

Tecnologia de Comando Numérico

164399

Aula 4

- Conceitos básicos de operação de máquinas CN**
- Métodos de programação de máquinas CN**
- Etapas da programação**
- Eixos comandados e sistemas de coordenadas**

Prof. Edson Paulo da Silva

Tecnologia de Comando Numérico - Conceitos Básicos de Operação de Máquinas CN

1. Conceitos básicos de operação de máquinas CN

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

- ***Recursos Operativos:*** são recursos do CN que substituem a ação direta do operador:

Exemplos de recursos operativos:

- Troca automática de ferramenta (substitui o operador);
- Abertura de rosca (substitui o operador);
- Capacidade de realizar contornos em fresamento e torneamento (substitui dispositivos auxiliares);

Tecnologia de Comando Numérico - Conceitos Básicos de Operação de Máquinas CN

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

Exemplos de recursos complementares:

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

Tecnologia de Comando Numérico - Conceitos Básicos de Operação de Máquinas CN

- **Modos de OPERAÇÃO de máquinas CN**

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

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

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

Tecnologia de Comando Numérico - Conceitos Básicos de Operação e Programação

– O que se pode fazer em modo manual

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

Tecnologia de Comando Numérico - Conceitos Básicos de Operação e Programação

– O que se pode fazer no modo automático

- Todas as operações e funções possíveis de serem programadas, compatíveis com os recursos da máquina comandada pelo CN;

– O que se pode fazer no modo M.D.I*

- Todos os recursos usados para a operação em modo automático podem ser introduzidas ao comando através do M.D.I., usando a mesma linguagem de programação;

Tecnologia de Comando Numérico – Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

2. Métodos de programação de máquinas CN (Generalidades)

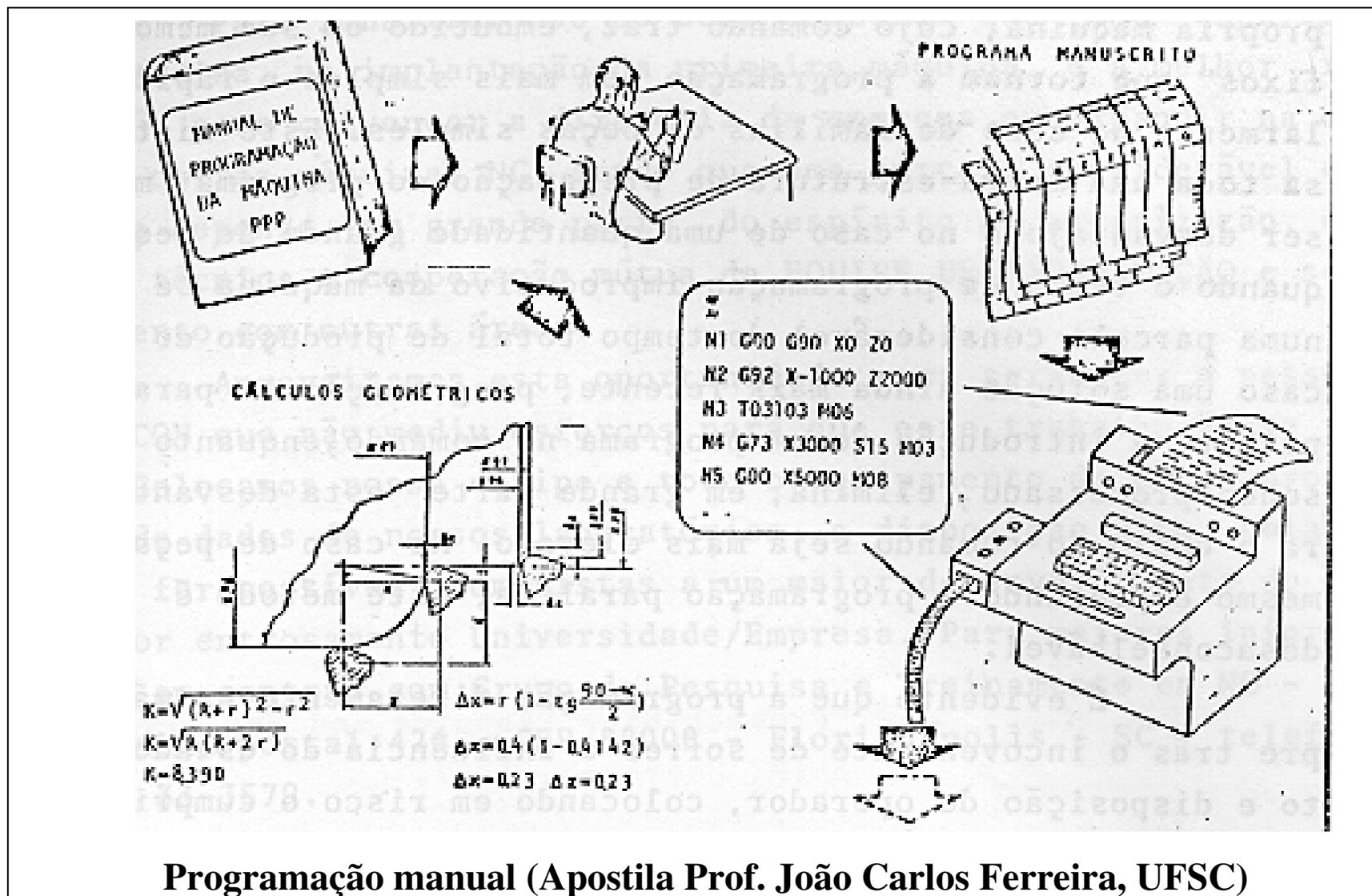
- A programação CN consiste de um *planejamento e documentação* da seqüência de processamento a ser realizada pela máquina CN;
- A programação pode ser feita basicamente de três formas:
 - Programação manual;
 - Programação assistida por computador:
 - ✱ Via linguagens específicas (APT, EXAPT, etc.);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

Tecnologia de Comando Numérico – Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

2.1 Programação manual

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

Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)



Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

2.2 Programação assistida por computador

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

Via linguagens específicas:

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

Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

- O computador: i) converte a linguagem programada em Código G, ii) faz cálculos aritméticos e correções e 3) faz o pós-processamento para máquina em questão;
- Algumas linguagens: APT (Automatically Programmed Tools), AUTOSPOT (Automatic System for Positioning Tools), ADAPT (Adaptation of APT), EXAPT (Extended Subset of APT);

Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

Exemplo de programa em APT

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

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



Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

Via sistemas CAD/CAM

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

Tecnologia de Comando Numérico - Métodos de Programação de Máquinas CN (Generalidades)

2.3 Programação M.D.I (Manual Data Input)

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

Tecnologia de Comando Numérico – Etapas da Programação Manual de Máquinas CN

3. Etapas da programação manual

A programação manual consiste, basicamente, das seguintes etapas:

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

Tecnologia de Comando Numérico – Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

i) Interpretação do desenho:

Análise detalhada do desenho visando basicamente:

- Entender e visualizar a peça;
- Atributo geométrico => Operação de manufatura;
- Elaboração de croquis com detalhes de fixação da peça e da trajetória de ferramentas =>evitar colisões;

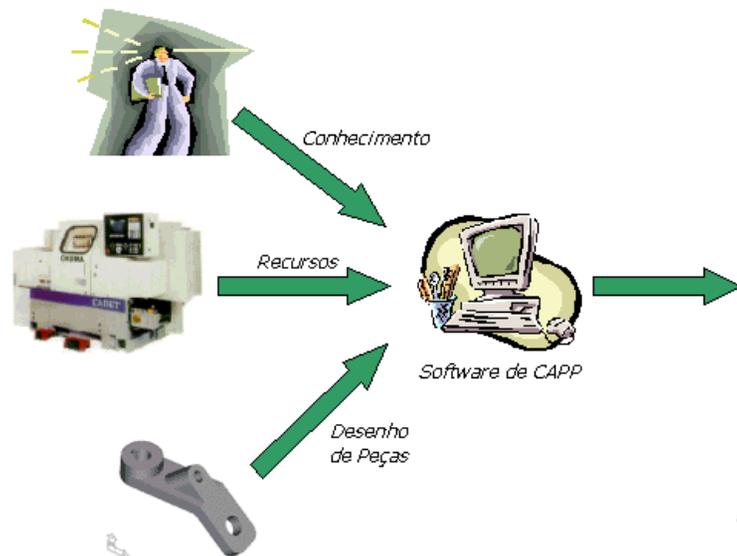
ii) Planejamento do processo

A partir do desenho, dos recursos humanos e de máquinas disponíveis o processista elabora, manualmente ou com auxílio de sistemas CAPP, o Plano de Processo que contém basicamente: i) seqüência de operações, ii) equipamentos a serem utilizados e iii) parâmetros de usinagem;

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

- Sistemas CAPP (Computer Aided Process Planning - Planejamento de Processo Auxiliado por Computador)



Nº do plano de processos:					Dados:	
Nº da peça:		Nome da peça:		Nº do desenho:		
Origem:		Verificado:	Mudanças:	Aprovado:		
Nº de peças:		Material:		Peso:		
Nº da operação	Operação	Máquina	Ferramenta	Dispositivo	Tempo de setup (hrs)	Tempo de operação (hrs)
5	Torneamento (d)	Torno4	T5	Fl. 3cast.	0,2	0,2
10	Torneamento (a)	Torno2	T3	Fl. 3cast.	0,1	0,2
15	Furação	Furadeira2	B5	Disp o' guia	0,15	0,1
20	Chanframento	Furadeira2	C3	Disp o' guia	0,1	0,07
25	Rebaixamento	Furadeira2	B1	Disp o' guia	0,1	0,09
30	Trat. térmico	Forno			0,15	0,09
35	Retificação	Retificadora			0,15	0,06

P.

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

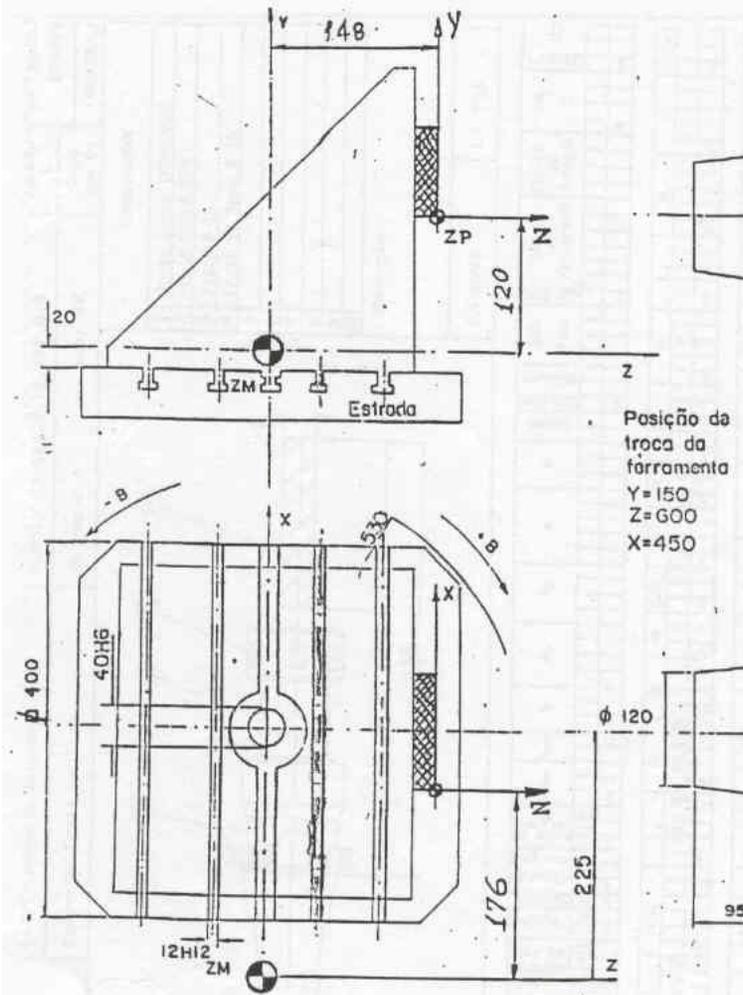
iii) Especificação de dispositivos de fixação

A documentação que acompanha a ordem de serviço enviada à fabricação deve conter:

- Esquema de fixação dos dispositivos de fixação sobre a mesa:
- Esquema de fixação das peças sobre os dispositivos de fixação objetivando:
 - Orientar programador na determinação da trajetória da ferramenta (sem colisões, menor tempo, etc.);
 - Orientar o operador na preparação da máquina (*setup*);

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN



Exemplo de esquema de fixação

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

iv) Seleção de ferramentas e condições de usinagem

- As condições de usinagem (avanços, velocidades de corte, rotações, etc.) bem como as ferramentas são influenciadas pelo tipo de material da peça e da ferramenta, forma e tamanho da peça, potência da máquina e natureza do processo de usinagem;
- Tudo isso depende ainda das restrições impostas pelo controle da qualidade, pelos custos e pela data de entrega do produto ao cliente;

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

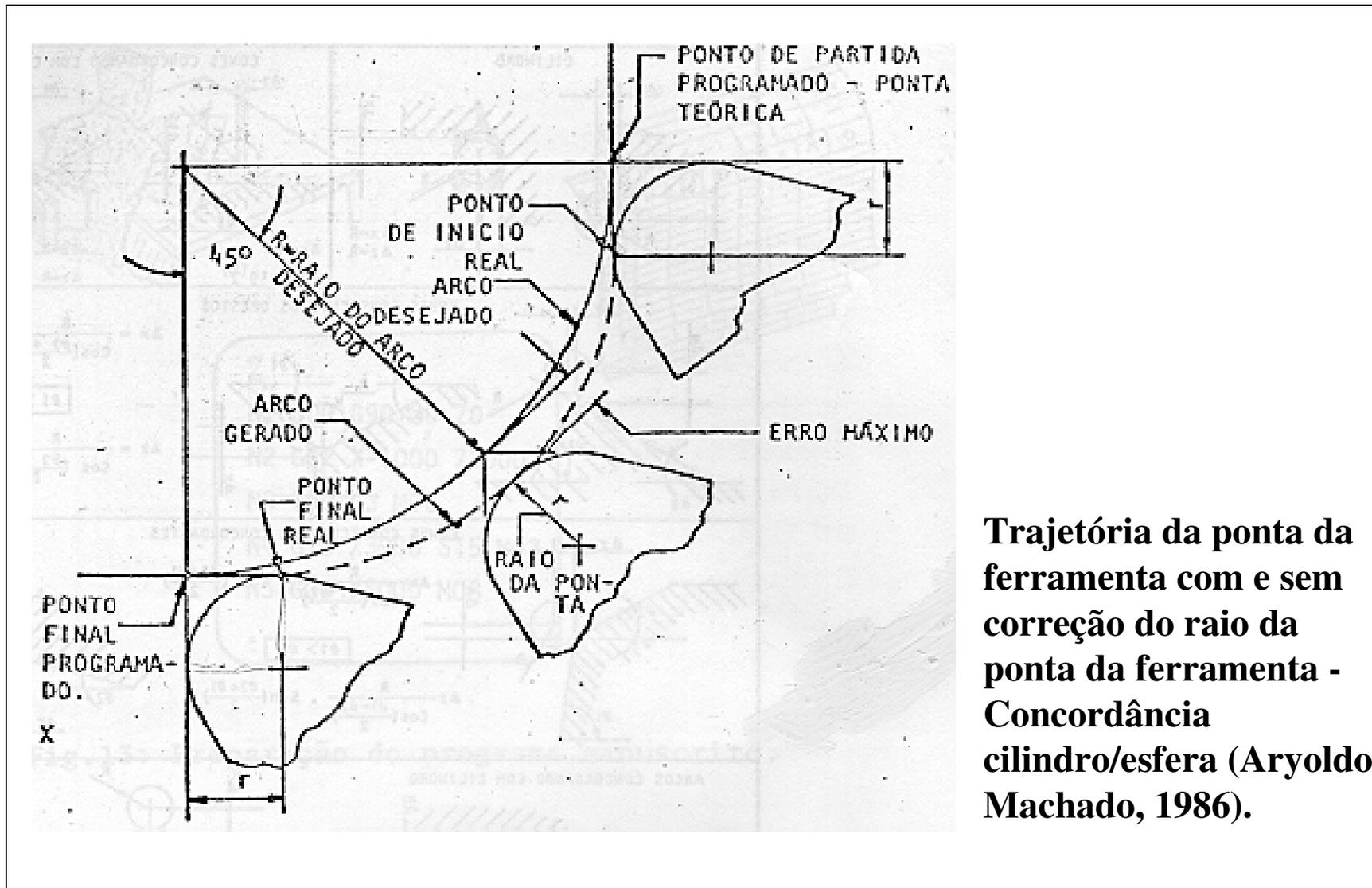
v) Preparação de dados para cálculo de trajetórias

Fazem parte dos dados:

- Coordenadas dos pontos de partida e chegada que definem a trajetória de ferramentas;
- Dados para interpolação (linear, circular, etc);
- Pontos de concordância;
- Coordenadas de centros do raio das ferramentas;
- Dados para compensação de raio de ferramenta;
- etc...

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

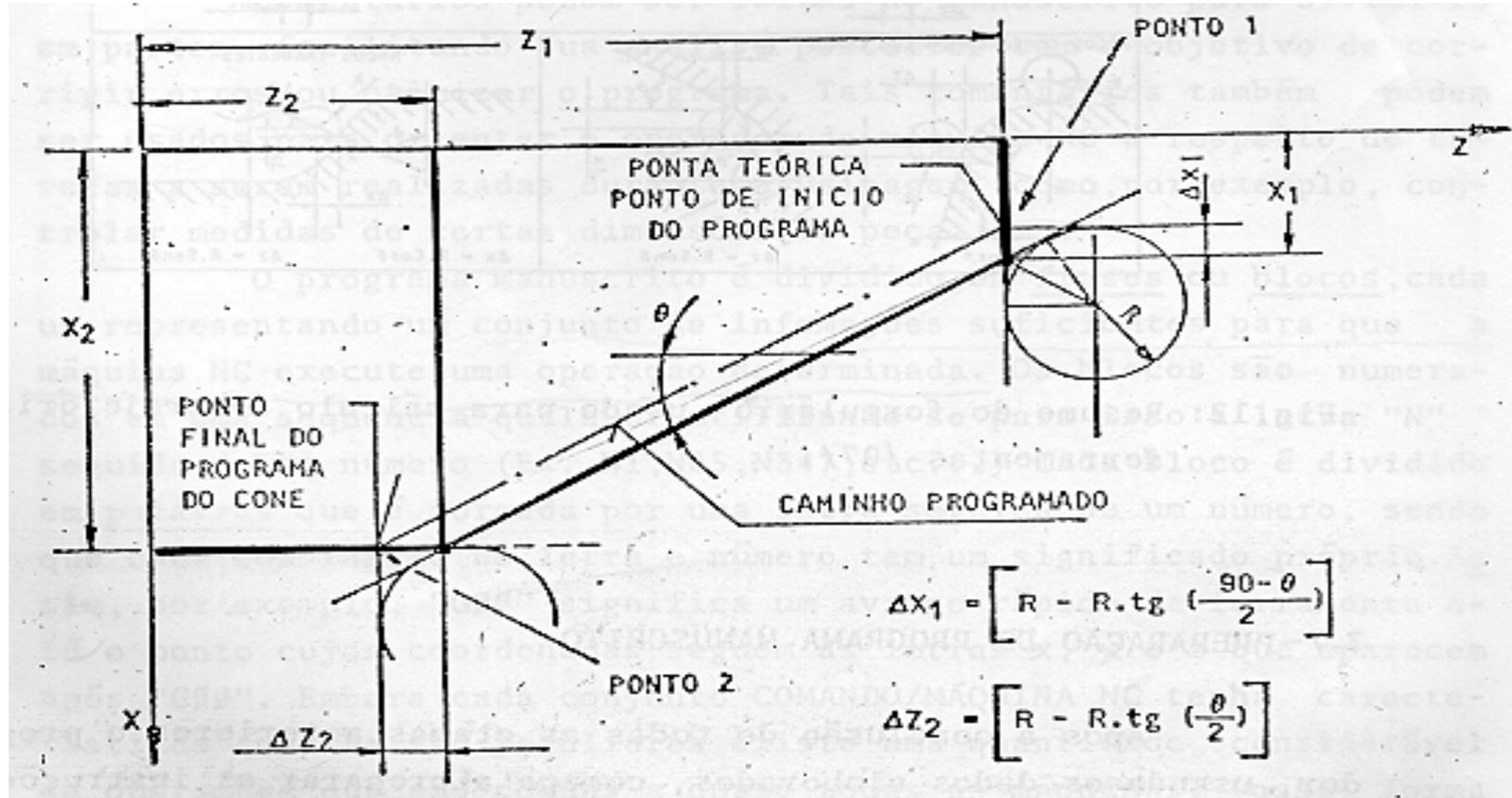
Manual de Máquinas CN



Trajatória da ponta da ferramenta com e sem correção do raio da ponta da ferramenta - Concordância cilindro/esfera (Aryoldo Machado, 1986).

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

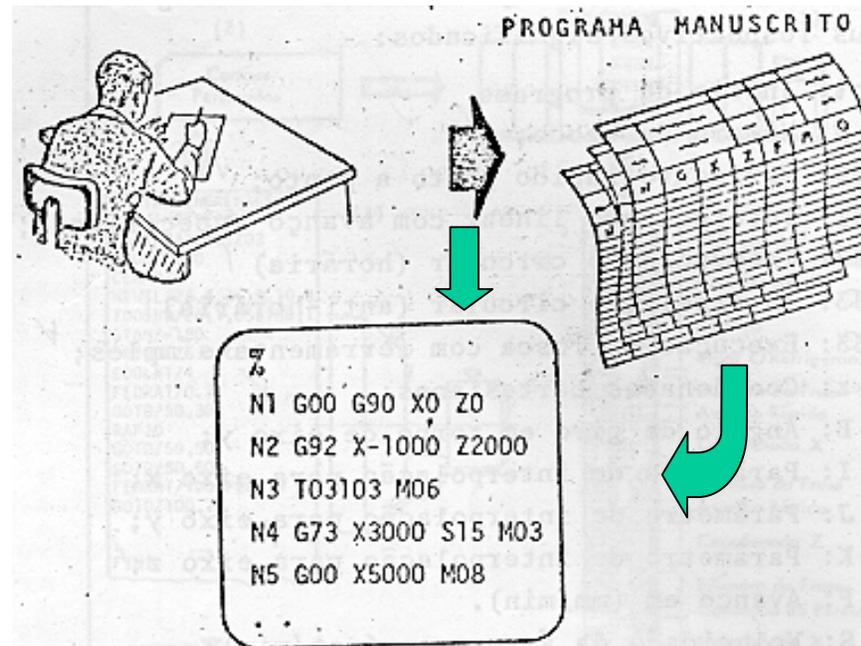


Trajétória da ponta da ferramenta com e sem correção do raio da ponta da ferramenta - Concordância cilindro/cone). (Aryoldo Machado, 1986)

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação Manual de Máquinas CN

vi) Elaboração do programa CN

- Em mãos do Plano de Processo, esquema de fixação e dos dados de trajetória elabora-se o Programa Manuscrito e/ou o Programa CN diretamente utilizando para isso uma linguagem própria;



Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

vii) Simulação

- Uma vez gerado o programa deve-se, se possível, fazer uma simulação do processo para verificar se o programa está correto;
- Para isso pode-se fazer uso de *softwares* Simuladores de Programas CN;

Tecnologia de Comando Numérico - Etapas da Programação

Manual de Máquinas CN

viii) *Tryout*

Consiste do teste do programa na máquina seguindo os seguintes passos:

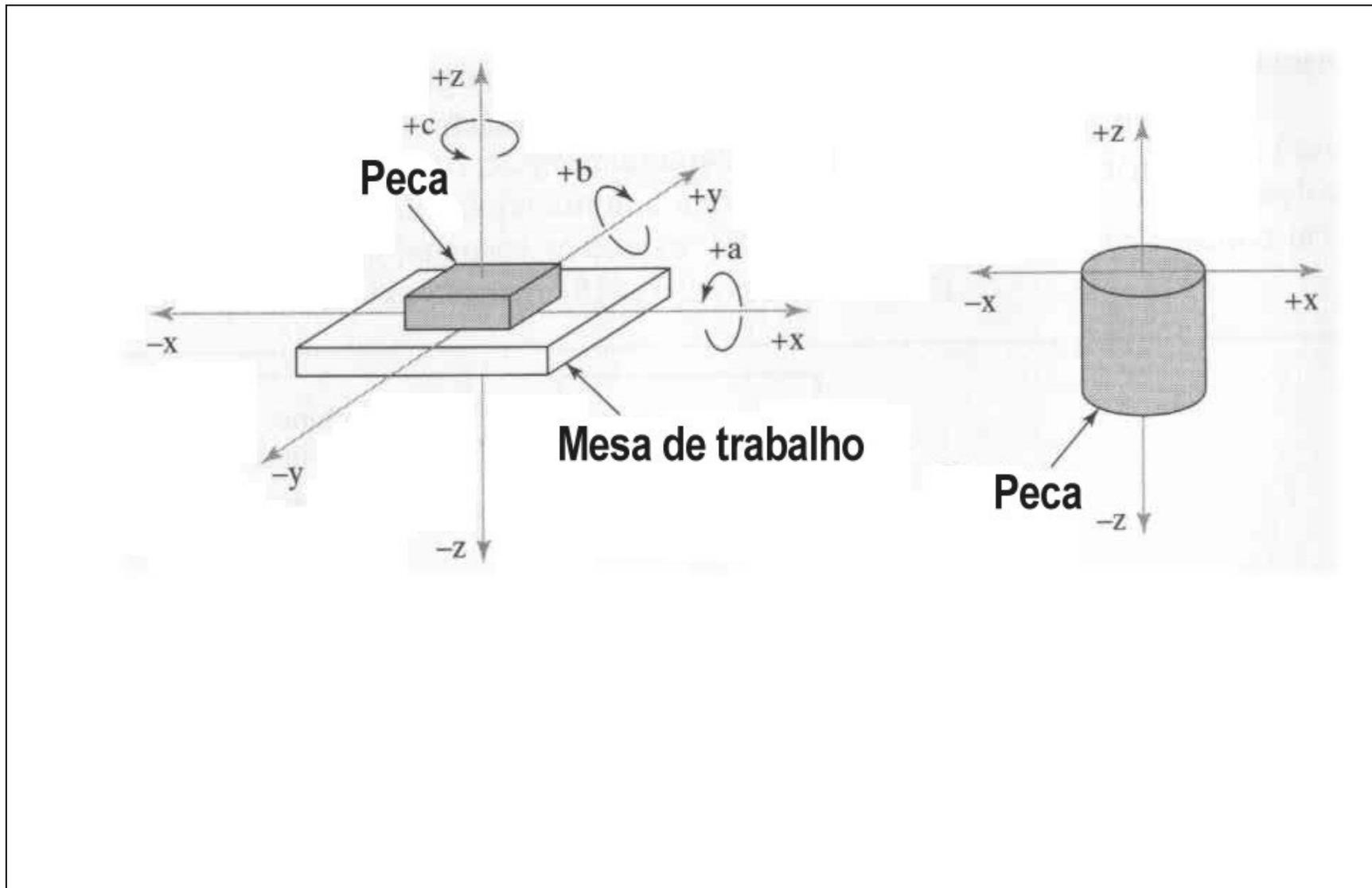
- Usinagem de um material fácil de usinar (isopor, madeira, etc);
- Usinagem de uma peça-teste usando matéria-prima refugada;
- Usinagem da primeira peça controlando as dimensões e ajustando parâmetros passíveis de serem ajustados no comando até obter as condições adequadas e dimensões dentro das tolerâncias exigidas;

Tecnologia de Comando Numérico – Sistemas de Coordenadas na Programação CN

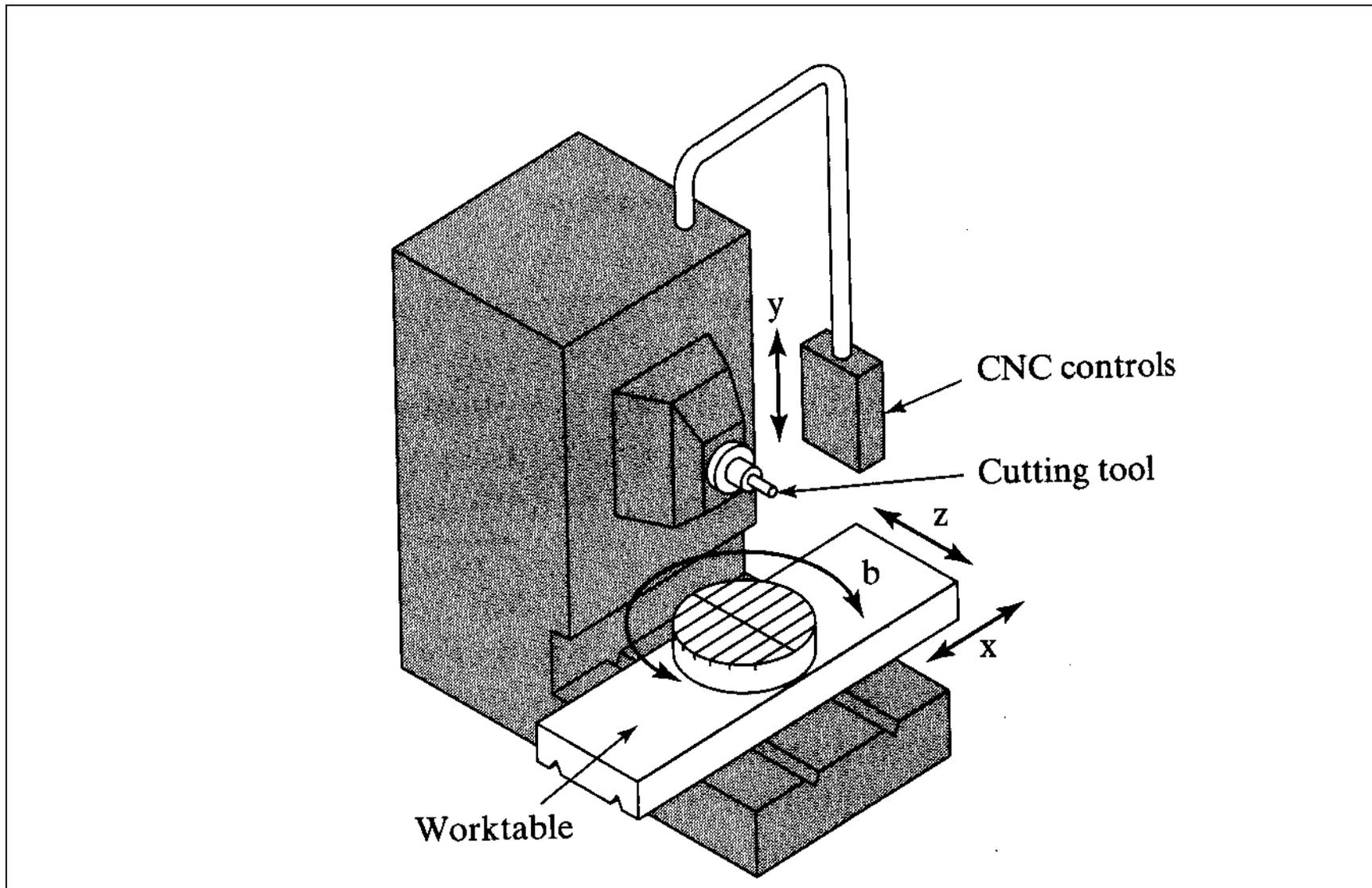
4. Eixos, sistemas de coordenadas e zeros dos sistema na programação CN

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

Tecnologia de Comando Numérico – Sistemas de Coordenadas na Programação CN



Tecnologia de Comando Numérico – Sistemas de Coordenadas na Programação CN

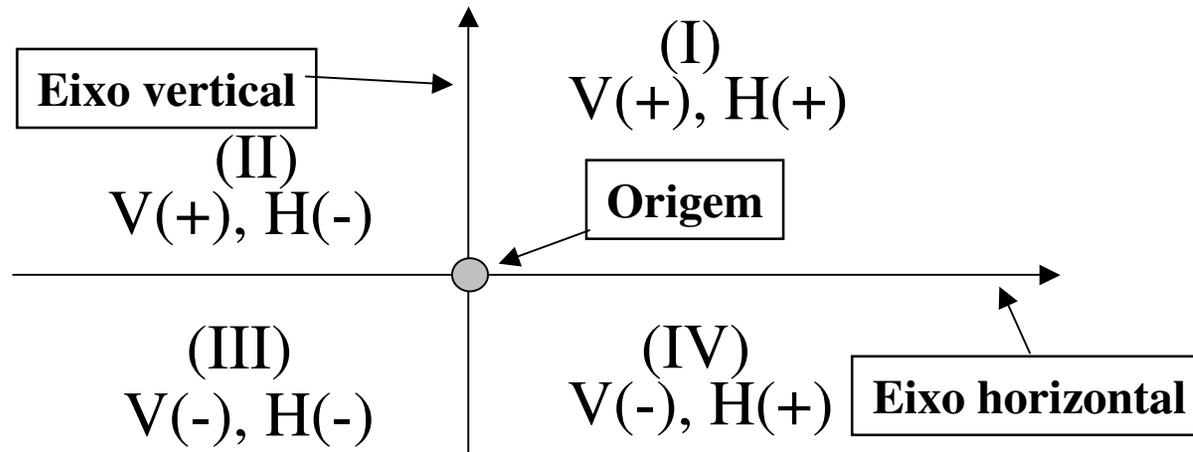


Tecnologia de Comando Numérico – Sistemas de Coordenadas na Programação CN

Sistemas de coordenadas

- Existem dois critérios para se definir as funções de posicionamento no plano de trabalho: *Sistema de coordenadas absoluto e sistema de coordenadas incremental*:
 - **Sistema de coordenadas absoluto:** Todos os pontos são definidos através de um sistema de coordenada ortogonal, onde a interseção dos eixos é a origem. Os eixos definem quatro quadrantes de programação.

Tecnologia de Comando Numérico – Sistemas de Coordenadas na Programação CN

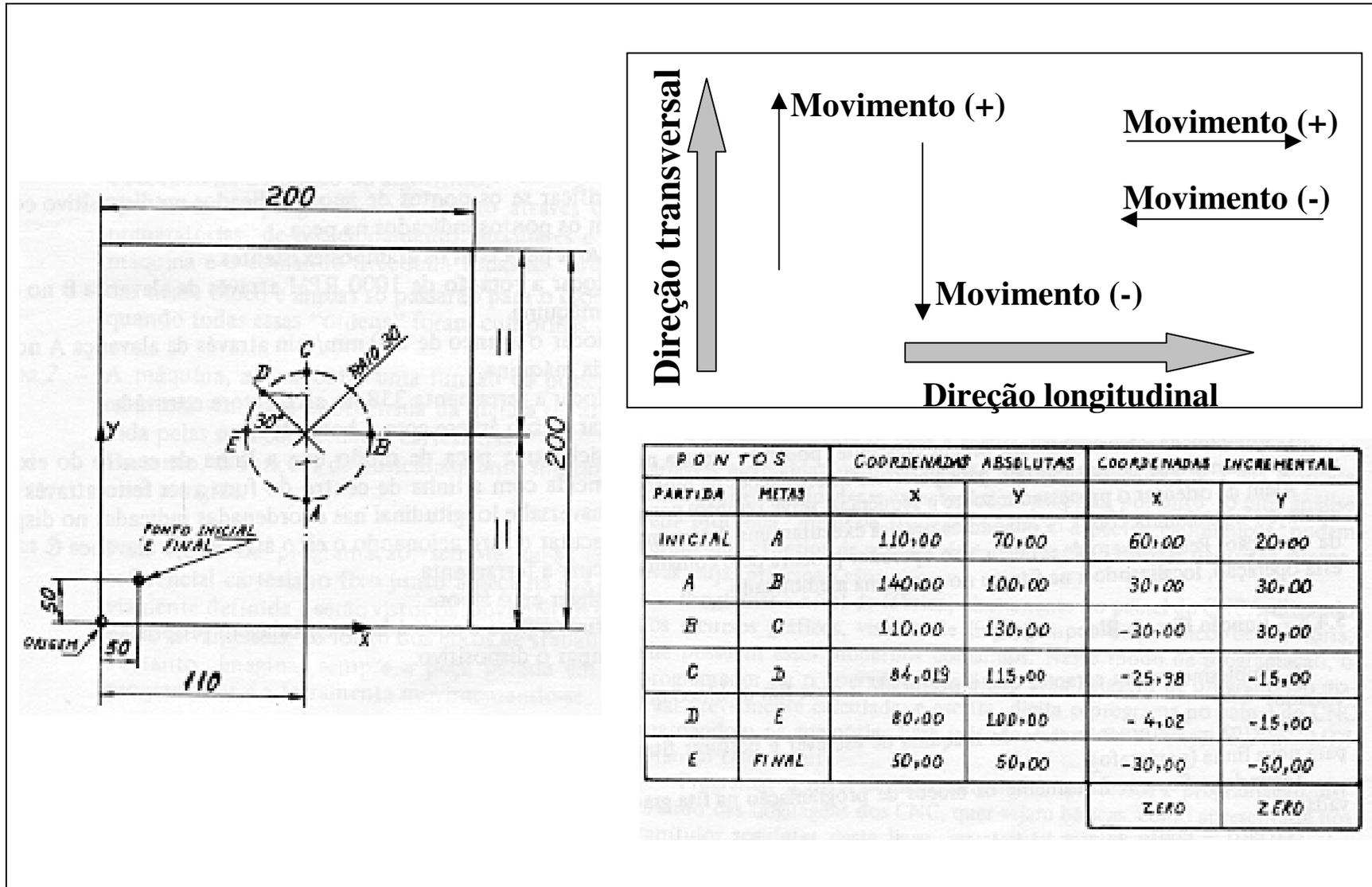


- **Ponto de origem fixo (Zero fixo):** para todas as peças o sistema de referência é sempre o mesmo, definido pela máquina e pelo comando;
- **Ponto de origem flutuante (Zero flutuante):** Ponto de referência definido em qualquer ponto contido no plano de trabalho. Cada peça pode ter um ou mais pontos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

Tecnologia de Comando Numérico - Sistemas de Coordenadas na Programação CN

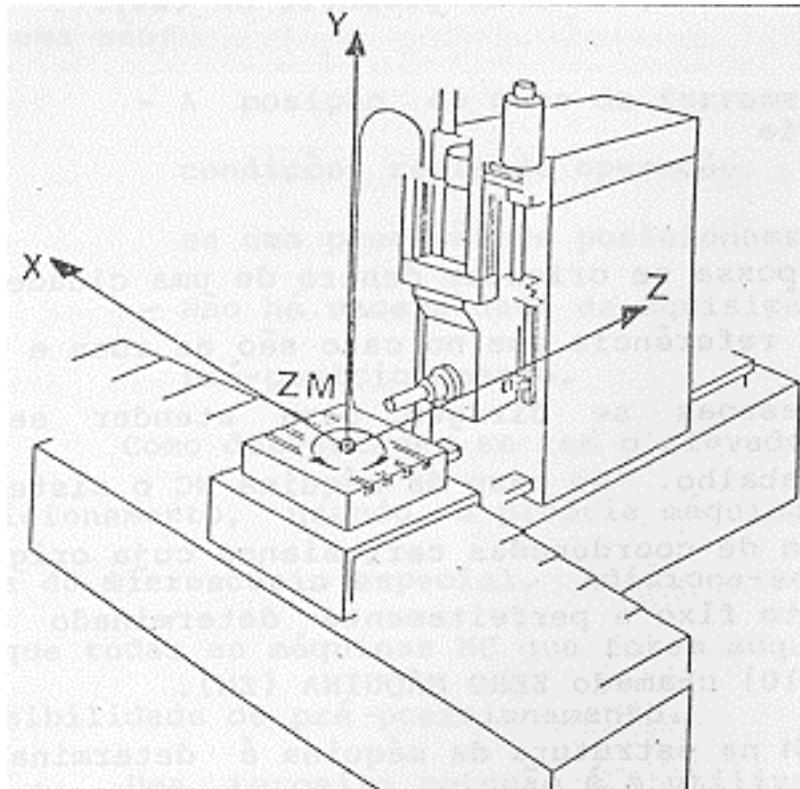
- **Sistema de coordenadas incremental:** As coordenadas do ponto meta são dadas sempre em função do ponto de partida (ponto anterior), ou seja, a medida é projetada sobre as direções principais entre o ponto de partida (atual) e a meta:
 - O sinal da coordenada é definido pela direção do movimento;
 - Neste sistema não faz sentido falar em origem (fixa ou flutuante);

Tecnologia de Comando Numérico - Sistemas de Coordenadas na Programação CN



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

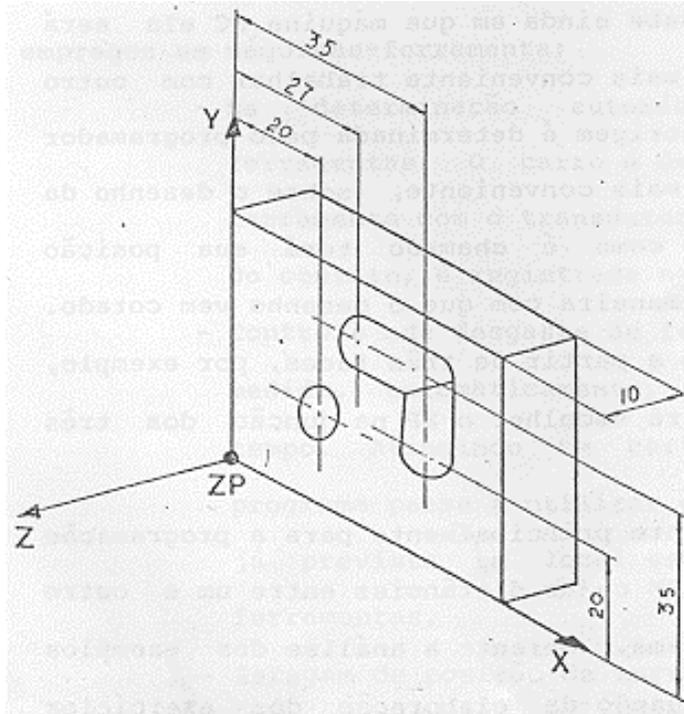
- **Zero Máquina (ZM):** é a origem de um sistema de coordenadas cartesiano definido pelo fabricante. Este ponto é fixo, não pode ser alterado;



Exemplo de Zero Máquina.

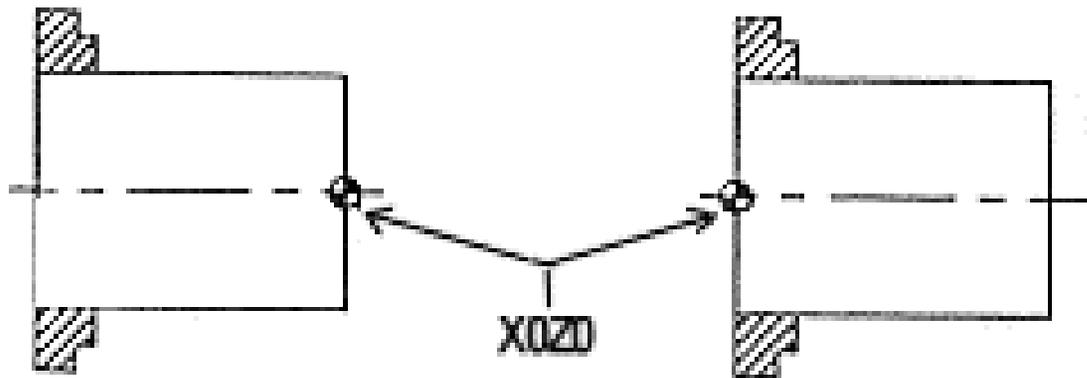
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- **Zero Peça (ZP):** é a origem do sistema de coordenadas definido pelo programador sobre o desenho. Ela é a origem do sistema absoluto. Este ponto é definido pelo programador;

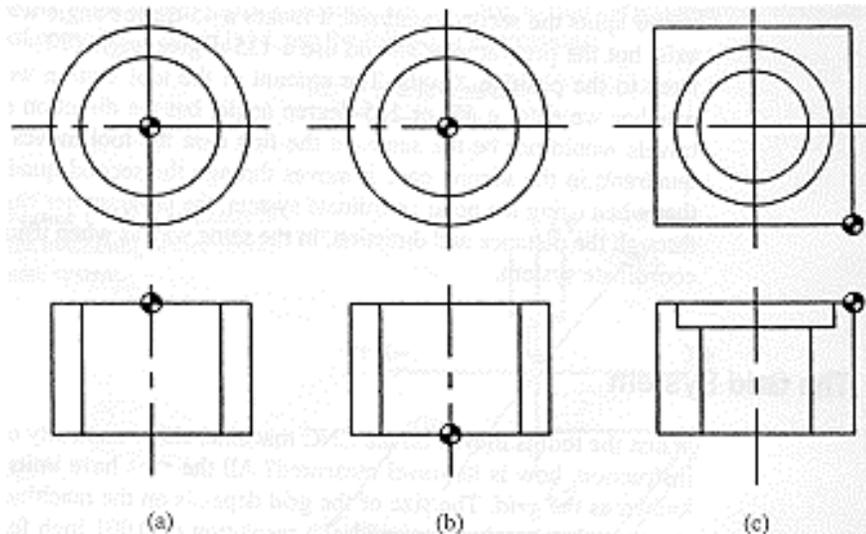


Exemplo de Zero Peça.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN



Exemplos de Zeros Peça em Centros de Torneamento.



Exemplos de Zeros Peça em Centros de Usinagem.