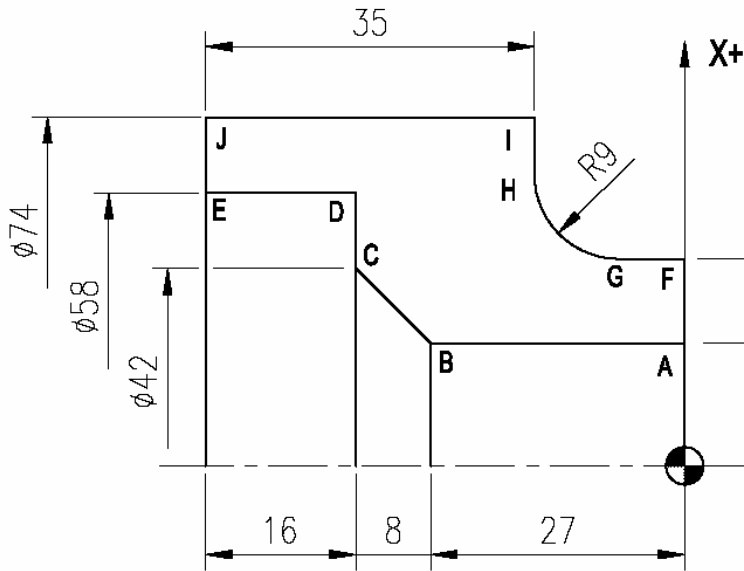
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 13**



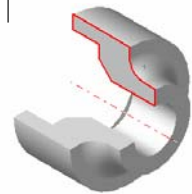
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		



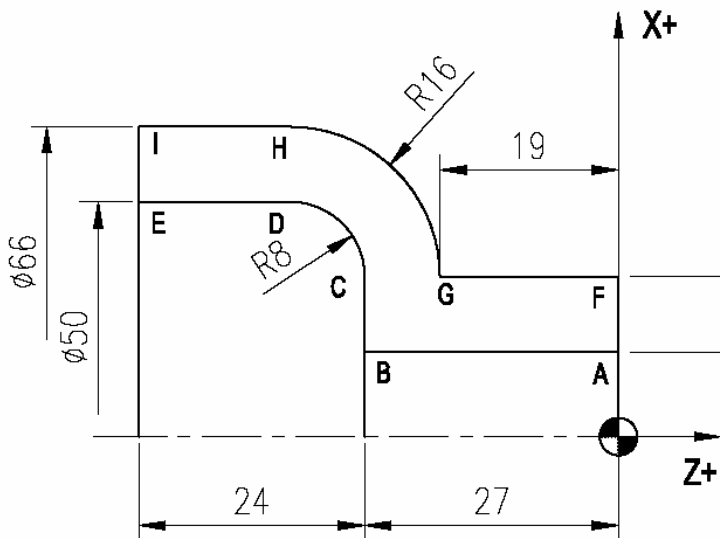
**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 14**



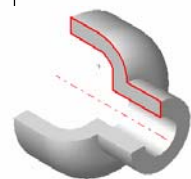
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		



**SISTEMA DE COORDENADAS Z X  
EXERCÍCIO 15**



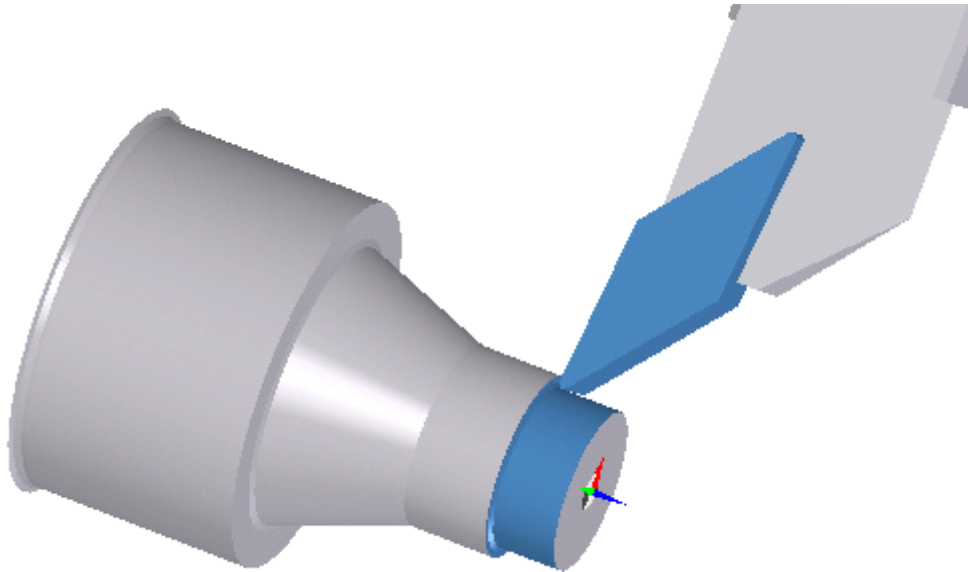
	X	Z
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		



INTERPOLAÇÃO LINEAR COM AVANÇO PROGRAMADO - G01

Para operações de torneamento o endereço F assume o formato de avanço, tendo sua unidade em mm/rot.

Exemplo :    N110 G00 X120 Z2  
              N120 G01 Z-22.5 F0.2                    - avanço de 0,2mm/rot  
              ...  
              ...  
              N330 X140 Z-45



*Peça sendo usinada com G01 – Interpolação linear com avanço programado*

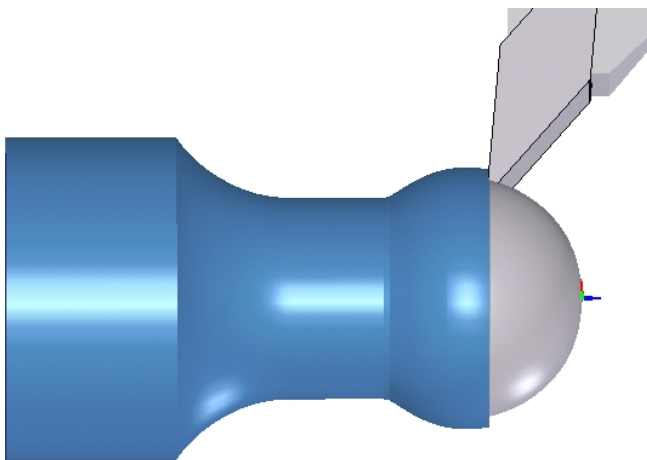
INTERPOLAÇÃO CIRCULAR COM AVANÇO PROGRAMADO - G02 / G03

Esta função programa a máquina para executar movimentos circulares sob avanço programado.

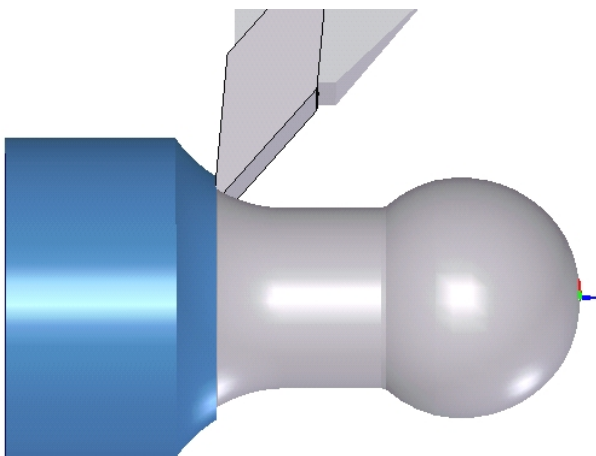
G02 – Sentido horário

G03 – Sentido anti-horário

Para trabalhos em tornos deve-se considerar a posição da ferramenta em relação ao eixo da máquina. Para diferentes máquinas, poderemos ter diferentes programas de execução para a mesma peça.



*Peça sendo usinada com interpolação circular G03*

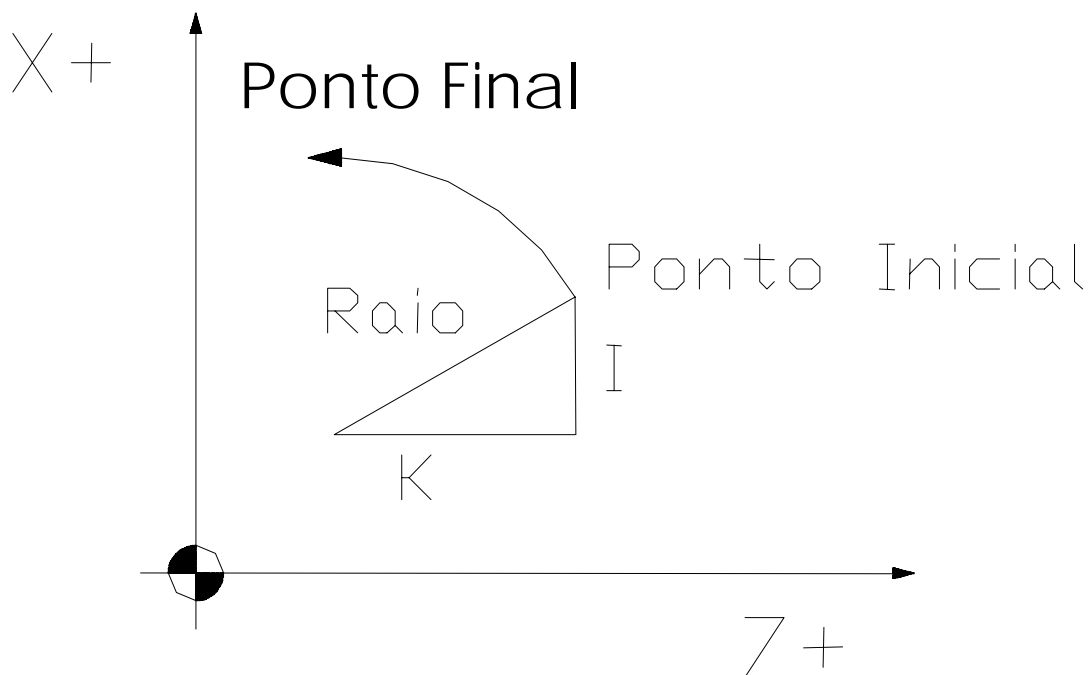


*Peça sendo usinada com interpolação circular G02*

## PARÂMETROS DE INTERPOLAÇÃO I, J, K

Parâmetros de interpolação são vetores paralelos aos eixos, que expressam a distância do ponto de início ao ponto central do círculo ou arco em cada eixo.

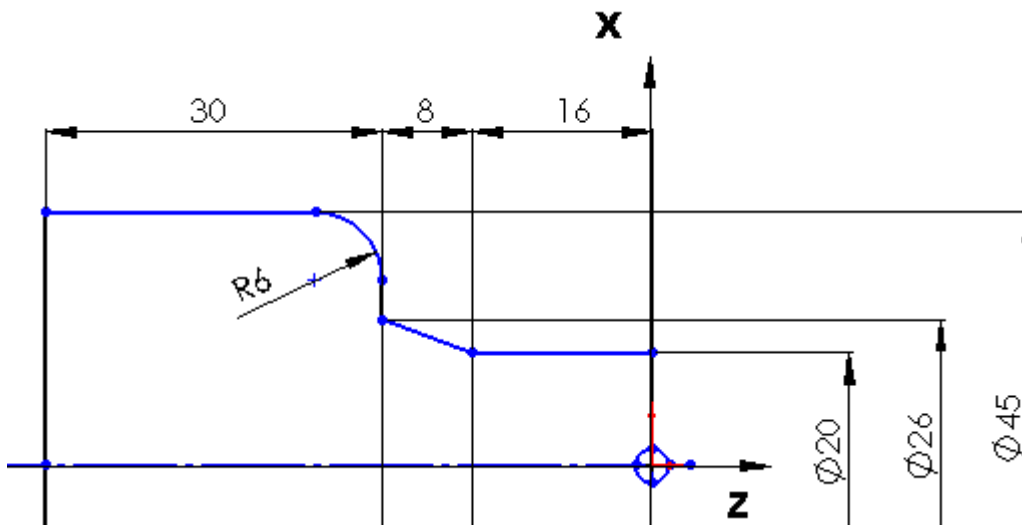
De acordo com a norma DIN 66025, aos eixos X, Y e Z são associados os parâmetros I, J e K, respectivamente. Os parâmetros de interpolação são programados de forma incremental, sendo que o sinal é resultado da relação de posição entre o início do arco e o centro do mesmo, em relação ao plano escolhido.



*Parâmetros para interpolação circular.*

Nestes casos é necessário que o programador calcule a distância do centro de círculo, bem como as coordenadas do ponto inicial e final do arco. Este cálculo tem de ser bem preciso, pois a máquina pode trabalhar fazendo cálculos normalmente até a quarta casa após a vírgula.

Exemplo:



(FERRAMENTA DE ACABAMENTO EXTERNO)

N100 T04 M6

N110 G96 S240 M4

N120 G00 X20 Z5

N130 G01 Z-16 F0.25 M8

N140 X26 Z-24

N150 X33

(Ponto inicial do arco)

N160 G03 X45 Z-30 I0 K-6

(Comando interpolar)

N170 G01 Z-54

N180 G00 X250 Z150 M9

N190 M30

Alguns comandos têm a programação facilitada através do uso do parâmetro R. Neste caso a programação deverá conter apenas o ponto inicial, ponto final e o raio do círculo que se deseja inserir no contorno.

Exemplo :

(FERRAMENTA DE ACABAMENTO EXTERNO)

N100 T04 M6

N110 G96 S240 M4

N120 G00 X20 Z5

N130 G01 Z-16 F0.25 M8

N140 X26 Z-24

N150 X33

(Ponto inicial do arco)

N160 G03 X45 Z-30 R6

(Comando interpolar)

N170 G01 Z-54

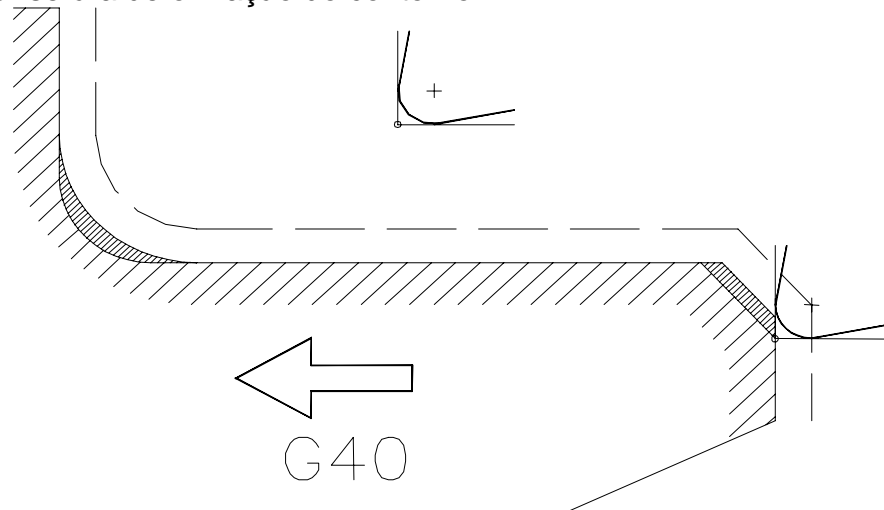
N180 G00 X250 Z150 M9

N190 M30



COMPENSAÇÃO DE RAIOS G40 / G41 / G42

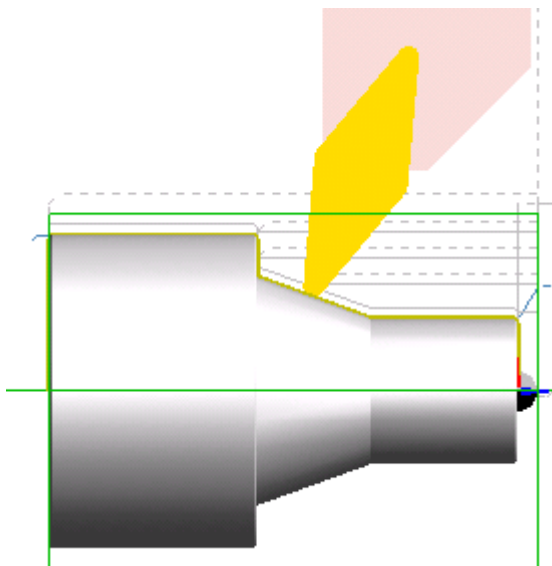
Quando para o contorno de uma peça são programados simplesmente os pontos de transição conforme as medidas dos desenhos, ocorrem desvios de medidas em todas as obliquidades e raios. Estes desvios de medidas são provocados pelo raio de corte da ferramenta. Quanto maior o raio de corte, tanto maior será a deformação do contorno.



*Torneamento sem compensação de raio – G40*

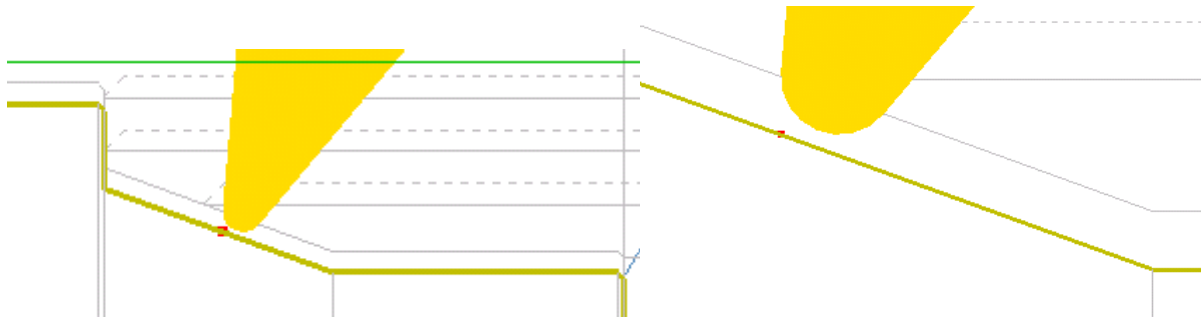
*Deformação produzida pelo raio da ferramenta.*

Para evitar estas falhas de contorno é necessário que a ferramenta seja programada para que o ponto central de corte (centro do raio da ferramenta) descreva uma trajetória equidistante do contorno da peça.



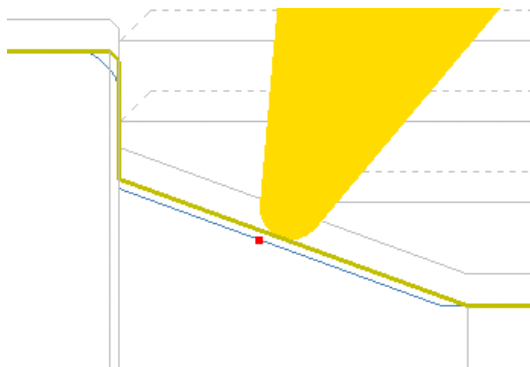
*Peça sendo usinada com G40 - sem a compensação de raio*

Detalhe da deformação produzida sem a compensação de raio da ponta da ferramenta.

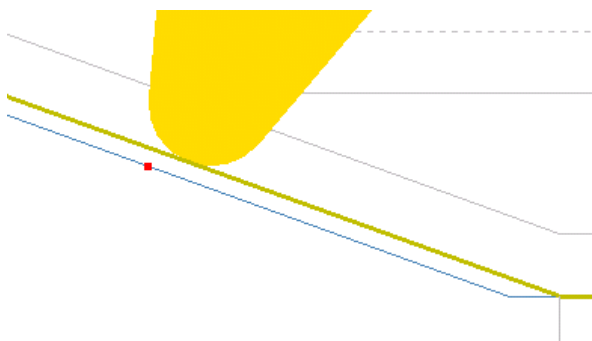


#### *Usinagem do contorno da peça com G40*

Nas operações de acabamento é necessária a função de compensação do raio de corte da ferramenta.

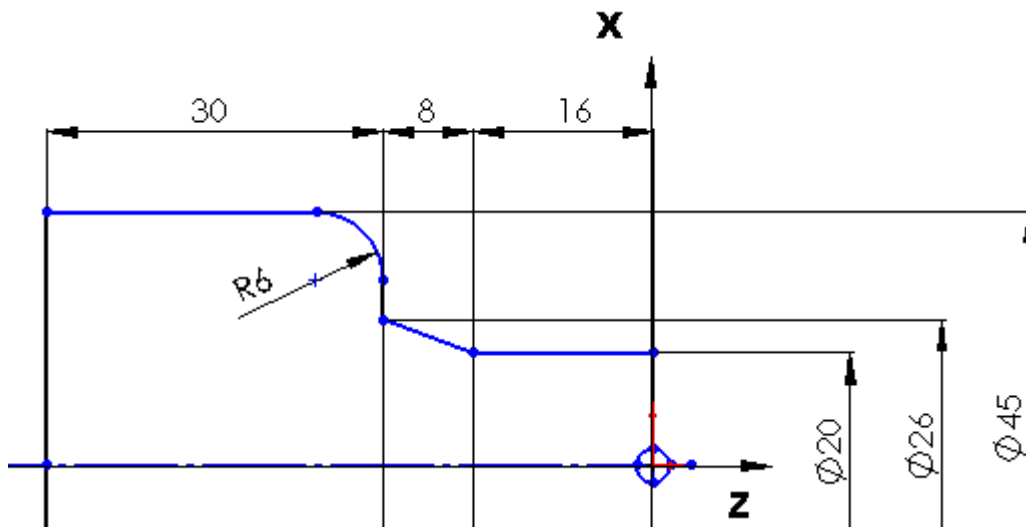


#### *Detalhe da usinagem aplicando a compensação de raio*



#### *Usinagem do contorno com G42*

Exemplo: Programação com compensação de raio



(FERRAMENTA DE ACABAMENTO EXTERNO)

N100 T04 M6

N110 G96 S240 M4

N120 G00 X25 Z5

N125 G01 G42 X20

N130 G01 Z-16 F0.25 M8

N140 X26 Z-24

N150 X33

(Ponto inicial do arco)

N160 G03 X45 Z-30 I0 K-6

(Comando interpolar)

N170 G01 Z-54

N180 G00 G40 X250 Z150 M9

N190 M30

### LIMITE DE ROTAÇÃO - G92

Estabelece o valor máximo de rotações por minuto permitido ao eixo principal da máquina. É programado sob endereço S.

Exemplo :

```
%1234
(BUCHA PARALELA)
N10 G21 G40           - Medidas em mm
N20 G28 U0 W0        - Retorna ao ponto de ref.
(FERR. DESBASTE EXTERNO)
N30 T07 M06          - Chamada da ferramenta
N40 G96 S300 M04     - Vc Constante de 300 m/min
N50 G92 S2500        - Rotação máxima 2500 RPM
N60 G00 G90 X50 Z2   - Coordenadas absolutas
```

### AVANÇO EM MM/ROT - G95

Estabelece o valor sob endereço F como avanço em mm/rot.

Exemplo :

```
(BROCA DE CENTRO DIAM. 12MM)
N230 T07 M06         - Chamada da ferramenta
N240 G97 S400 M03    - Rotação Constante de 400 RPM
N250 G0 X0 Z5        - Posicionamento nas coordenadas X0 e Z5
N260 G1 G95 Z-25 F0.2 - Movimento com avanço de 0,2mm/rot
```

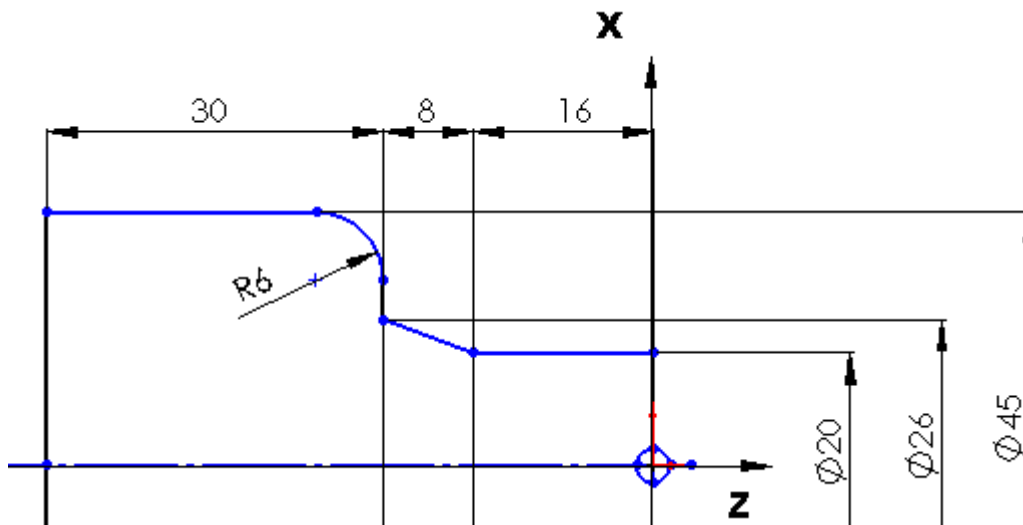
### VELOCIDADE DE CORTE CONSTANTE - G96

Estabelece o valor sob endereço S como velocidade de corte em m/min.

Exemplo :

```
%1234
(BUCHA PARALELA)
N10 G21 G40           - Medidas em mm
N20 G28 U0 W0        - Retorna ao ponto de ref.
(FERR. DESBASTE EXTERNO)
N30 T07 M06          - Chamada da ferramenta
N40 G96 S300 M04     - Vc Constante de 300 m/min
N50 G92 S2500        - Rotação máxima 2500 RPM
N60 G00 G90 X50 Z2   - Coordenadas absolutas
```

Exemplo: Programação com definições



```

%9856
(EIXO REBAIXADO COM RAIOS DE CANTO)
N10 G21 G40 G90 G95
N20 G00 X250 Z150 M9
(FERRAMENTA PARA FACEAMENTO E DESBASTE)
N30 T01 M6
N35 G92 S2000
N40 G96 S220 M4
N50 G00 X50 Z0
N60 G01 X-1 F0.25 M8 (Faceamento)
N70 G00 X46
N80 G01 Z-58 F0.3
N90 G00 X250 Z150 M9
(FERRAMENTA DE ACABAMENTO EXTERNO)
N100 T04 M6
N110 G96 S240 M4
N120 G00 X25 Z5
N125 G01 G42 X20
N130 G01 Z-16 F0.25 M8
N140 X26 Z-24
N150 X33 (Ponto inicial do arco)
N160 G03 X45 Z-30 I0 K-6 (Comando interpolar)
N170 G01 Z-54
N180 G00 G40 X250 Z150 M9
N190 M30
  
```

### VELOCIDADE EM ROTAÇÃO CONSTANTE - G97

Estabelece o valor sob endereço S como velocidade em RPM

Exemplo :

```
%1234
(PARAFUSO)
N10 G21 G40           - Medidas em mm
N20 G28 U0 W0        - Retorna ao ponto de ref.
(BROCA DE CENTRO DIAM. 3,15MM)
N30 T01 M06          - Chamada da ferramenta
N40 G97 S1800 M03     - Rotação Constante de 1800 RPM
N50 G92 S2500        - Rotação máxima 2500 RPM
N60 G00 G90 X0 Z5    - Coordenadas absolutas
```

### TEMPO DE PERMANÊNCIA - G4 / G04

É utilizado para determinar a permanência da ferramenta por um tempo determinado no local desejado. A duração deste tempo é definida pelo caracter **P** e define o tempo em segundos que vai de 00.01 a 99.99 segundos.

EXEMPLO :

```
N100 G00 X30 Z2
N110 G01 X25 F0.2
N130 G4 P2000           Permanência de 2 segundos
N140 G00 X30 Z5
N150 Z150
```

### PROGRAMAÇÃO EM POLEGADAS - G20

Esta função é modal e cancela o G21. Todas as medidas programadas produzirão posicionamentos em polegadas.

### PROGRAMAÇÃO EM MILÍMETROS - G21

Esta função é modal e ativa-se quando ligamos a máquina. Todas as medidas programadas produzirão posicionamentos em milímetros.

### RETORNA RÁPIDO PARA O PONTO DE REFERÊNCIA - G28

Esta função faz com que a máquina retorne ao ponto de troca de ferramentas em avanço rápido (G00).

Exemplo : N250 G28 U0 W0











## Exemplo de programa CNC para torno

```

%5001                                     (- Cabeçalho do programa)
(EXEMPLO DE PROGRAMA CNC)
(DATA 10/05/2002)                         (- Comentários)
(POR CJR)
N10 G21 G40 G90 G95
N20 G0 X250.0 Z150.0
(FERR. DESBASTE EXTERNO)
(PCLNL-2525-M12 - GC1015)
N30 T01 M6                                 (- Instruções de comando)
N40 G92 S3000
N50 G96 S220 M4                            (- Funções tecnológicas)
N60 M8
(FACEAMENTO DA PECA)
N70 G0 X44.0 Z5.0
N80 G75 X-1.0 Z2.5 D2500                  (- Ciclos de usinagem)
N90 Z0.0
(DESBASTE LONGITUDINAL COM CICLO)
N100 G0 X38.0 Z2.0
N110 G71 U.5 W.1 P120 Q210 D3000 F0.2
N120 G1 X11.8                             (- Blocos de movimento)
N130 Z0.5
N140 X13.8 Z-0.5
N150 Z-19.0                               (- Coordenada do ponto)
N160 X20.8
N170 X21.8 Z-19.5
N180 Z-35.0
N190 X33.0
N200 X34.0 Z-35.5
N210 Z-55
(MOVE PARA O PONTO DE TROCA)
N220 G28 U0 W0
(FERR. CORTAR - BEDAME)
(MBS5-151.21-30 - GC225)
N230 T03 M6
N240 G96 S150 M4
N250 M8
(CORTE DA PECA)
N260 G0 X34.0 Z-54.0
N270 G1 X29.0 Z-55.0 F0.15
N280 X0.0
N290 G0 X36
N300 X250.0 Z150.0 M9
N310 M30                                   (- Final do programa)

```

## 5.1. CÓDIGOS G - TORNO COMANDO ISO

<b>G00</b>	Interpolação linear em avanço rápido
<b>G01</b>	Interpolação linear com avanço programado
<b>G02</b>	Interpolação circular no sentido horário
<b>G03</b>	Interpolação circular no sentido anti-horário
<b>G04</b>	Tempo de permanência
<b>G20</b>	Programação em polegadas
<b>G21</b>	Programação em milímetros
<b>G28</b>	Deslocamento até o ponto de referência
<b>G33</b>	Ciclo de rosqueamento básico
<b>G40</b>	Cancela compensação do raio de corte
<b>G41</b>	Faz compensação do raio de corte à esquerda da trajetória programada
<b>G42</b>	Faz compensação do raio de corte à direita da trajetória programada
<b>G53</b>	Cancelamento dos deslocamentos de origem - Ponto zero máquina
<b>G54</b>	1.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
<b>G55</b>	2.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
<b>G56</b>	3.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
<b>G57</b>	4.º Deslocamento de origem - Ponto zero peça
<b>G59</b>	Deslocamento de origem aditivo externo
<b>G70</b>	Ciclo de acabamento
<b>G71</b>	Ciclo de desbaste longitudinal
<b>G72</b>	Ciclo de desbaste transversal
<b>G73</b>	Ciclo de desbaste paralelo ao perfil
<b>G74</b>	Ciclo de torneamento e furação
<b>G75</b>	Ciclo de faceamento e abertura de canais
<b>G76</b>	Ciclo de roscamento automático
<b>G77</b>	Ciclo de torneamento paralelo e cônico
<b>G80</b>	Cancelamento do ciclo de furação
<b>G83</b>	Ciclo de furação
<b>G84</b>	Ciclo de roscamento com macho
<b>G90</b>	Programação em sistemas de coordenadas absolutas
<b>G91</b>	Programação em sistemas de coordenadas incrementais
<b>G92</b>	Limite de rotação
<b>G94</b>	O avanço é programado em mm/min
<b>G95</b>	O avanço é programado em mm/rot
<b>G96</b>	Velocidade de corte constante em m/min
<b>G97</b>	Rotação constante em RPM

---

## 5.2. CÓDIGOS M - TORNO COMANDO ISO

<b>M00</b>	Parada programada
<b>M01</b>	Parada opcional
<b>M02</b>	Fim do programa sem retorno ao início
<b>M03</b>	Liga rotação da placa no sentido horário
<b>M04</b>	Liga rotação da placa no sentido anti-horário
<b>M05</b>	Desliga rotação
<b>M06</b>	Habilita a troca de ferramenta
<b>M08</b>	Liga refrigeração
<b>M09</b>	Desliga refrigeração
<b>M10</b>	Abre a placa de fixação
<b>M11</b>	Fecha a placa de fixação
<b>M17</b>	Fim de sub-rotina
<b>M19</b>	Orientação do eixo árvore
<b>M20</b>	Aciona o alimentador de barras
<b>M21</b>	Parar o alimentador de barras
<b>M30</b>	Fim de programa com volta ao início do mesmo
<b>M38</b>	Abre a porta da máquina
<b>M39</b>	Fecha a porta da máquina
<b>M98</b>	Chamada de sub rotina
<b>M99</b>	Fim de sub rotina

### 5.3. Torneamento - Programação de ciclos

Para trabalhos repetitivos comuns em usinagem, como desbaste de metal, furações, rosqueamento, etc. são utilizados os chamados ciclos de usinagem.

Estes ciclos são definidos especificamente para cada fabricante de máquina e para cada comando. É recomendável a consulta do catálogo do fabricante da máquina para ver a forma de programação dos ciclos de usinagem.

Como exemplos, vejamos :

#### 5.3.1. G71 Ciclo de desbaste longitudinal

Função preparatória aplicada para o desbaste de geometrias onde o maior comprimento de corte é na direção do eixo Z. Função parametrizada onde os parâmetros determinam a situação de usinagem desejada.

SINTAXE                    N\_\_ G71 U\_\_ W\_\_ P\_\_ Q\_\_ D\_\_ F\_\_

#### SIGNIFICADO

U sobremetal em X para acabamento (externo (+) e interno (-))  
 W sobremetal em Z para acabamento  
 P endereço do bloco inicial do contorno final  
 Q endereço do bloco final do contorno final  
 D profundidade de corte (multiplicar por 1000)  
 F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

#### EXEMPLO :

(DESBASTE LONGITUDINAL COM CICLO)

N100 G0 X38.0 Z2.0

N110 G71 U.5 W.1 P120 Q210 D3000 F0.2

N120 G1 X12.8                    (G71 – Indica ciclo de desbaste longitudinal)

N130 Z0.5                        (P120 – Indica que o perfil começa no bloco N120)

N140 X13.8 Z-0.5                (U.5 – deixa 0,5mm para acabamento no raio)

N150 Z-19.0                      (W.1 – deixa 0,1mm para acabamento nas faces)

N160 X20.8                        (D3000 – Indica que a prof. de corte será de 3mm)

N170 X21.8 Z-19.5                (Q210 – Indica que o perfil termina no bloco N210)

N180 Z-35.0                      (F0.2 – Indica que o avanço será de 0,2mm/rot)

N190 X29.0

N200 X30.0 Z-35.5

N210 Z-60

(MOVE PARA O PONTO DE TROCA)

N220 G0 X250 Z150

### 5.3.2.G75 Ciclo de faceamento e desbaste radial

Função preparatória aplicada para o desbaste de geometrias onde o maior comprimento de corte é na direção do eixo X. Função parametrizada onde os parâmetros determinam a situação de usinagem desejada.

SINTAXE                    **N\_ G75 X\_\_ Z\_\_ D\_\_\_\_\_ F\_\_**

#### SIGNIFICADO

X posição final do faceamento em X (diâmetro)  
 Z posição final do faceamento em Z (comprimento)  
 D profundidade de corte (multiplicar por 1000)  
 F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

#### EXEMPLO :

(FERR. PARA FACEAMENTO)

(PCLNL-2525-M12 - GC1015)

N30 T01 M6

N40 G92 S3000

N50 G96 S220 M4

N60 G54 M8

(FACEAMENTO COM G75)

N70 G0 X50 Z5

(X50 Z5 – Posição inicial do faceamento)

N80 G75 X-1 Z0 D2500 F0.25

(G75 – Indica ciclo de faceamento)

N90 G0 X40 Z5

(X-1 Z0 – Posição final do faceamento)

(CONTINUACAO DO PROG)

(D2500 – Profundidade de corte de 2,5mm)

N100 G1 Z-25 F0.3

#### Considerações:

a) Devemos considerar um ponto de aproximação inicial próximo do contorno externo, a partir do qual o comando numérico utilizará para os movimentos de corte e posicionamento.

### 5.3.3.G70 ciclo de acabamento

Função avançada utilizada após os ciclo de desbaste G71, com a finalidade de remover o sobremetal deixado por esta função, com dados de corte específicos e ferramenta adequada.

SINTAXE N\_\_\_ G70 P\_\_\_ Q\_\_\_ F\_\_\_;

SIGNIFICADO:

P endereço do bloco inicial do contorno final.

Q endereço do bloco final do contorno final.

F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

EXEMPLO :

(FERR. DE ACABAMENTO)

(SVLBL-2020-K16 - GC4015)

N230 T02 M6

N240 G96 S315 M4

N250 M8

(ACABAMENTO COM G70)

N260 G0 X20 Z2

(Aproximação em avanço rápido)

N270 G70 P120 Q210 F0.1

(G70 – Indica o ciclo de acabamento)

N280 G0 X48

(P120 – Indica que o perfil começa no bloco N120)

N290 G28 U0 W0

(Q210 – Indica que o perfil termina no bloco N210)

N300 M01

(F0.1 – Indica que o avanço será de 0,1mm/rot)

Deveremos considerar o ponto de aproximação utilizados nos ciclos de desbaste.



### 5.3.4. G33 ciclo de rosqueamento

Função avançada para confecção de roscas complexas (métrica ou polegada) no desbaste e no acabamento. Ciclo parametrizado que necessita garantir o posicionamento correto da ferramenta na entrada da rosca.

SINTAXE N\_\_\_ G33 Z\_\_\_ F\_\_\_

#### SIGNIFICADO

Z - comprimento da rosca a partir do ponto de aproximação  
F - passo da rosca

#### Considerações importantes:

- a) Antes do ciclo de rosca devemos posicionar a ferramenta próximo da geometria preparada para ser roscada, chamaremos de P.A.I. (ponto de aproximação inicial).
- b) Algumas máquinas CNC podem executar operações de rosqueamento em rotações específicas.

#### EXEMPLO DE CICLO DE ROSQUEAMENTO

Seja a rosca métrica M12 X 1.75

##### Dados geométricos

<i>Diâmetro externo</i>	$D = 12mm$
<i>Diâmetro interno</i>	$d = 9.84mm$
<i>Comprimento da rosca</i>	$c = 20mm$
<i>Altura do filete</i>	$h = 1,08mm$
<i>Ângulo do filete</i>	$a = 60graus$
<i>Passo</i>	$p = 1.75mm$

##### Parâmetros de usinagem

Número de passe para acabamento = 3  
 Profundidade do primeiro passe=0,25mm  
 Profundidade deixada para o acabamento=0,15mm  
 Ângulo de entrada da ferr.=15graus  
 Profundidade mínima de corte=0,15mm  
 Programa: Considerando que a geometria esta preparada para a rosca

EXEMPLO :

.  
(ROSQUEAMENTO COM G33)  
N150 G28 U0 W0  
N160 T07 M6  
N170 G97 S250  
(AJUSTA A ROTACAO PARA FAZER A ROSCA)  
N180 G00 X12 Z10 M03  
(POSICIONA PARA INICIAR A ROSCA)  
N190 G33 Z-20 K1.75  
N200 G0 X15  
N210 Z10  
N220 X11.2  
N230 G33 Z-20 F1.75  
N240 G0 X15  
N250 Z10  
N260 X10.6  
N270 G33 Z-20 F1.75  
N280 G0 X15  
N290 Z10  
N300 X10.2  
N310 G33 Z-20 F1.75  
N320 G0 X15  
N330 Z10  
N340 X10  
N350 G33 Z-20 F1.75  
N360 G0 X15  
N370 Z10  
N380 X9.84  
N390 G33 Z-20 F1.75  
N400 G0 X15  
N410 Z10  
N420 X9.84  
N430 G33 Z-20 F1.75  
N440 G0 X15  
N450 Z10  
N460 X9.84  
N470 G33 Z-20 F1.75  
N480 G0 X15  
N490 G28 U0 W0  
N500 M05  
N510 M30  
(FIM DE PROGRAMA)

### 5.3.5.G81 ciclo de furação curta

Função preparatória aplicada para furação simples sem quebra cavaco. Necessita de um bloco de programa, podendo utilizar de coordenadas absolutas (X e Z) e de coordenadas incrementais (R)

SINTAXE                                    N\_\_\_ G81 Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_

SIGNIFICADO:

Z profundidade final do furo

R Plano de recuo em Z

F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

Exemplo:

(CICLO DE FURACÃO)

N330 T01 M6

N340 G97 S2800 M4

N350 G0 X0 Z5

(Aproximação em avanço rápido)

N360 Z2 M8

(Aproximação até Z2 e liga refrigerante)

N370 G81 Z-8 R2 F0.25

(G81 – Indica o ciclo de furação)

N380 G80 M5

(Z-8 – profundidade final do furo)

N390 G28 U0 W0

(R2 –plano de recuo)

(F0.25 – avanço de 0,25mm/rot)

### 5.3.6.G83 ciclo de furação

Função preparatória aplicada para furação simples com quebra cavaco. Função parametrizada onde os parâmetros determinam a situação de usinagem desejada. Necessita de um bloco de programa, podendo utilizar de coordenadas absolutas (X e Z) e de coordenadas incrementais (R)

SINTAXE                                    N\_\_\_ G83 Z\_\_\_ Q\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_

SIGNIFICADO:

Z profundidade final do furo  
Q Profundidade para cada penetração (incremental)  
R Plano de recuo em Z  
F velocidade de avanço (mm/min (G94) ou mm/rot(G95))

EXEMPLO :

(CICLO DE FURACÃO)

N330 T01 M6

N340 G97 S2800 M4

N350 G0 X0 Z5

(Aproximação em avanço rápido)

N360 Z2 M8

(Aproximação até Z2 e liga refrigerante)

N370 G83 Z-38 Q5 R2 F0.25

(G83 – Indica o ciclo de furação)

N380 G80 M5

(Z-38 – profundidade final do furo)

N390 G28 U0 W0

(Q5 – remove 5mm a cada penetração)

(R2 –plano de recuo)

(F0.25 – avanço de 0,25mm/rot)

## 6. Operação da máquina

### PRÁTICAS BÁSICAS DE OPERAÇÃO E SEGURANÇA

#### 1. PERIGOS

- 1.1** - Algumas partes do painel elétrico, do painel de comando, dos transformadores, dos motores, das caixas de ligação e outros componentes, apresentam pontos ou terminais com presença de voltagens elevadas. Estes, quando tocados, podem ocasionar graves choques elétricos ou até mesmo a morte do operador.
- 1.2** - Nunca mexa em um comando manual (botões, teclas, chaves comutadoras, etc.) com as mãos, sapatos ou roupas, quando estiverem molhados. A não observância dessa recomendação também poderá provocar choque elétrico ou até mesmo a morte do operador.
- 1.3** - Cabo, cordão ou fio elétrico, cuja isolação esteja danificada, pode produzir fuga de corrente elétrica e provocar choques elétricos. Antes de usá-los, verifique suas condições.

#### 2. ADVERTÊNCIAS

- 2.1** - A localização do botão de emergência deve ser bem conhecida, para que possa ser acionado a qualquer momento sem necessidade de procurá-lo.
- 2.2** - Antes de qualquer tipo de manutenção, desligar e travar a chave geral elétrica da máquina.
- 2.3** - Proporcione espaço de trabalho suficiente para evitar quedas perigosas.
- 2.4** - Água ou óleo poderão tornar o piso escorregadio e perigoso. Para evitar acidentes, o piso deve estar seco e limpo.
- 2.5** - Antes de acionar qualquer comando manual (botões, teclas, chaves comutadoras, alavancas), verifique sempre se é o comando correto, e em caso de dúvida, consulte os demais capítulos dos manuais de operação e manutenção.
- 2.6** - Nunca toque ou acione um comando manual (botões, tecla, chaves comutadoras, alavancas) por acaso.

### **3. AVISOS**

- 3.1** - No caso de falta de energia, desligue imediatamente a CHAVE GERAL.
- 3.2** - Os fusíveis de reposição devem ter especificações idênticas às recomendadas no manual de diagramas elétricos.
- 3.3** - Evite choques mecânicos na Unidade de CN e demais equipamentos e componentes eletrônicos, Painel Elétrico, Painel de Comando Elétrico, etc; uma vez que poderão causar falhas ou mau funcionamento.
- 3.4** - Evite que água, sujeira e pó entrem na Unidade de CN e demais equipamentos e componentes eletrônicos, Painel Elétrico, Painel de Comando Elétrico, etc. Use sempre proteções e/ou cubra o local.
- 3.5** - Não altere, sem necessidade e sem conhecimento adequado os parâmetros ou outros ajustes eletro-eletrônicos. Se estas modificações forem inevitáveis, anote os valores anteriores à alteração, de maneira que possam voltar aos seus ajustes originais, se necessário.
- 3.6** - Não suje, raspe ou retire qualquer tabela de aviso. Caso ela esteja ilegível ou perdida, solicite outra tabela.
- 3.7** - Leia atenta e cuidadosamente as tabelas de segurança contidas na máquina.
- 3.8** - Certifique-se de que os manuais de instalação e manutenção, operação, programação, etc., estejam completamente entendidos. Cada função e procedimento de operação e manutenção deve estar inteiramente claro.
- 3.9** - Use sapatos de segurança que não se estraguem com óleo, óculos de segurança com cobertura lateral, roupas e proteção de segurança.
- 3.10** - Feche as portas e proteções da Unidade de CN e demais equipamentos e componentes eletrônicos e do Painel Elétrico e do Painel de Comando.

### **4. CUIDADOS**

- 4.1** - Os cabos elétricos que ficarem no solo junto à máquina, precisam ser protegidos contra cavacos, para evitar curto circuito.
- 4.2** - Antes de operar a máquina pela primeira vez, ou após ficar parada por longo tempo (alguns dias), ligar a máquina e movimentar os eixos (X e Z) em todo seu curso, em baixo avanço. Desta maneira, entra em funcionamento o ciclo de lubrificação automática.
- 4.3** - Os reservatórios de óleo devem ser abastecidos até os níveis indicados. Verifique e adicione óleo, se necessário.

**4.4** - Os comandos manuais (botões, tecla, chave comutadora, alavanca, etc.) devem ser acionados suavemente.

**4.5** - Verifique o nível de óleo refrigerante e adicione óleo, se necessário.

### INSPEÇÕES DE ROTINA

#### **1. AVISO**

**1.1** - Ao verificar a tensão das correias, NÃO coloque os dedos entre a correia e a polia.

#### **2. CUIDADOS**

**2.1** - Verifique os motores e partes deslizantes, quanto a ruídos anormais.

**2.2** - Verifique a tensão das correias e substitua o jogo, caso alguma correia apresente desgaste.

**2.3** - Verifique as partes deslizantes com relação à lubrificação adequada.

**2.4** - Verifique as proteções e dispositivos de segurança, para que funcionem adequadamente.

### PRÉ-AQUECIMENTO DA MÁQUINA

#### **1. CUIDADOS**

**1.1** - Pré-aquecer a máquina, principalmente o eixo-árvore, fazendo-o funcionar de 10 a 20 minutos, na metade ou 1/3 da velocidade máxima, em operação automática.

**1.2** - Este programa de operação automática deve fazer com que funcionem todos os componentes da máquina. Verifique, ao mesmo tempo, o funcionamento correto destes componentes.

**1.3** - Nas máximas rotações, seja especialmente cuidadoso ao aquecer o eixo árvore.

#### **NOTA:**

Partes deslizantes poderão ser danificadas por falta de óleo, se a máquina for usada para usinar, imediatamente após ter ficado parada por longo período. As expansões térmicas dos componentes da máquina também poderão comprometer a precisão da usinagem. Para evitar estas condições, sempre aqueça a máquina.

## PREPARAÇÃO PARA USINAGEM

### **1. AVISOS**

**1.1** - O ferramental deve estar de acordo com as especificações, dimensões e tipo da máquina.

**1.2** - Ferramentas muito gastas podem causar danos. Substitua todas essas ferramentas por outras, antes que isso aconteça.

**1.3** - A área de trabalho deve ser adequadamente iluminada para facilitar as verificações de segurança.

**1.4** - Ferramentas e outros itens devem ser guardados. Não os deixe ao redor da máquina e mantenha os corredores limpos para evitar acidentes. Não devem ser colocados em cima do cabeçote, proteções ou lugares semelhantes.

### **2. CUIDADOS**

**2.1** - Para evitar interferências, o comprimento das ferramentas deve estar dentro da tolerância.

**2.2** - Após instalar uma ferramenta, faça um teste.

**2.3** - Não trabalhe com cabelos compridos, que possam tocar qualquer parte na máquina. Amarrá-los para cima e para trás.

**2.4** - Não opere comandos manuais (botão, tecla, chave comutadora, alavanca, etc.) quando estiver usando luvas. Poderá causar defeitos e acidentes.

**2.5** - Sempre que uma peça pesada tiver que ser movimentada e em qualquer ocasião em que haja qualquer risco envolvido, duas ou mais pessoas devem trabalhar juntas.

**2.6** - Cabos de aço ou cordas devem ser suficientemente resistentes para suportar as cargas a serem levantadas. Devem estar de acordo com as normas técnicas pertinentes.

**2.7** - Segure as peças com firmeza.

**2.8** - Não toque em cavacos ou na borda das ferramentas com as mãos sem proteção.

**2.9** - Pare a máquina, antes de ajustar o bico de refrigeração.

**3.0** - Nunca toque com as mãos ou de qualquer outra maneira uma peça girando ou no eixo-árvore em movimento;

**3.1** - Não abra a tampa frontal ou a porta da máquina, durante a usinagem.

**3.2** - Não opere a máquina, sem a parte frontal de segurança.



**3.3** - Feche sempre a porta frontal, antes de ligar a máquina.

**3.4** - Use escova para limpar os cavacos da ponta da ferramenta

## **PARA LIMPAR FERRAMENTAS UTILIZE UM PINCEL**

### PARA INTERROMPER A USINAGEM

#### **1. AVISO**

**1.1** - Apertar o botão de Cycle Stop (interrompe os movimentos dos eixos X e Z).

**1.2** - Apertar o botão de Cycle Stop e depois os botões de Shift e Cycle Stop simultaneamente (para os movimentos e aborta o programa).

**1.3** - Apertar o botão de emergência (somente em caso de necessidade).

### APÓS TERMINAR UM TRABALHO

#### **1. CUIDADOS**

**1.1** - Limpe sempre a máquina ou o equipamento. Retire os cavacos e limpe as proteções. Não use estopa para fazer a limpeza.

**1.2** - Nunca limpe a máquina ou equipamento antes de sua PARADA COMPLETA.

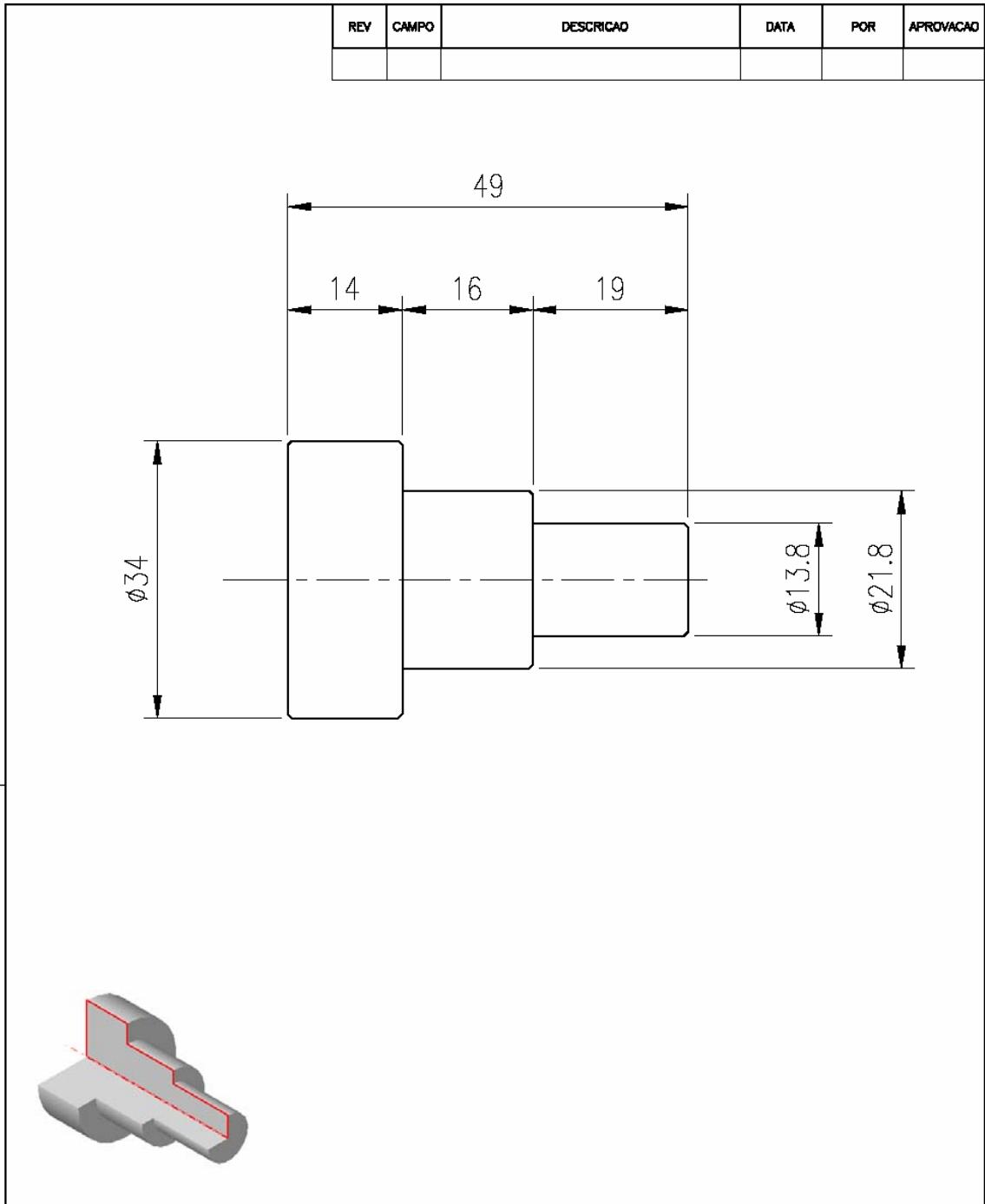
**1.3** - Ao executar usinagem pesada, evite o acúmulo de cavacos, pois cavacos quentes podem provocar combustão e danificar os raspadores de cavacos. Verifique os limpadores e substitua os danificados.

**1.4** - Verifique se há contaminação de óleo e troque-os sempre e quando necessário. Verifique o nível do óleo refrigerante e lubrificante e adicione óleo, se necessário. Limpe o filtro do tanque de refrigeração.

**1.5** - **Antes de deixar a máquina no final do turno, acione o Botão de Emergência, desligue o Vídeo, desligue a Chave Geral da máquina e, finalmente, desligue a Chave Geral da rede, sempre seguindo essa ordem.**

## **7. Desenhos para programação CNC**



Neste capítulo foram incluídos alguns desenhos de peças para programação CNC.



011	BAR 210 040	BARRA CILINDR. ACO INOX 316L DIAM. 40MM
-----	-------------	---

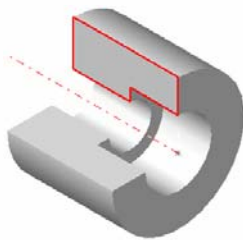
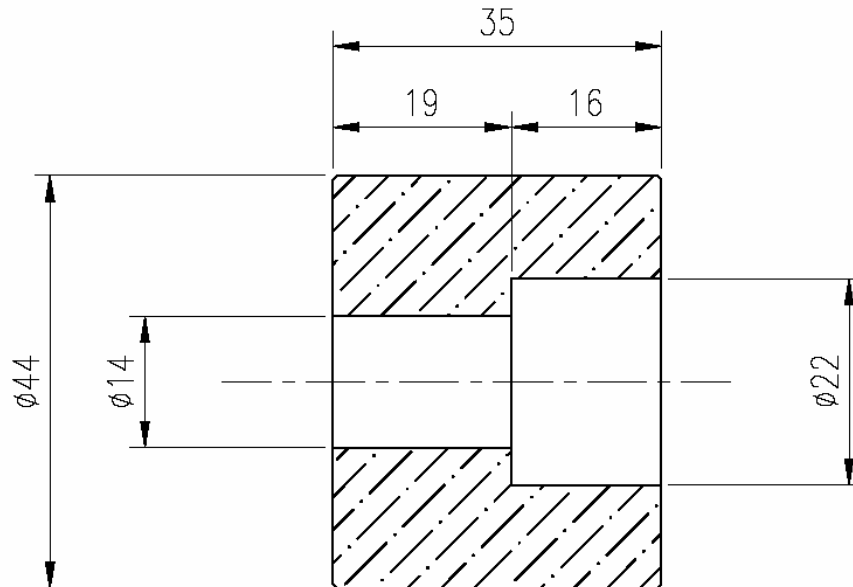
ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

Os desenhos, informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO	
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1		
 ENSITEC CURSO PROGRAMACAO CNC CONJUNTO EIXO-BUCHA EIXO REBAIXADO					DESENHO PREVO		REV.
					CNC-005001		A
					No. CLIENTE		REV.
---		-					
No. CDR AUTO		REV.					
CNC-005001		A					
FORMATO		FOLHA	No. CAD				
A-4		1/1	5001				





REV	CAMPO	DESCRICAO	DATA	POR	APROVACAO



011	BAR 210 050	BARRA CILINDRICA INOX 316L DIAM. 50MM
-----	-------------	---------------------------------------

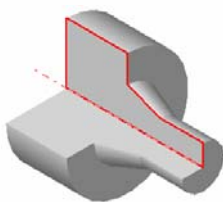
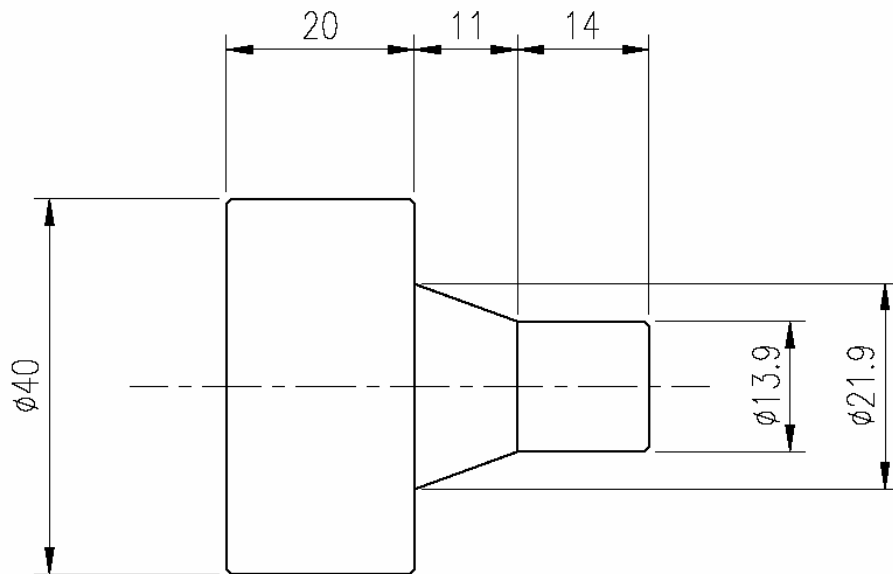
ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO
------	-------	------------	-----------

Os desenhos, informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO	
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1		
 ENSITEC CURSO PROGRAMACAO CNC CONJUNTO EIXO-BUCHA BUCHA REBAIXADA					DESENHO PREVIO		REV.
					CNC-005002		A
					No. CLIENTE		REV.
---		-					
No. OR AUTO		REV.					
CNC-005002		A					
FORMATO		FOLHA	No. CAD				
A-4		1/1	5002				





REV	CAMPO	DESCRICAO	DATA	POR	APROVACAO



011 BAR 220 042 BARRA CILINDRICA ACO SAE1020 DIAM. 42MM

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

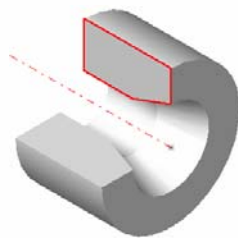
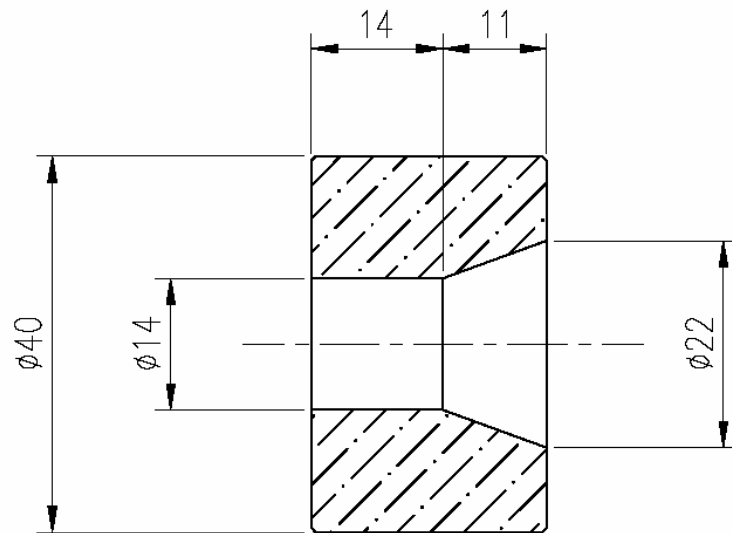
Os desenhos, informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO	
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1		
 ENSITEC CURSO PROGRAMACAO CNC CONJUNTO EIXO-BUCHA CONICO EIXO CONICO						DESENHO PREVIO CNC-005003 No. CLIENTE -- No. OR AUTD CNC-005003	
FORMATO A-4						FOLHA 1/1	No. CAD 5003
						REV. B	
						REV. -	
						REV. B	






REV	CAMPO	DESCRICAO	DATA	POR	APROVACAO



011 BAR 220 042 BARRA CILINDRICA ACO SAE1020 DIAM. 42MM

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

Os desenhos, informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1	

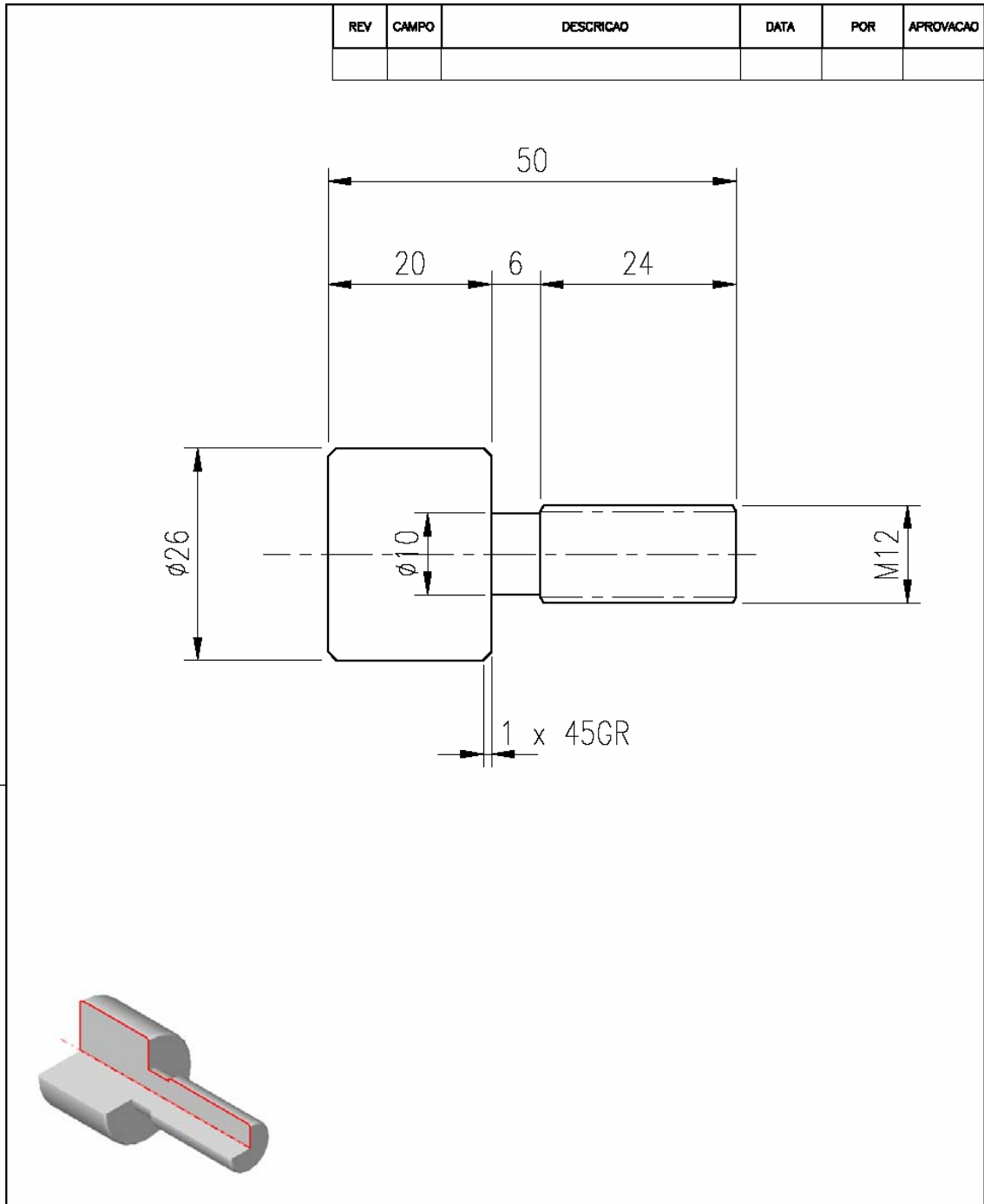


ENSITEC  
CURSO PROGRAMACAO CNC  
CONJUNTO EIXO-BUCHA CONICO  
BUCHA CONICA

FORMATO A-4

DESENHO PREVO	REV.
CNC-005004	B
No. CLIENTE	REV.
--	-
No. QRT AUTO	REV.
CNC-005004	B
FOLHA	No. CAD
1/1	5004







011 BAR 140 032 BARRA CILINDRICA ACO SAE1045 DIAM. 32MM

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO
011		BAR 140 032	BARRA CILINDRICA ACO SAE1045 DIAM. 32MM

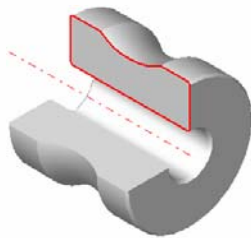
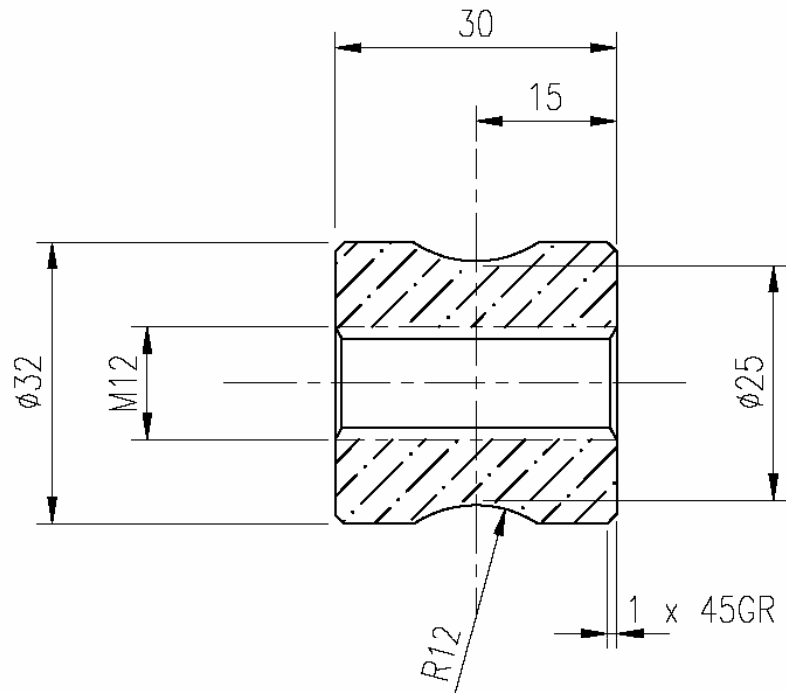
Os desenhos, Informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO CJR	DESENHADO CJR	VERIFICADO MAP	APROVADO MAP	DATA 28/05/02	ESCALA 1,5:1		REGISTRO
------------------	------------------	-------------------	-----------------	------------------	-----------------	---	----------

	ENSITEC		DESENHO PREVIO	REV.
	CURSO PROGRAMACAO CNC		CNC-005005	A
	CONJUNTO MACACO REGULAVEL		No. CLIENTE	REV.
	EIXO ROSCADO		---	---
FORMATO A-4		FOLHA 1/1	No. CAD 5005	No. CJR AUTD CNC-005005
				REV. A



REV	CAMPO	DESCRICAO	DATA	POR	APROVACAO



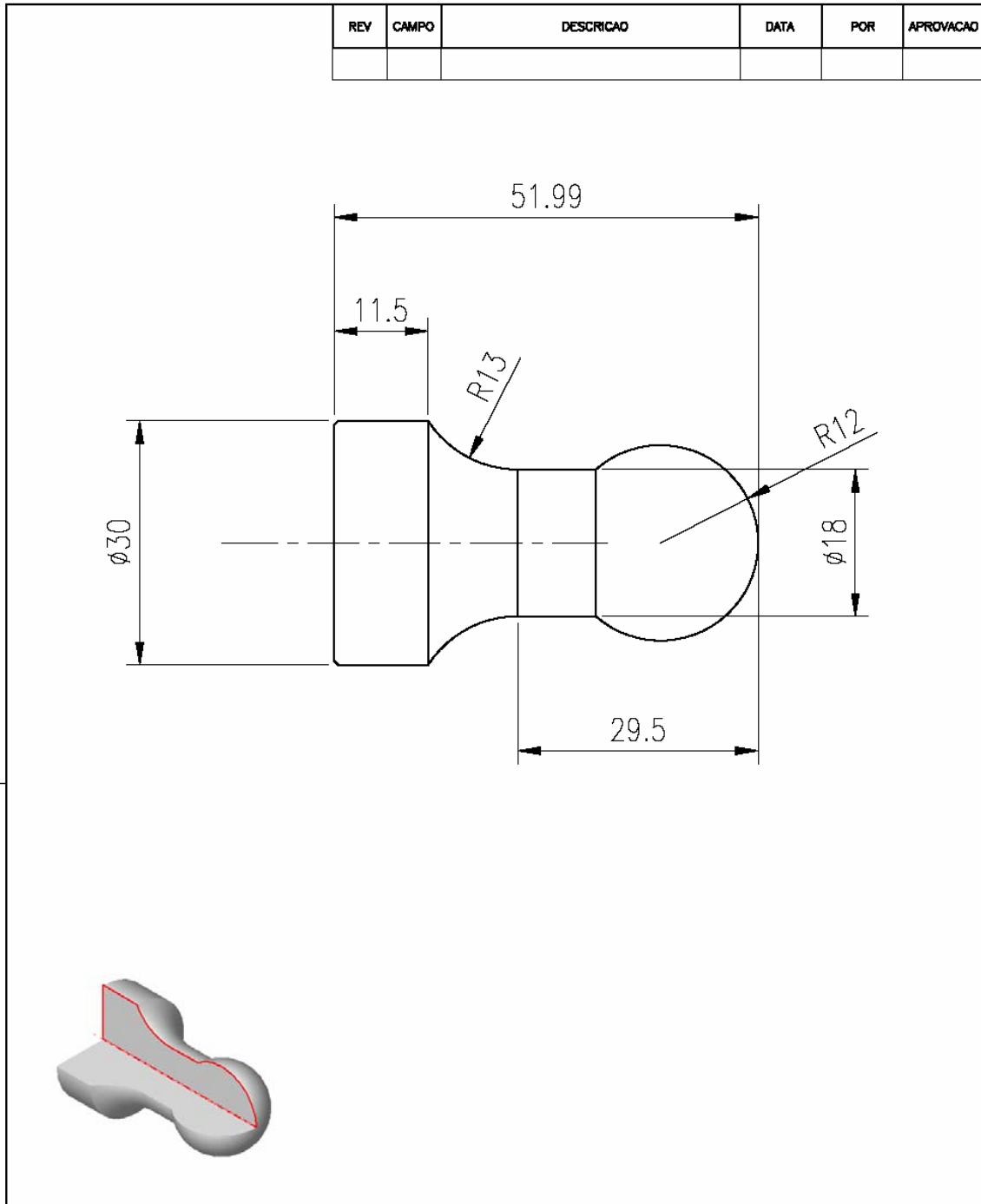
011 BAR 140 036 BARRA CILINDRICA ACO SAE1045 DIAM. 36MM

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

Os desenhos, Informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO	
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1		
 ENSITEC CURSO PROGRAMACAO CNC CONJUNTO MACACO REGULAVEL BUCHA ROSCADA					DESENHO PREVIO CNC-005006		REV. A
					No. CLIENTE --		REV. -
					No. OR AUTO CNC-005006		REV. A
FORMATO A-4				FOLHA 1/1	No. CAD 5006		







011	BAR 180 036	BARRA ACO CARBONO 180HB DIAM. 36MM
-----	-------------	------------------------------------

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

Os desenhos, Informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

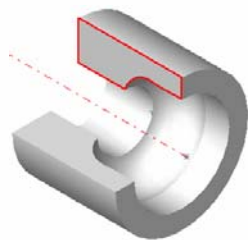
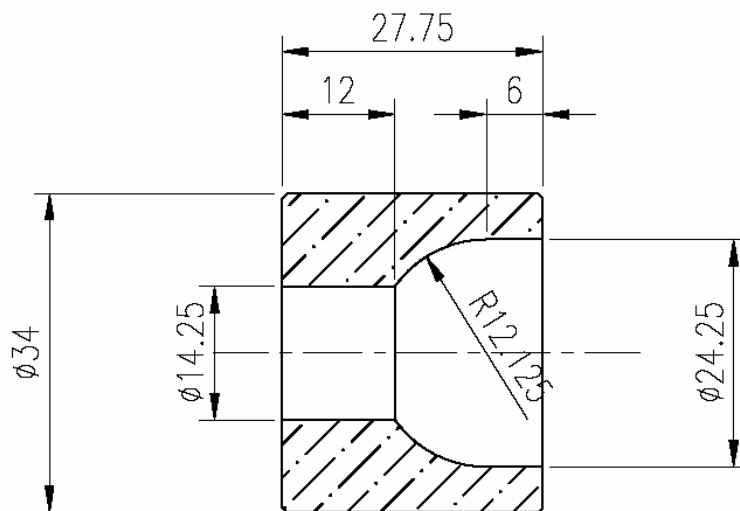
PROJETADO CJR	DESENHADO CJR	VERIFICADO MAP	APROVADO MAP	DATA 28/05/02	ESCALA 1,5:1		REGISTRO
------------------	------------------	-------------------	-----------------	------------------	-----------------	---	----------

 <b>ENSITEC</b>	ENSITEC	DESENHO PREVIO	REV. B
	CURSO PROGRAMACAO CNC	CNC-005007	REV. -
	CONJUNTO ARTICULADO	No. CLIENTE ---	REV. -
	EIXO ESFERICO	No. OR AUTO CNC-005007	REV. B
FORMATO A-4	FOLHA 1/1	No. CAD 5007	







REV	CAMPO	DESCRICAO	DATA	POR	APROVACAO



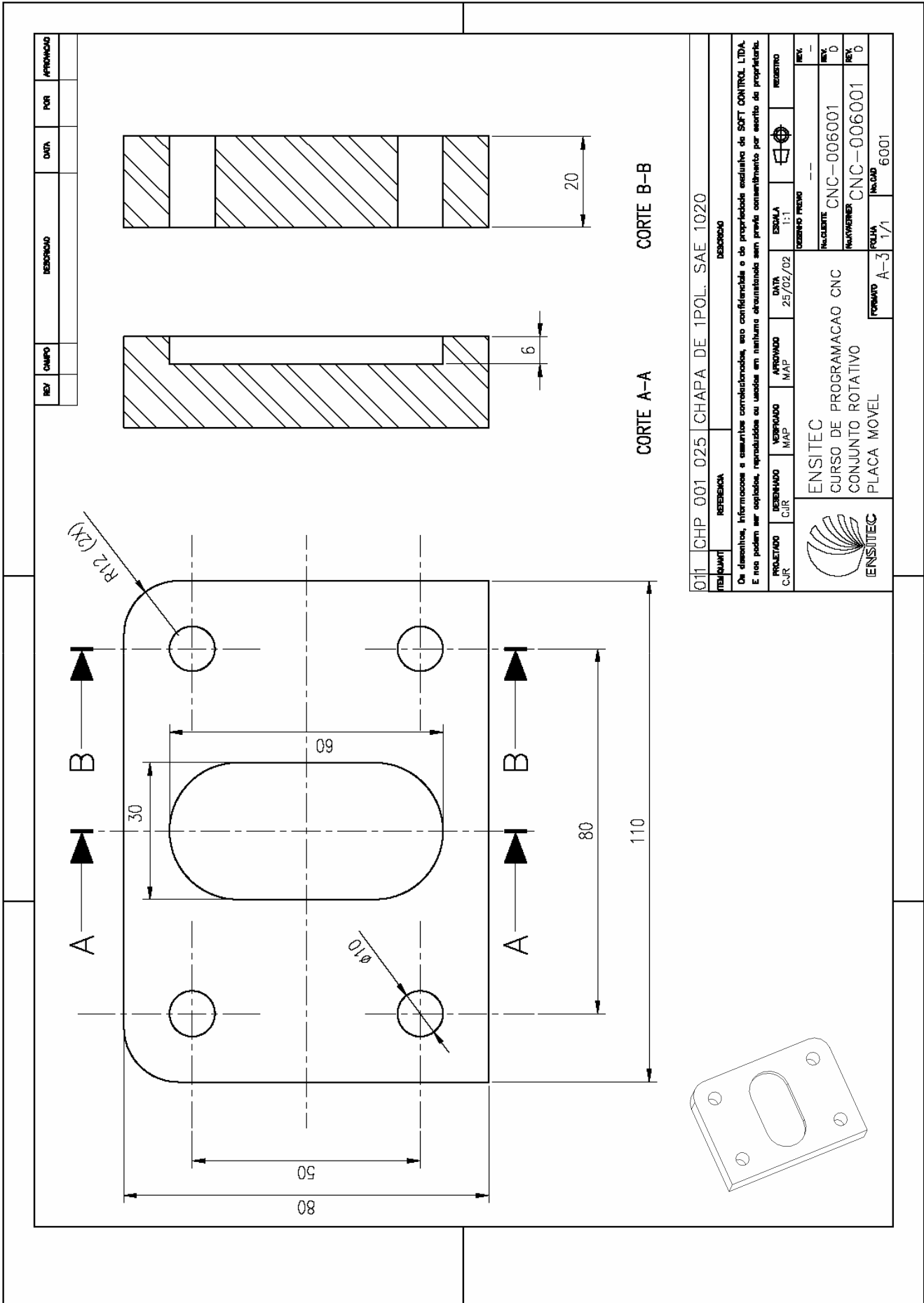
011 | BAR 180 036 | BARRA ACO CARBONO 180HB DIAM. 36MM

ITEM	QUANT	REFERENCIA	DESCRICAO

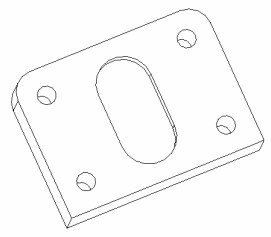
Os desenhos, Informacoes e assuntos correlacionados, sao confidenciais e de propriedade exclusiva da ENSITEC LTDA. E nao podem ser copiados, reproduzidos ou usados em nenhuma circunstancia sem previo consentimento por escrito da proprietaria.

PROJETADO	DESENHADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REGISTRO	
CJR	CJR	MAP	MAP	28/05/02	1,5:1		
 ENSITEC CURSO PROGRAMACAO CNC CONJUNTO ARTICULADO BUCHA ESFERICA					DESENHO PREVIO		REV.
					CNC-005008		B
					No. CLIENTE		REV.
---		-					
No. OR AUTO		REV.					
CNC-005008		B					
FORMATO	FOLHA	No. CAD					
A-4	1/1	5008					

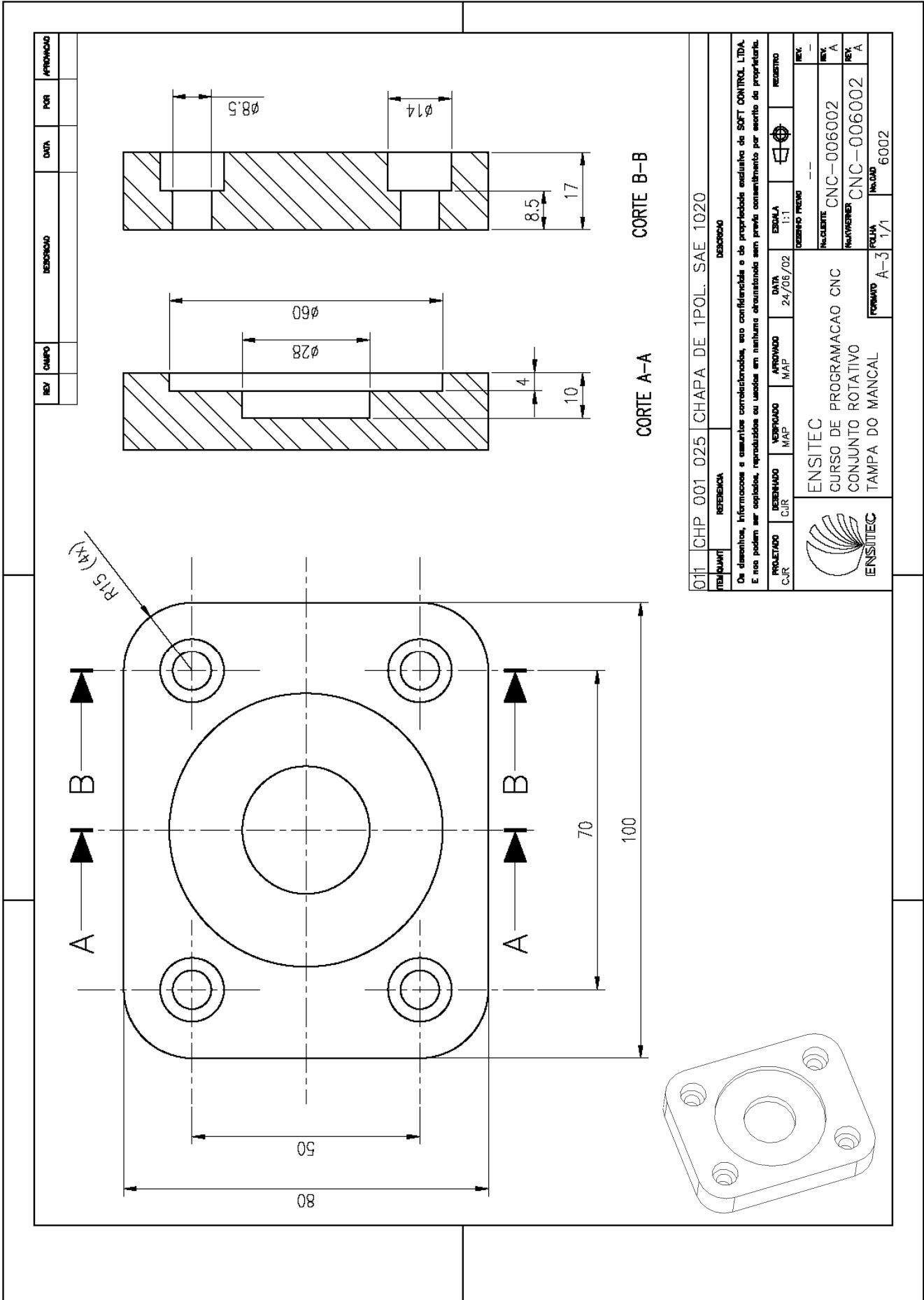




011	CHIP 001 025	CHAPA DE 1POL. SAE 1020	DESCRICO
ITEM/QUANT	REFERENCIA	DESCRICO	
De desenhos, informacoes e consultas correlacionadas, esta confiavel e de propriedade exclusiva de SOFT CONTROL LTDA. E nao podem ser aplicadas, reproduzidas ou usadas em nenhuma circunstancia sem previa consentimento por escrito da proprietaria.			
PROJETADO CJR	VERIFICADO MAP	APROVADO MAP	DATA 25/02/02
ESCALA 1:1	UNIDADE MILIMETROS	REVISAO ---	REVISAO ---
ENSITEC CURSO DE PROGRAMACAO CNC		INCLUIRE CNC-006001	REV. 0
CONJUNTO ROTATIVO PLACA MOVEL		NUMEROS CNC-006001	REV. 0
FORMATO A-3		FOLHA 1/1	TOTAL 6001







011		CHP 001 025		CHAPA DE 1POL. SAE 1020		DESCRICO	
ITEM/QTDE		REFERENCIA		DESCRICO			
<p>Os desenhos, informacoes e especificacoes correlacionadas, sao confidenciais e de propriedade exclusiva do SOFT CONTROL LTDA. E nao podem ser copiadas, reproduzidas ou usadas em nenhum equipamento sem previa consentimento por escrito da proprietaria.</p>							
PROJETADO	REVISADO	VERIFICADO	APROVADO	DATA	ESCALA	REVISAO	REVISAO
CJR	CJR	MAP	MAP	24/06/02	1:1	---	REV. A
<p>ENSITEC CURSO DE PROGRAMACAO CNC CONJUNTO ROTATIVO TAMPA DO MANCAL</p>				<p>CLIENTE: CNC-006002 NÚMERO: CNC-006002</p>		<p>FOLHA: 1/1 NÚMERO: 6002</p>	



