

# *Tecnologia de Comando Numérico*

*164399*

## Aula 8

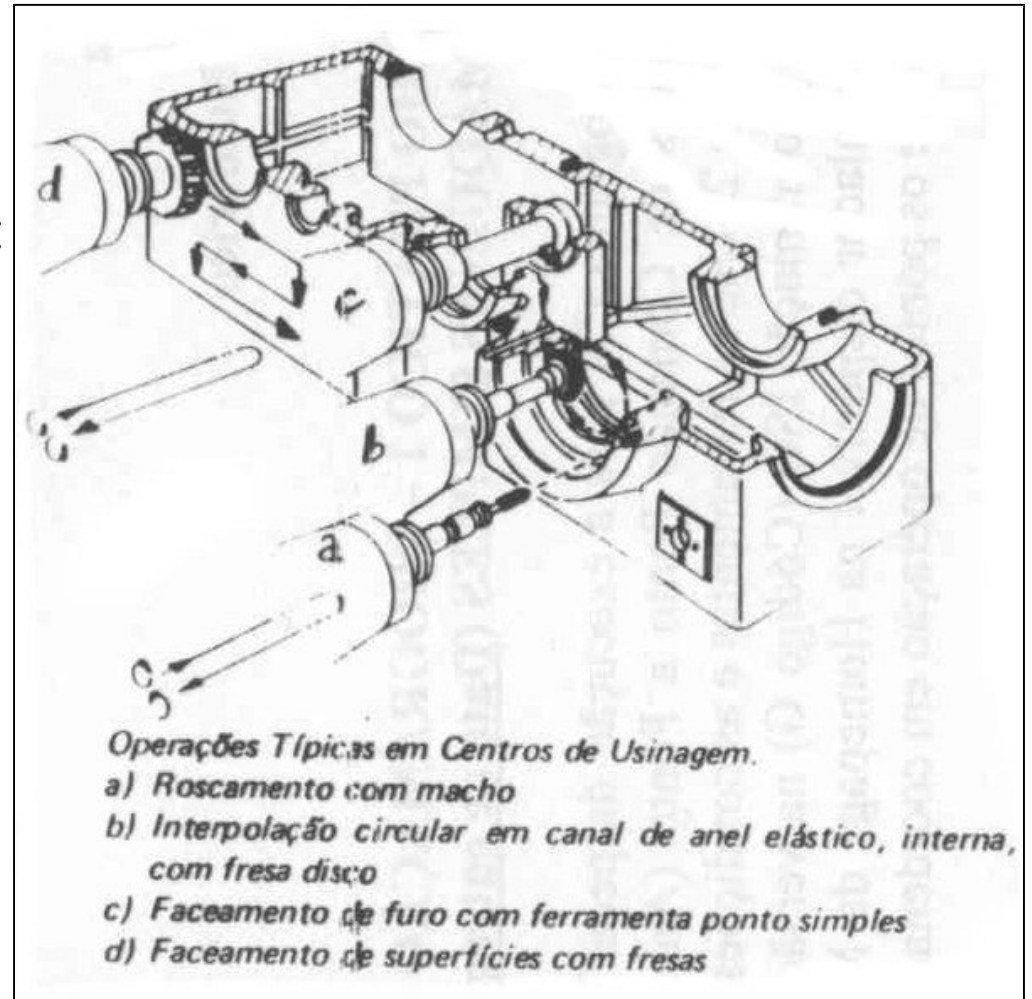
# **Programação CN orientada aos Centros de Usinagem**

**Prof. Edson Paulo da Silva**

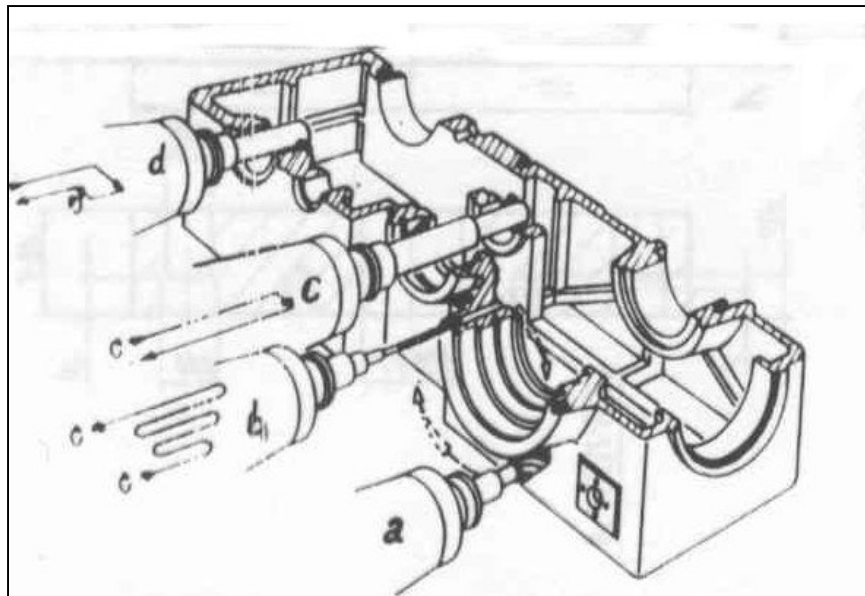
## Centros de Usinagem

São máquinas CNC capazes de realizar diversas operações de usinagem em vários planos:

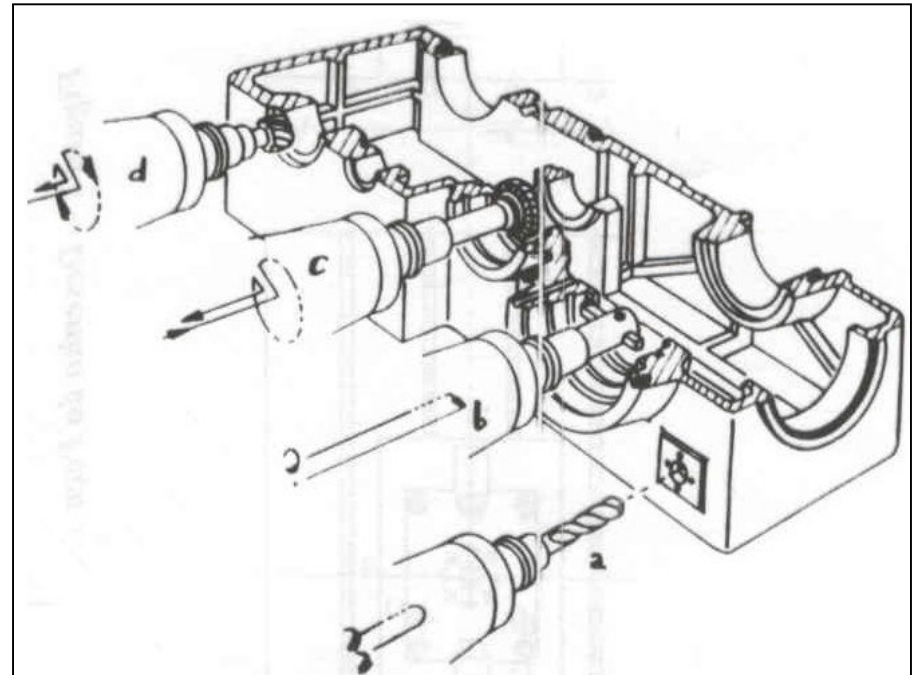
- Fresamento;
- Furação;
- Rebaixamento de furo;
- Alargamento de furo;
- Roscamento de furo;
- Abertura de canais;
- Etc.;



**Operações típicas em Centros de Usinagem.**

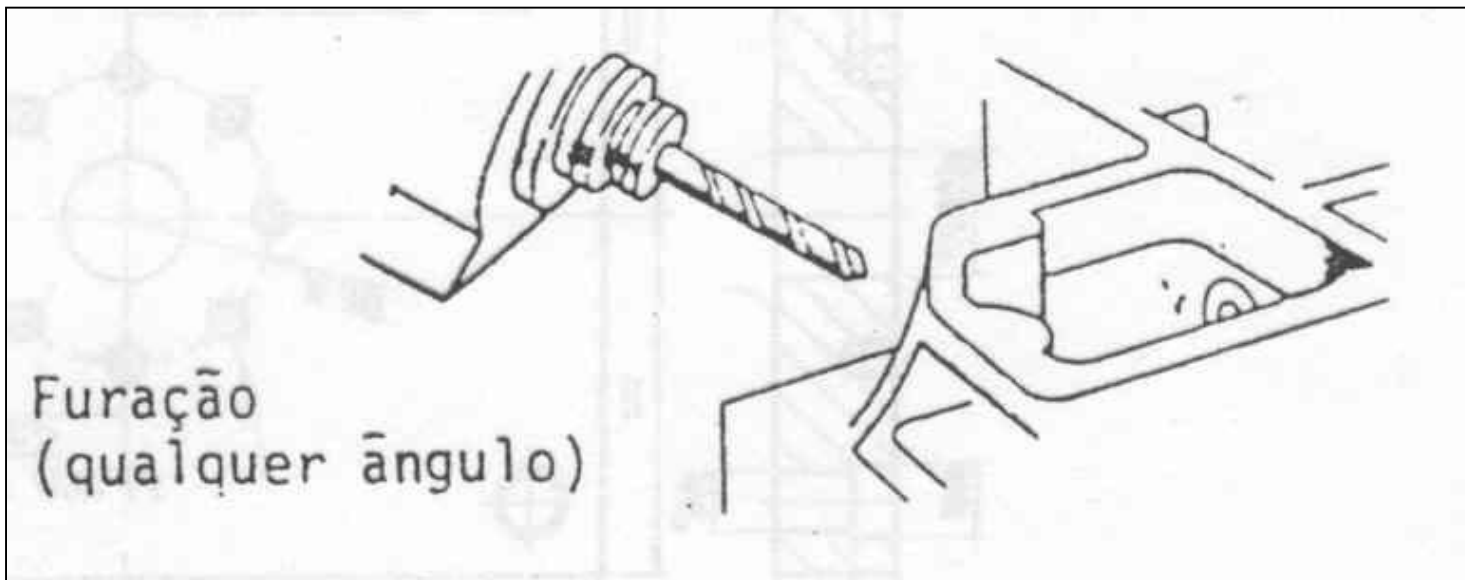
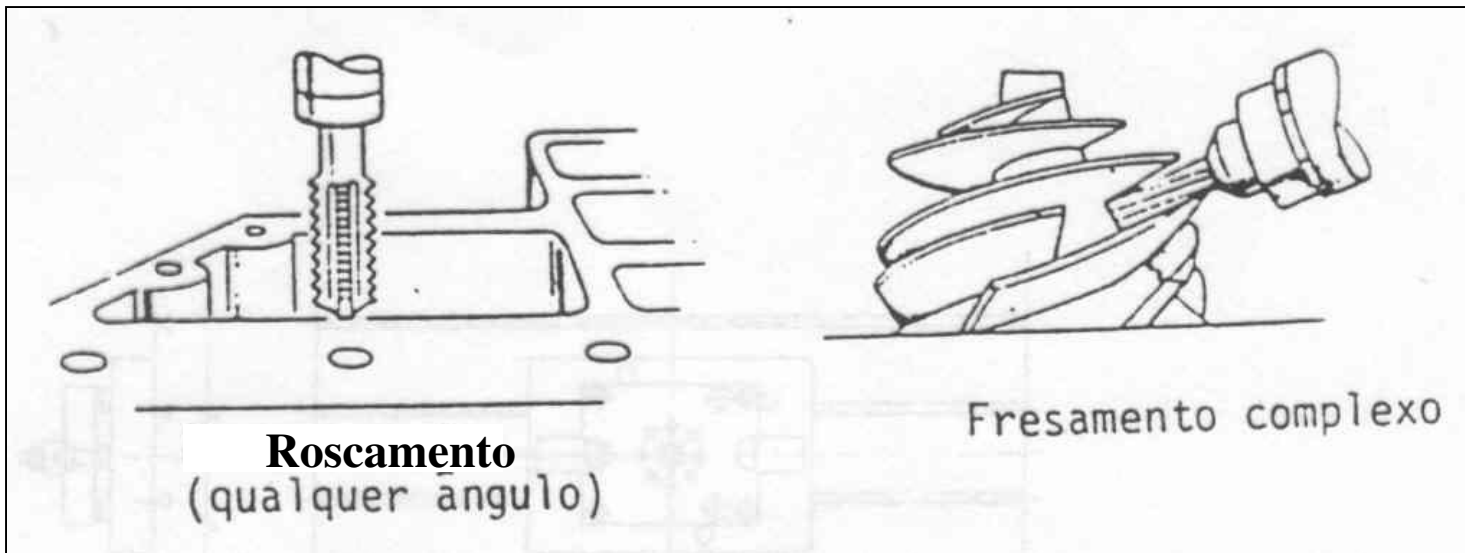


*Operações Típicas em Centros de Usinagem.*  
 a) Interpolação circular externa c/ fresa de topo cônica  
 b) Furação profunda com descarga de cavacos  
 c) Operação de furação múltipla  
 d) Faceamento com ferramenta ponto simples atrás do furo

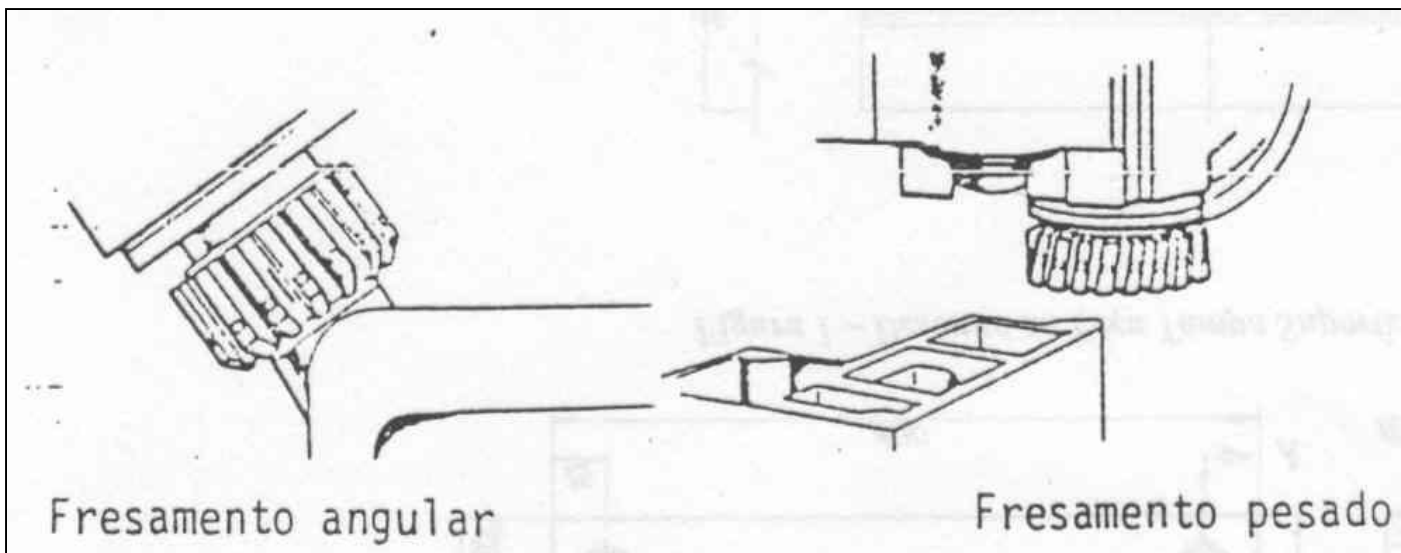
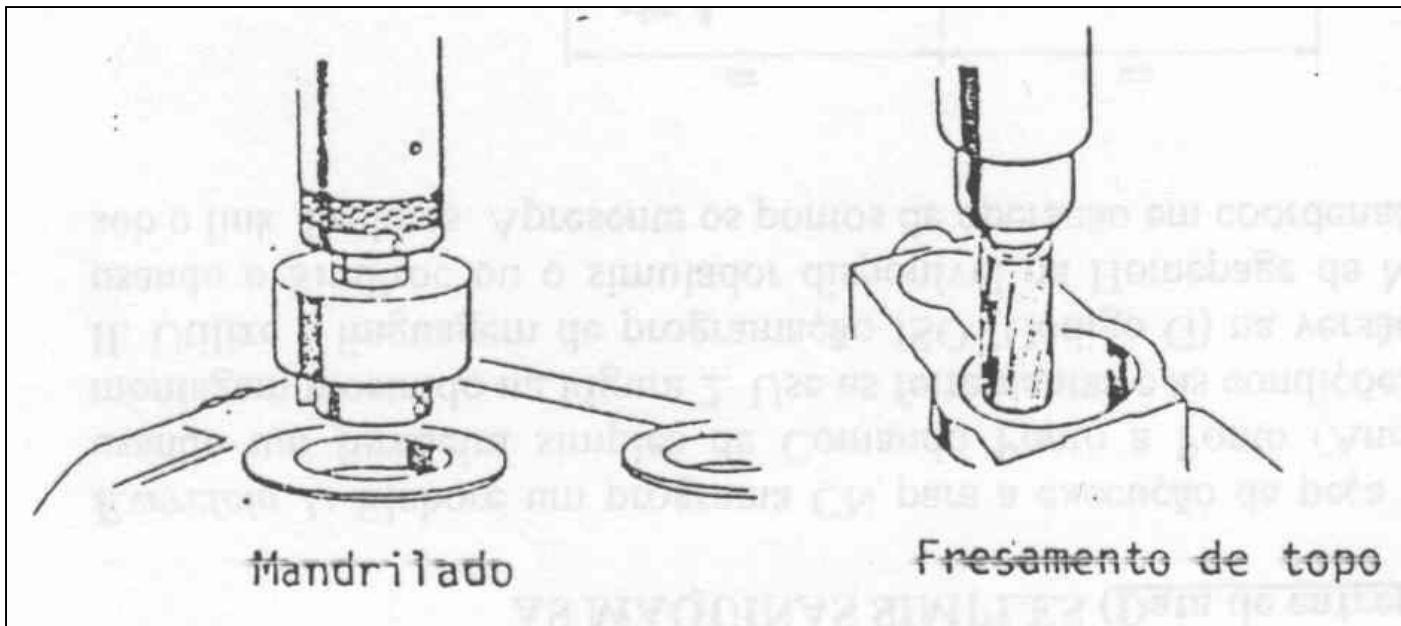


*Operações Típicas em Centros de Usinagem.*  
 a) Furação  
 b) Faceamento  
 c) Interpolação circular interna com fresa disco  
 d) Interpolação circular externa com fresa de topo

### **Operações típicas em Centros de Usinagem.**



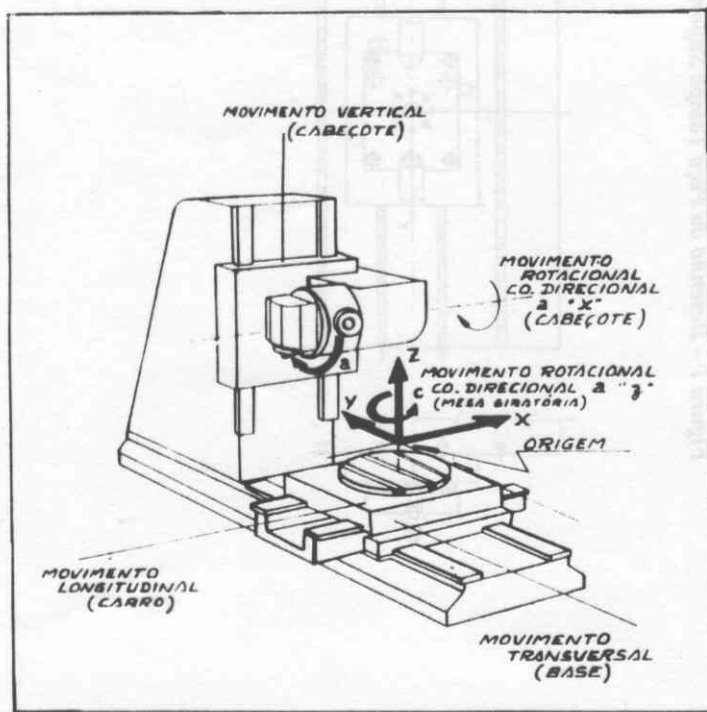
**Operações típicas em Centros de Usinagem.**



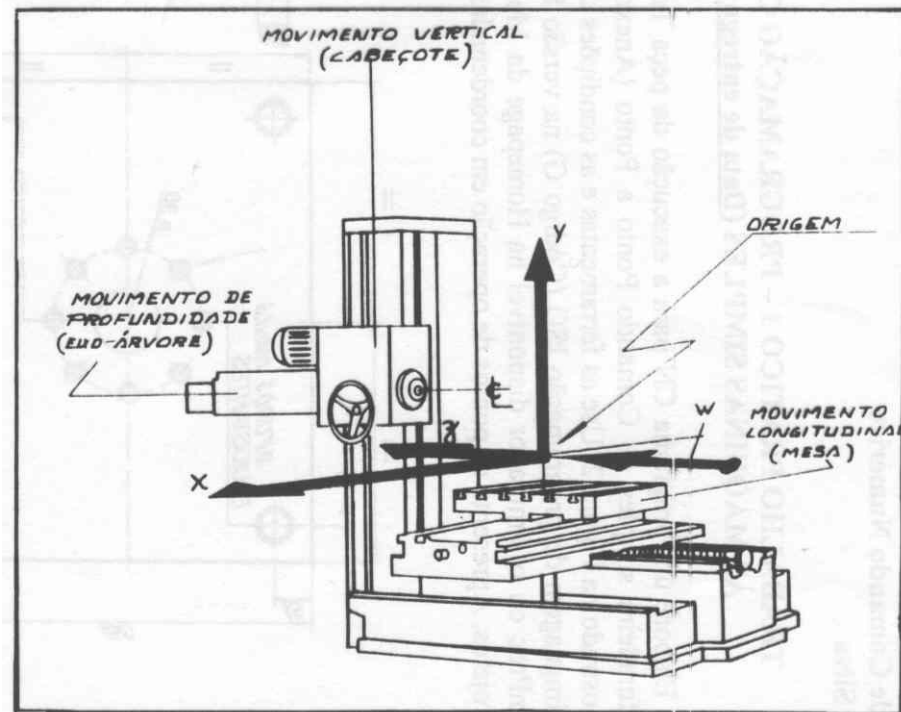
**Operações típicas em Centros de Usinagem.**

# Classificação dos Centros de Usinagem

- Quanto ao tipo de máquina:
  - Centros de Usinagem Verticais: o eixo árvore é vertical;
  - Centros de Usinagem Horizontais: o eixo árvore horizontal;



Exemplo de Centro de Usinagem Vertical.



Exemplo de Centro de Usinagem Horizontal.

Fonte: Aryoldo Machado, 1990

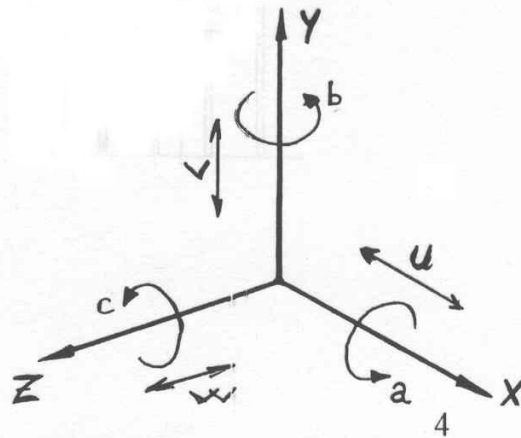
– Quanto ao número de eixos programáveis

**Eixo:** direção ao longo da qual ocorre o movimento da peça ou da ferramenta:

Eixos principais: x, y, z;

Eixos rotacionais: a, b, c;

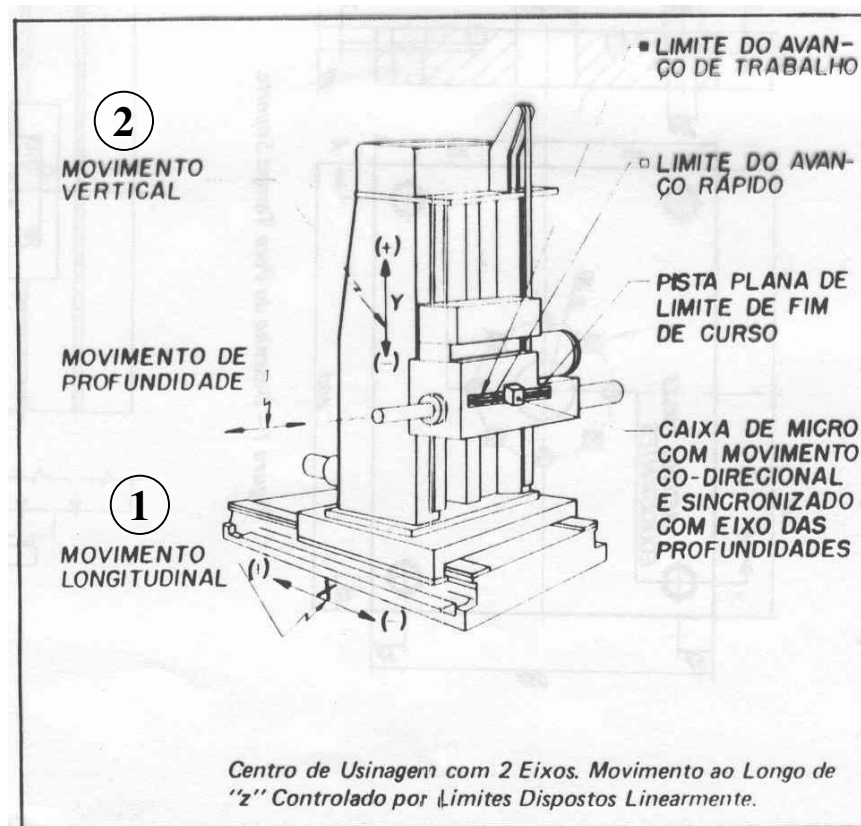
Eixos paralelos ( co-direcionais): u, v, w;



**Eixo programável:** direção na qual o movimento da ferramenta pode ser controlado. Existem CU com 2, 3, 4 ou mais eixos programáveis;

➤ *Casos mais comuns*

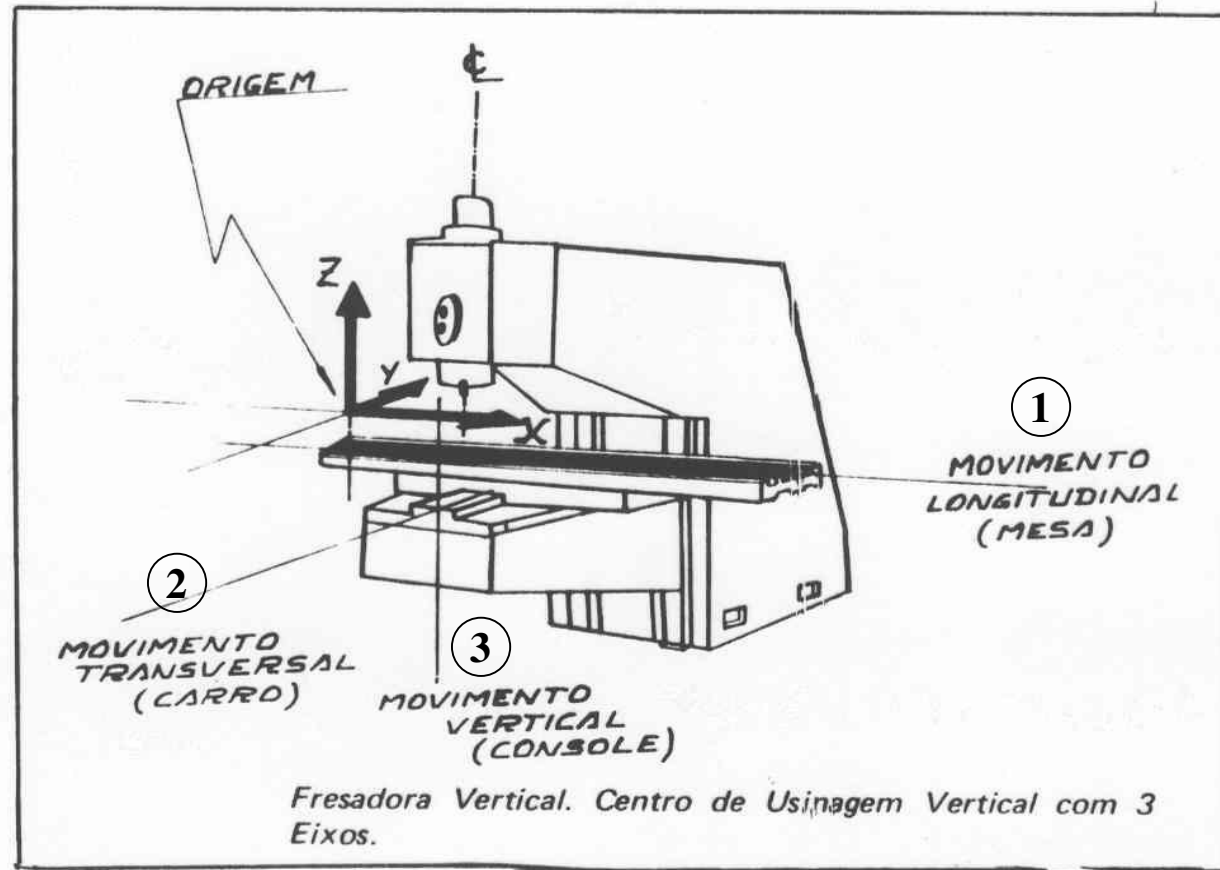
- CU com 2 eixos e programação contínua no plano de trabalho  $xy$ . Os movimentos do eixo  $z$  (da profundidade) é também feito de forma automática, mas sem o controle interligado;



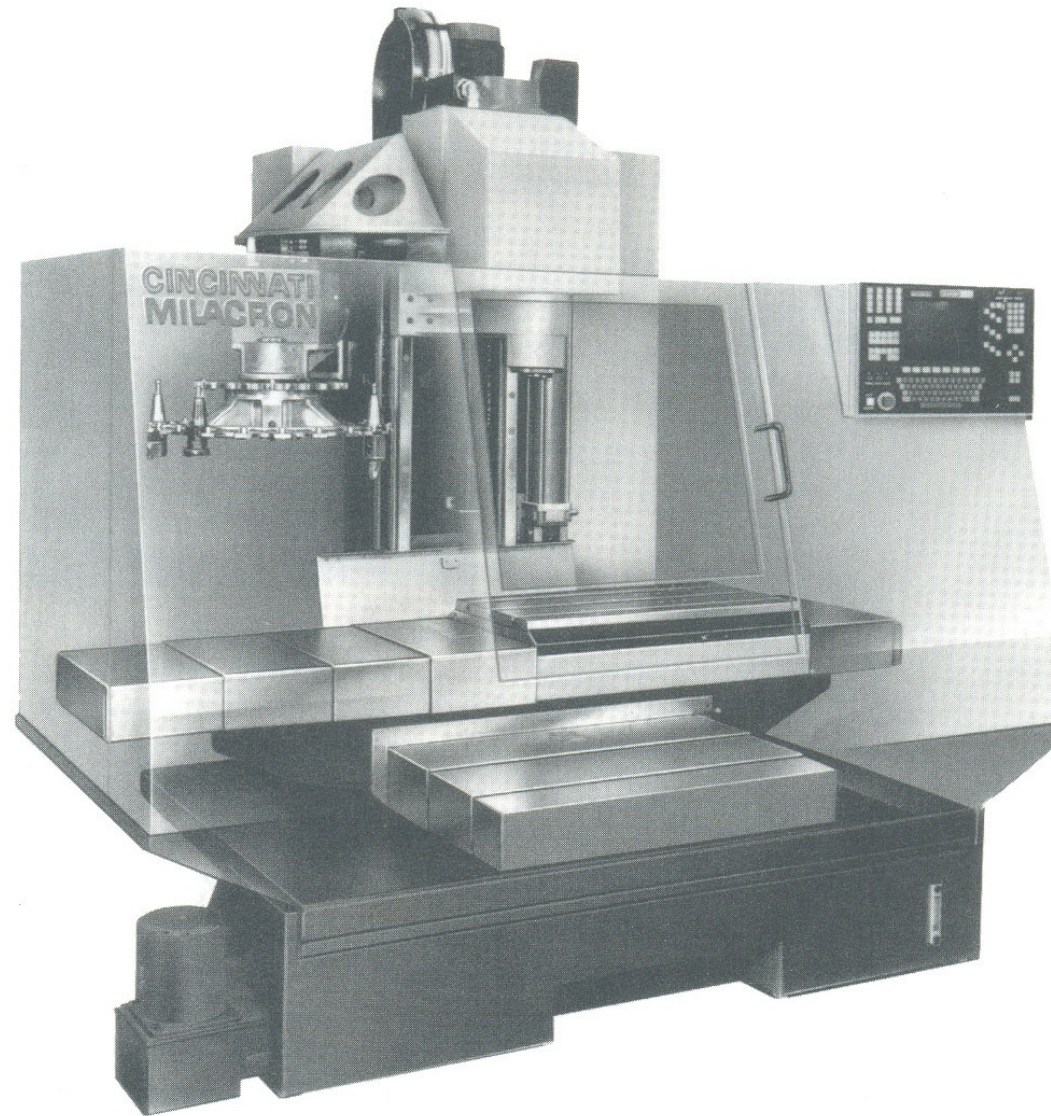
**Centro de Usinagem Horizontal com dois eixos.**



- CU com 3 eixos: É o tipo mais comum que atende grande parte do trabalho de fabricação de peças tipo carcaça. Possui os três eixos básicos  $x$ ,  $y$  e  $z$  programáveis;

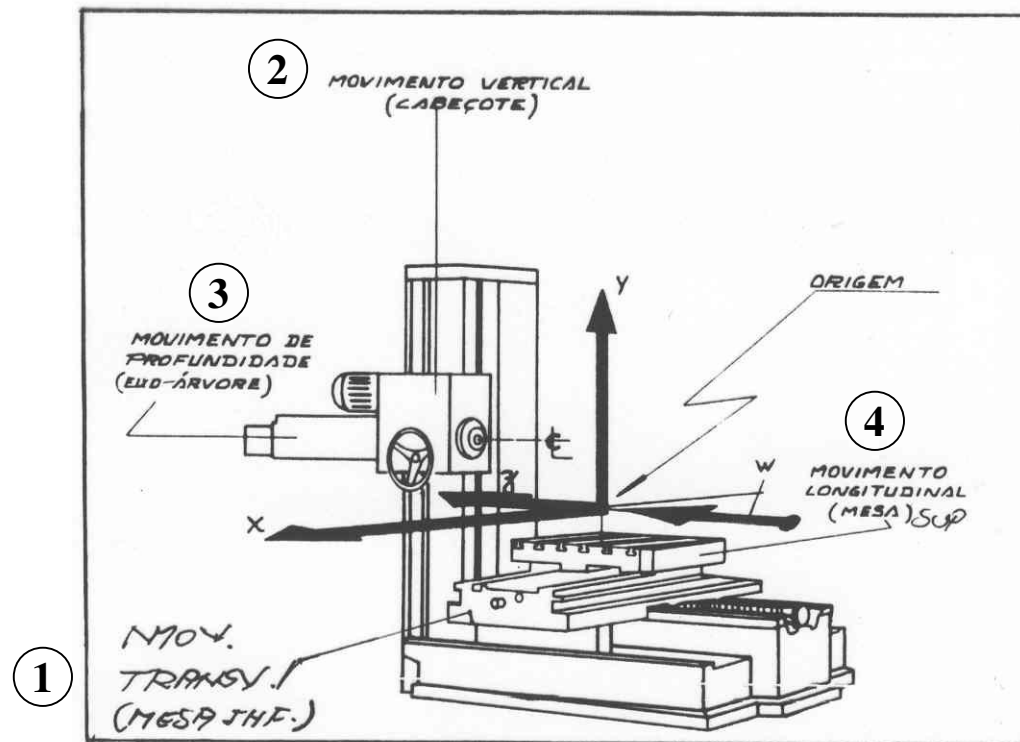


**Centro de Usinagem Vertical com três eixos.**



**Exemplo de CU vertical com 3 eixos programáveis e trocador de ferramenta automático tipo *carousel* (Cincinnati Milacron).**

- CU com 4 eixos: Além dos três eixos básicos  $x$ ,  $y$  e  $z$  programáveis, possuem ainda um outro eixo co-direcional ou rotacional programável:
  - $x$ ,  $y$ ,  $z$  e  $b$  (Máquinas horizontais);
  - $x$ ,  $y$ ,  $z$  e  $w$  (Máquinas horizontais);
  - $x$ ,  $y$ ,  $z$  e  $a$  (Máquinas verticais);

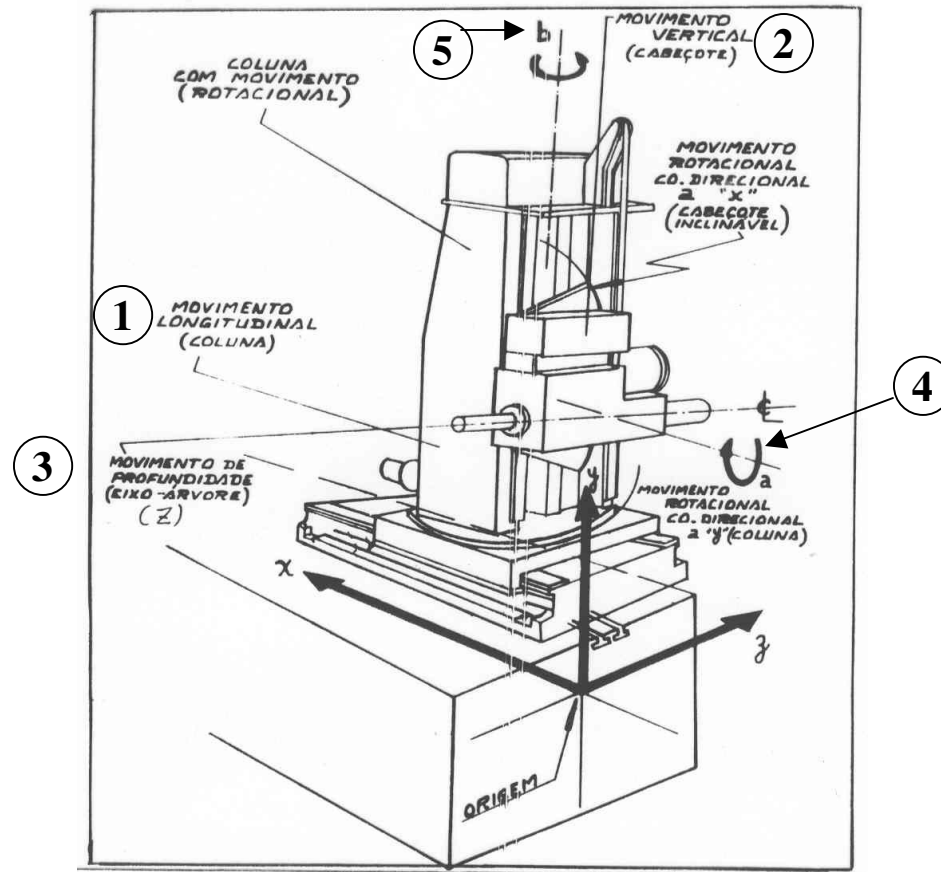


**Centro de Usinagem Horizontal com quatro eixos.**

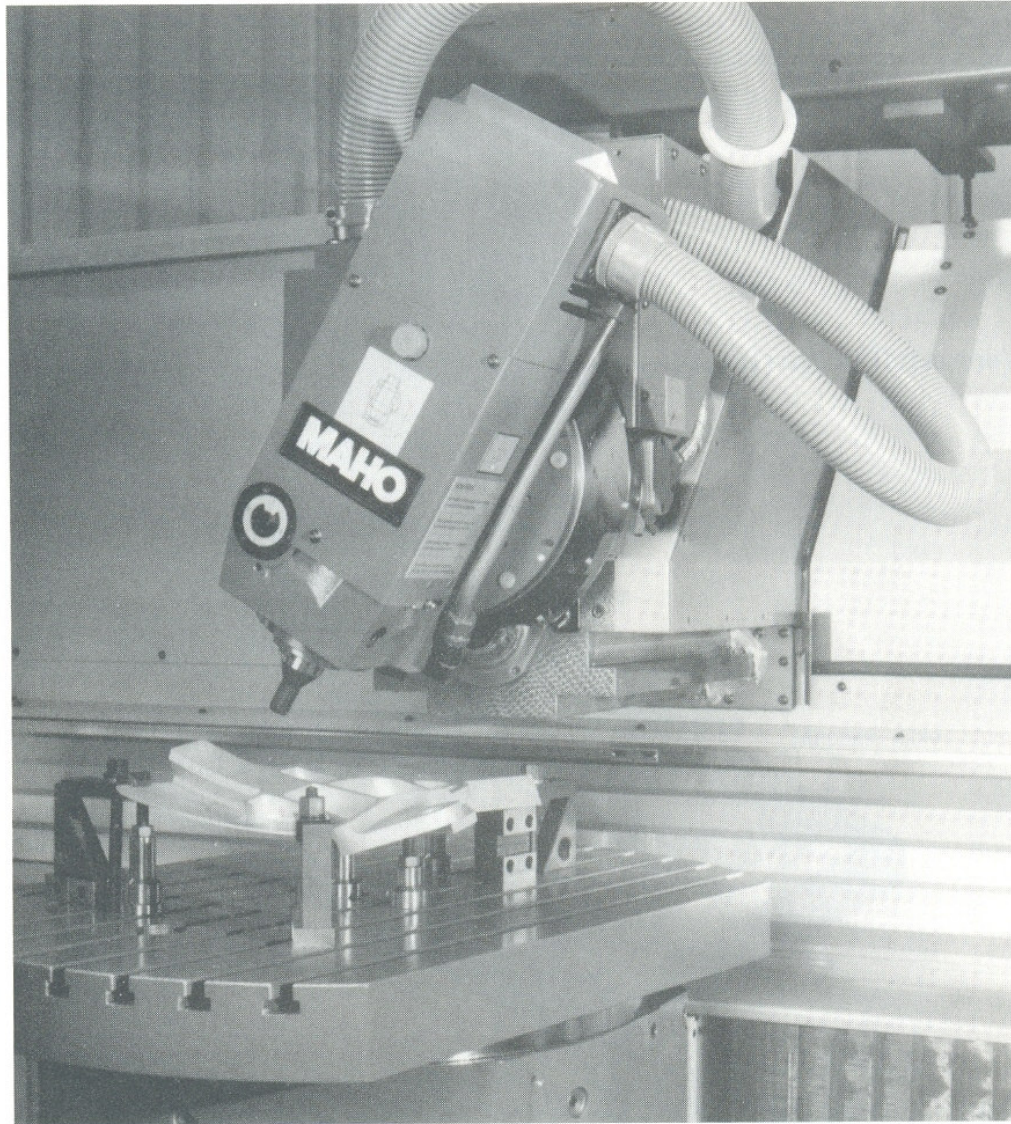
- CU com mais de 4 eixos: Além dos três eixos básicos possuem ainda outros eixos rotacionais e/ou co-direcionais programáveis:

$x, y, z, w$  e  $b$ ;

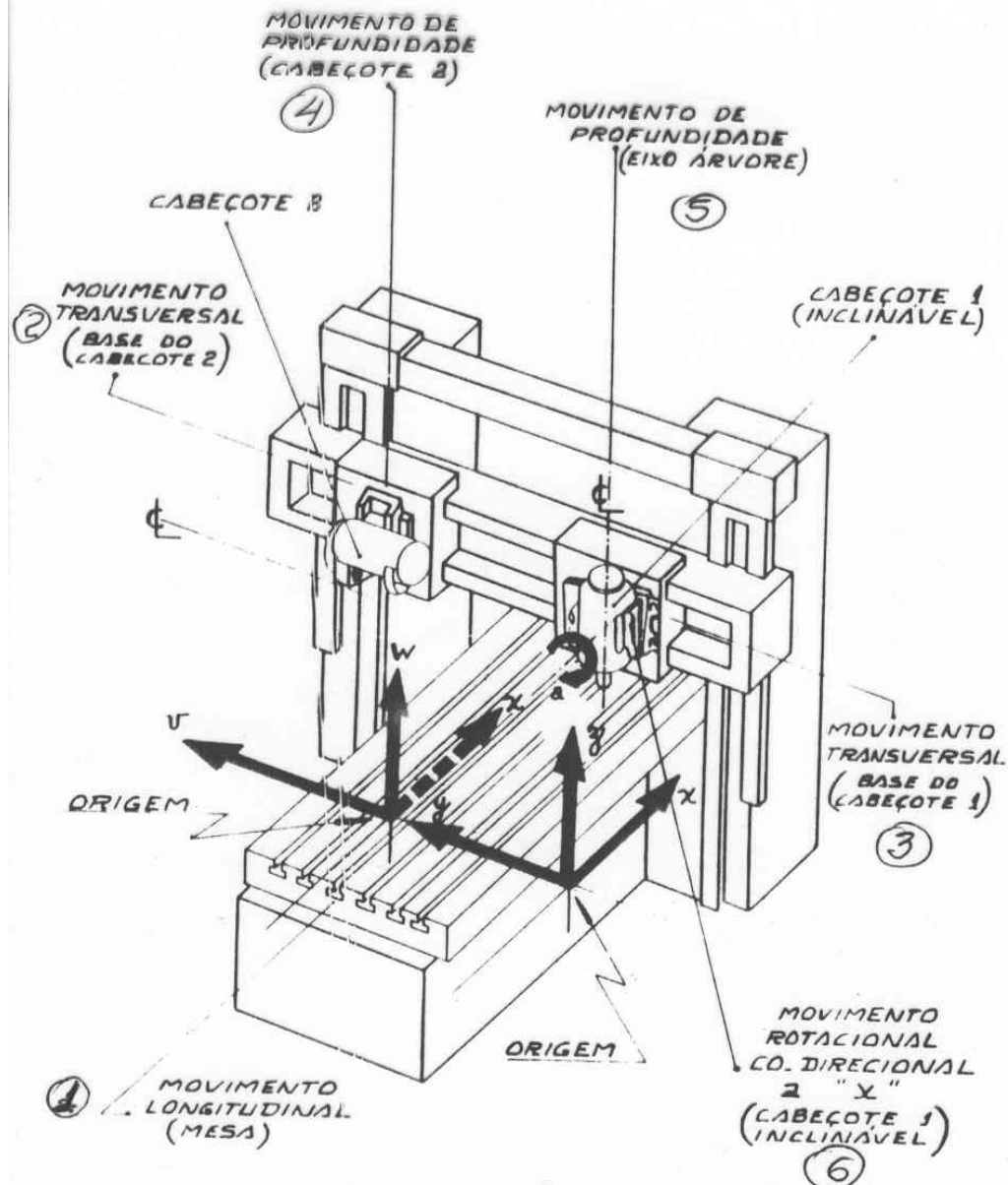
$x, y, z, a$  e  $w$ ;



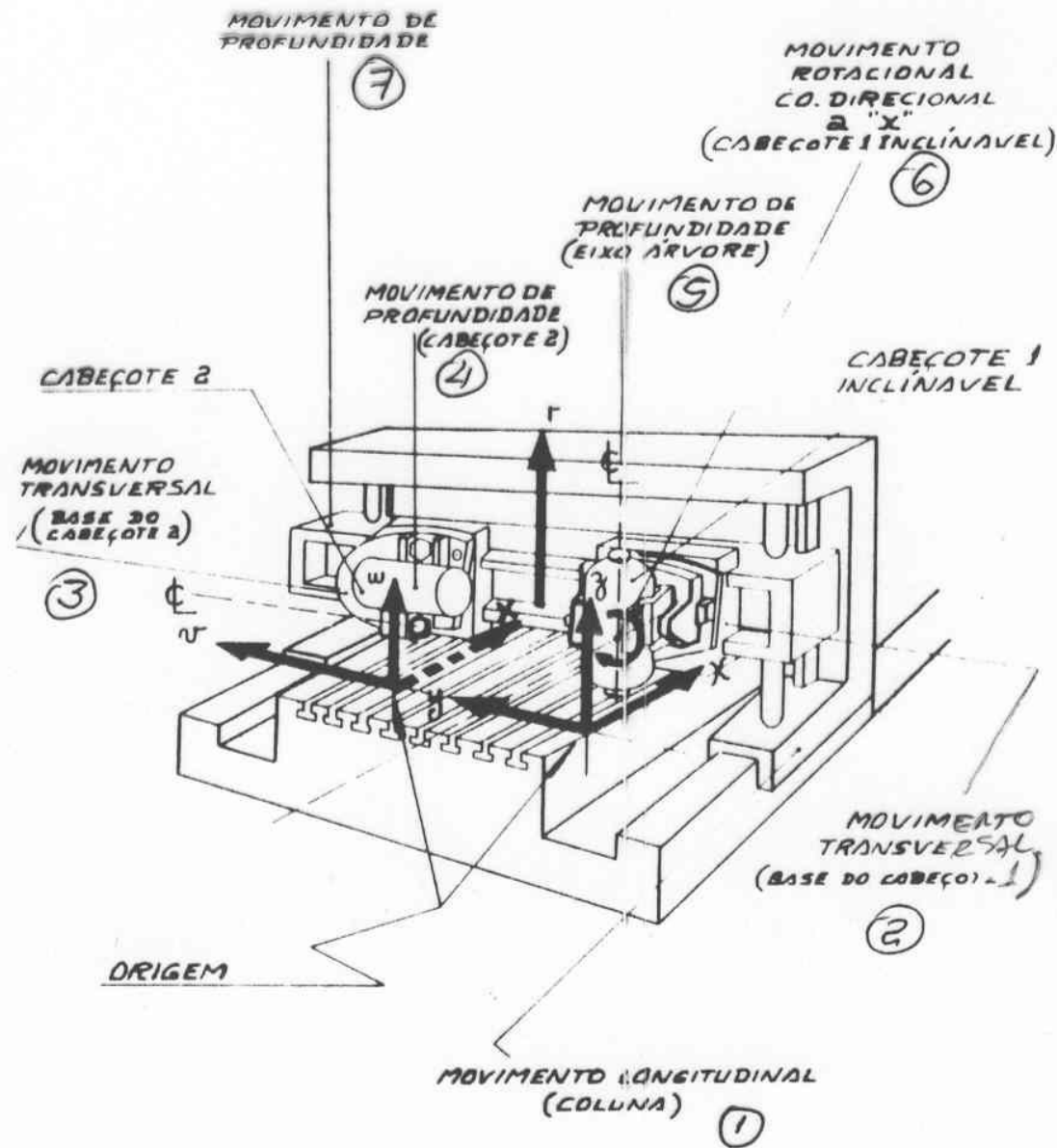
**Centro de Usinagem Horizontal com cinco eixos.**



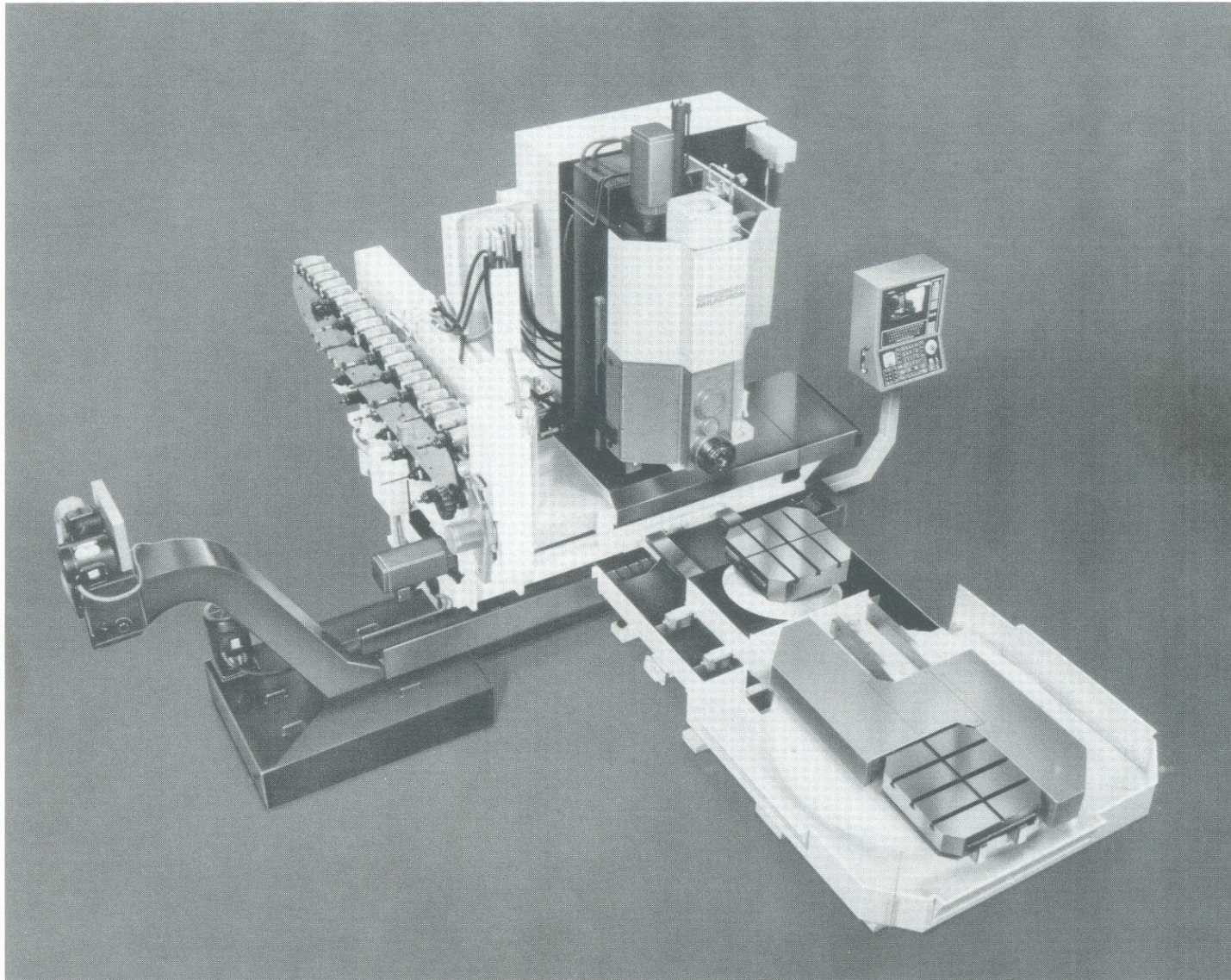
**Exemplo de CU vertical com 4 eixos programáveis (Maho).**



**Centro de Usinagem tipo pórtico com seis eixos programáveis.**



**Centro de Usinagem tipo pórtico com sete eixos programáveis.**

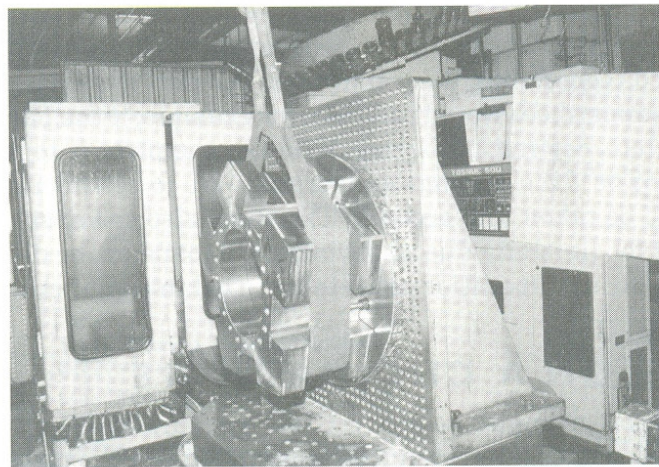
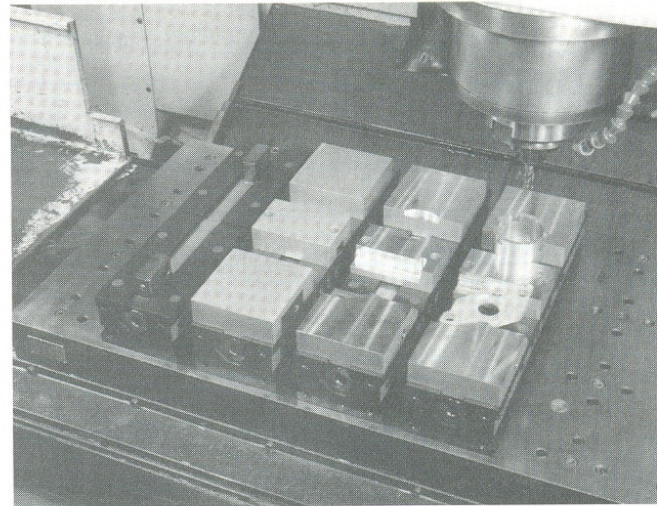
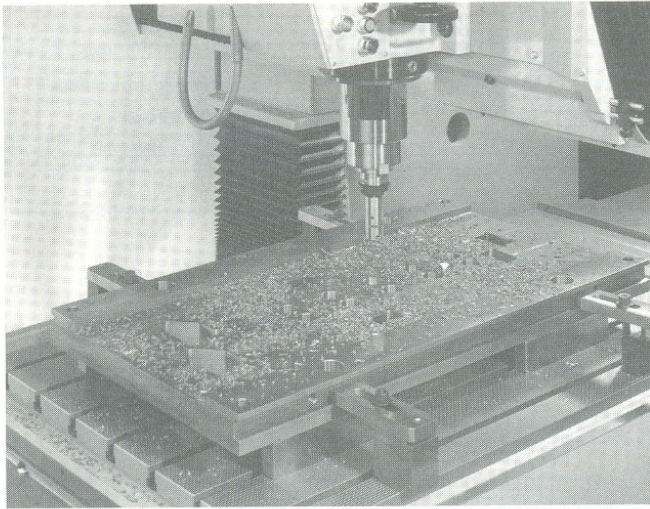


**Exemplo de CU horizontal com trocador de ferramenta automático (tipo *magazine*) da Cincinnati Milacron.**



## Métodos de fixação de peças em CU durante usinagem

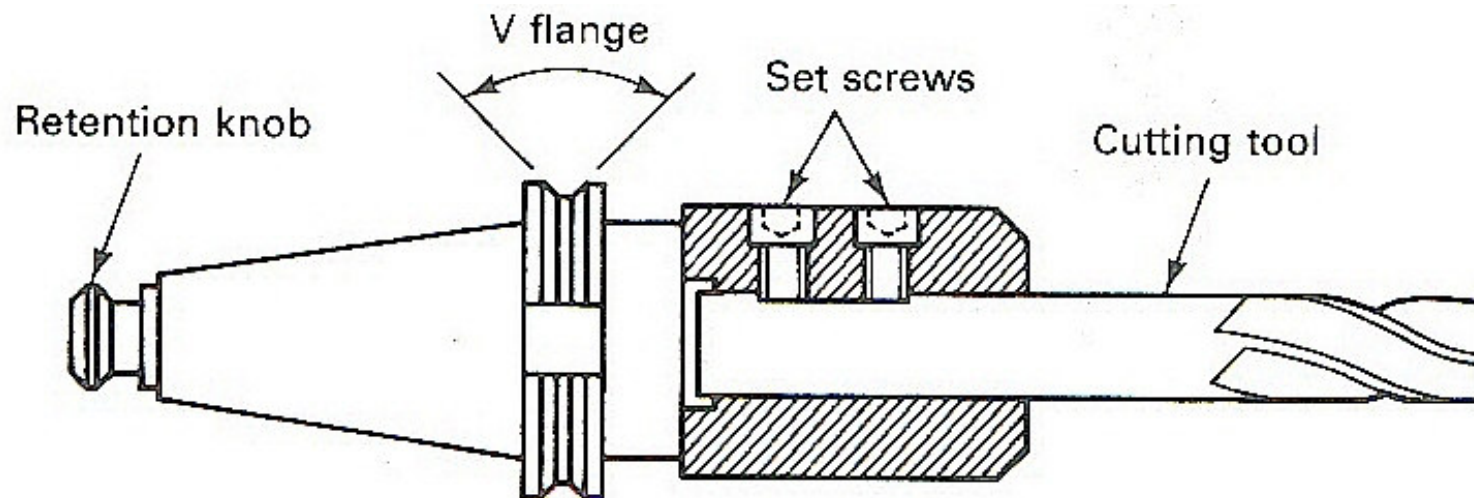
- É função do programador decidir como a peça deve ser fixada durante a usinagem. O operador que fará o *setup* da máquina se orienta pelo *esquema de fixação* fornecido pelo programador juntamente com o programa;
- O esquema de fixação contém todos os seus suportes, grampos, batentes etc. e seus respectivos posicionamentos;
- Durante a elaboração do programa o programador deverá então levar em conta o esquema de fixação para evitar colisões durante a movimentação das ferramentas;



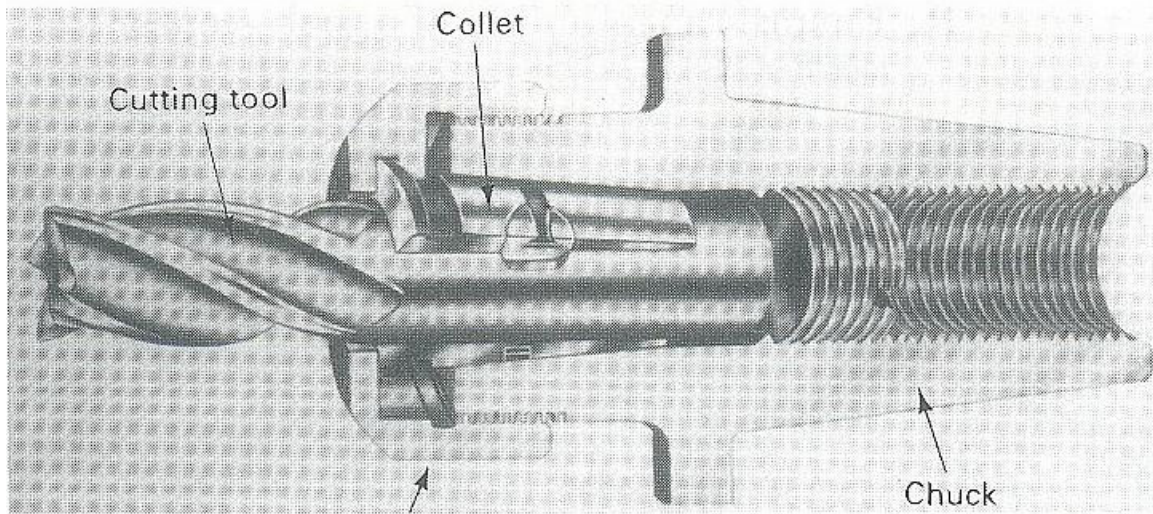
## **Métodos típicos de fixação de peças em máquinas CNC.**

## Métodos de fixação de ferramentas em CU durante usinagem

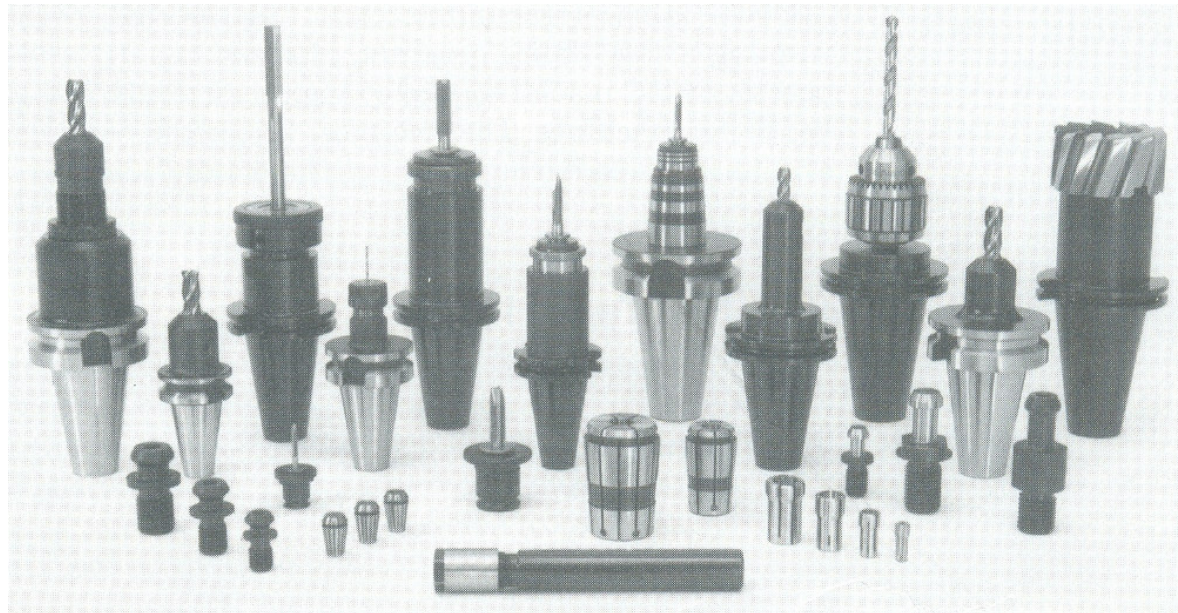
- Os fixadores de ferramenta (*tool holders*) são projetados para fixar e centrar a ferramenta durante a operação. Existem dois tipos básicos de fixadores de ferramenta:



**Fixador de ferramenta (Tipo end mill).**

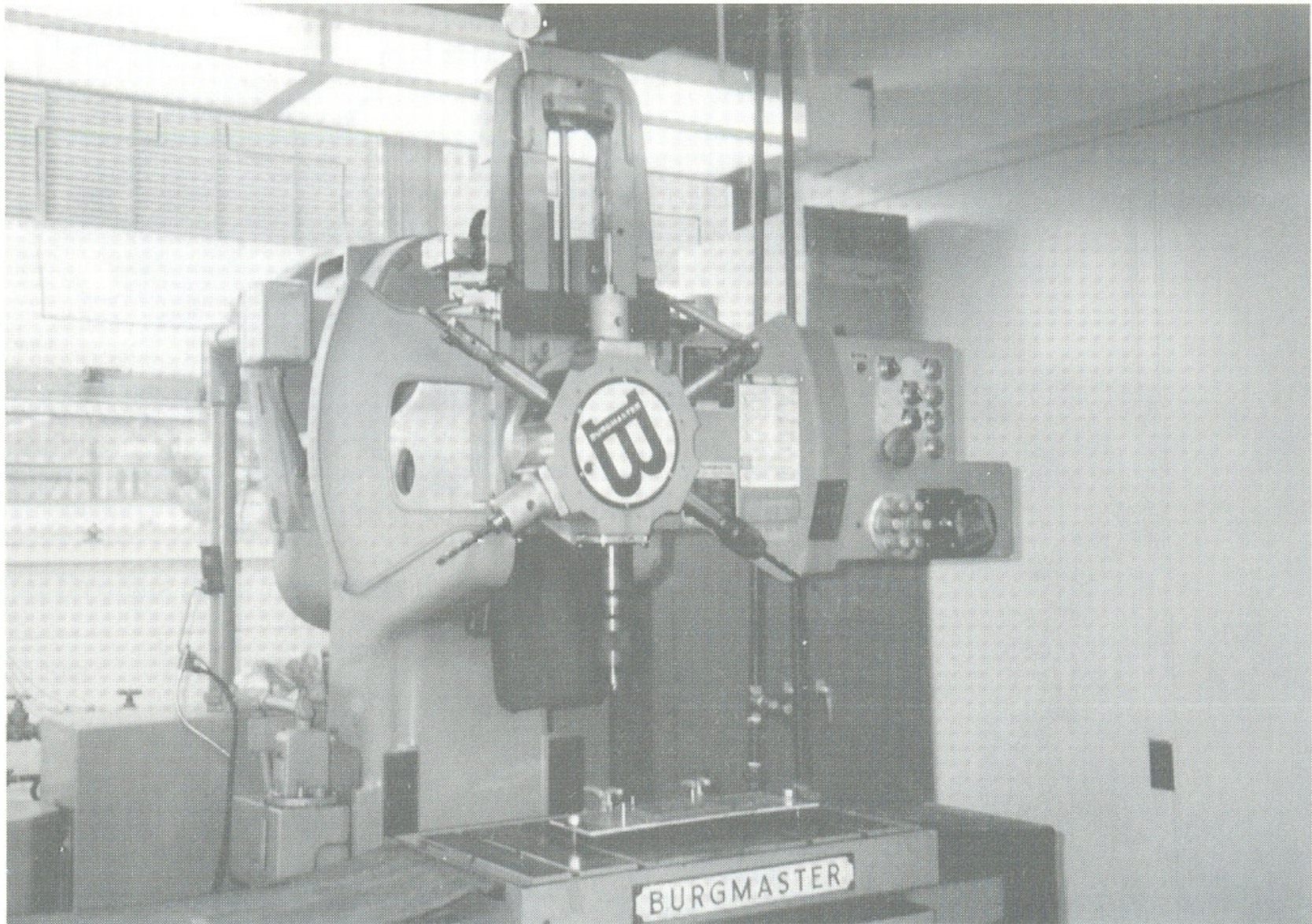


**Fixador de ferramenta (Tipo *collet-and-chuck*).**



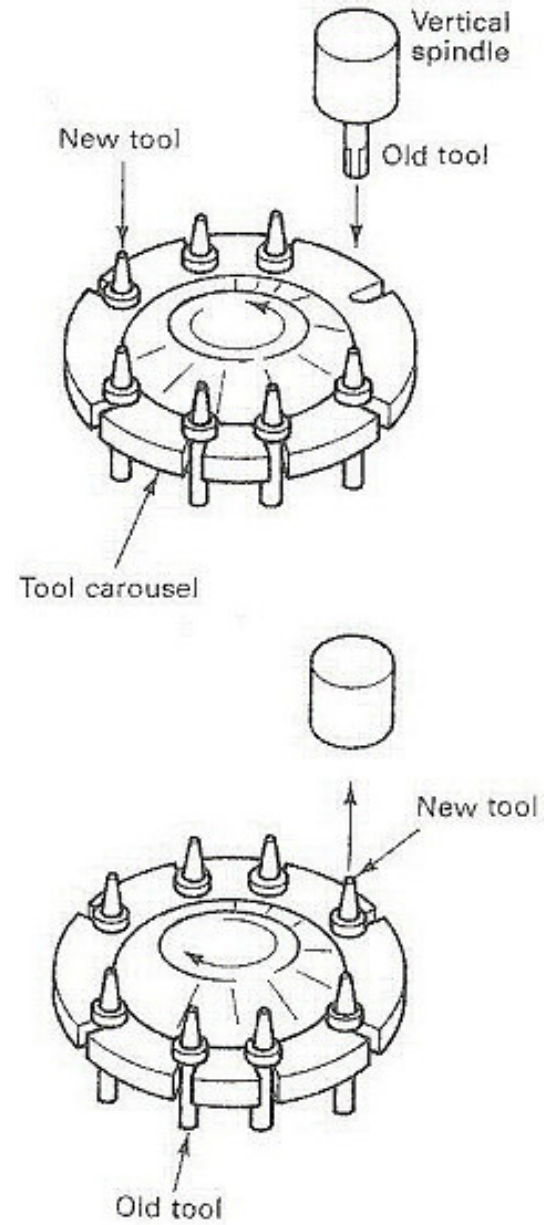
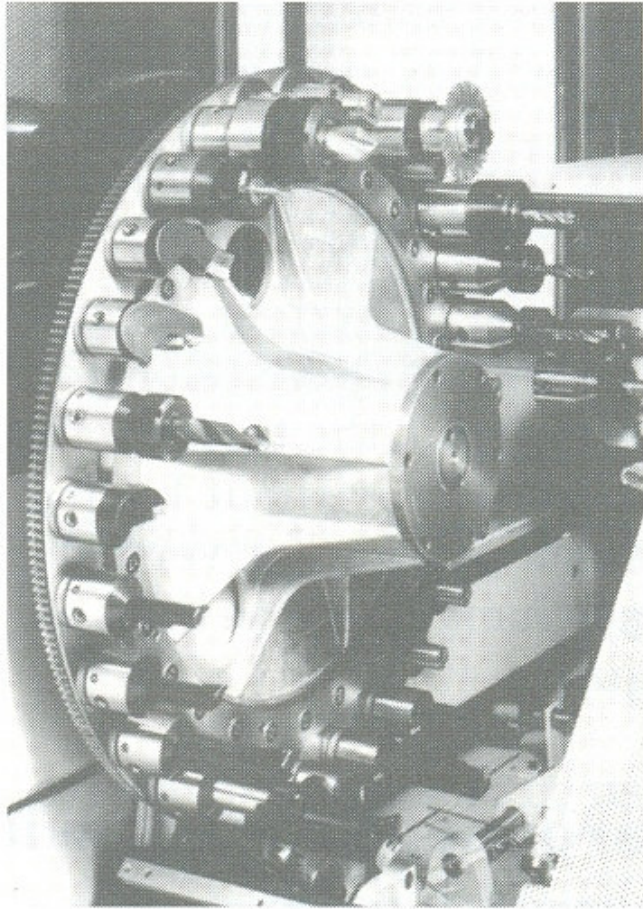
## Sistemas de troca de ferramenta em CU

- O sistema de troca de ferramenta é responsável pelo armazenamento e troca de ferramentas durante a usinagem:
- Existem três tipos básicos de sistemas de armazenamento de ferramentas: *turret*, *carousel* e *magazine*;
  - Trocador de ferramenta tipo *turret*
    - As ferramentas são armazenadas em eixos individuais num sistema que permite o seu uso imediatamente após o posicionamento, proporcionando uma troca de ferramenta muito rápida;
    - São encontrados em máquinas mais antigas e tem como principal desvantagem o número limitado de ferramentas que podem ser utilizadas;

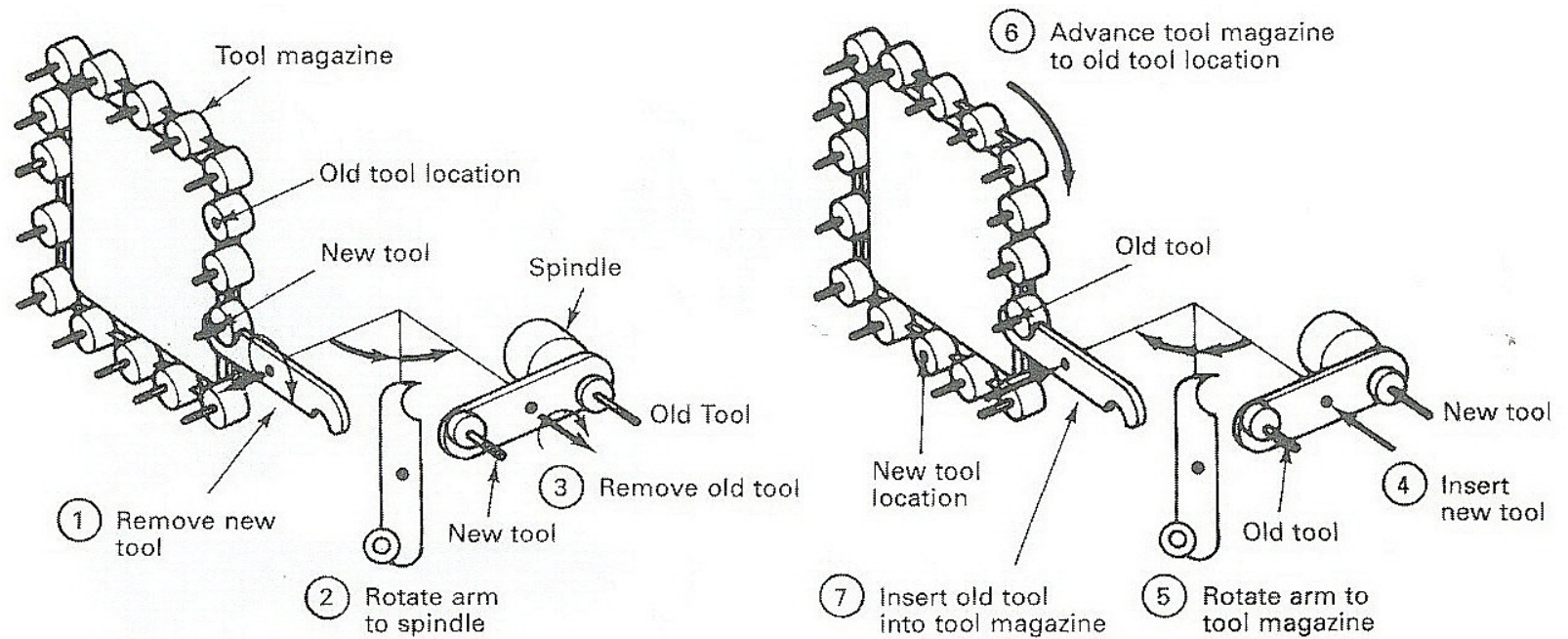
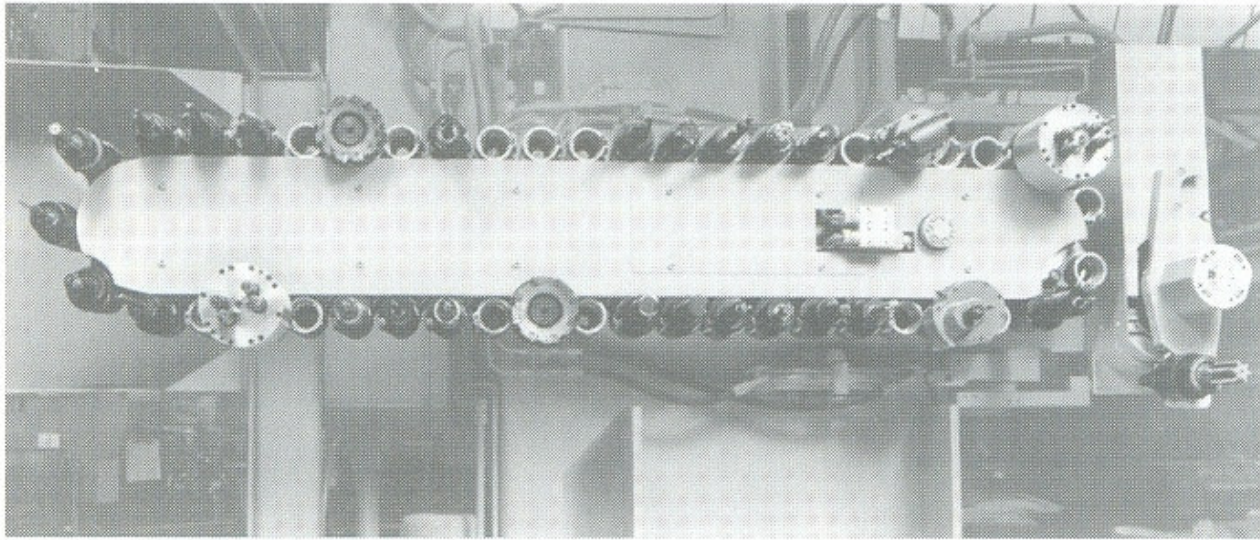


**Fresadora CN com trocador de ferramenta automático tipo *turret*.**

- Trocador de ferramenta tipo *carousel*
  - As ferramentas são armazenadas em posições codificadas no carousel. Em cada troca de ferramenta esta é transferida para o eixo árvore. Este tipo de trocador é mais comum em CU verticais;
- Trocador de ferramenta tipo *magazine*
  - As ferramentas são armazenadas em posições codificadas no magazine. Em cada troca de ferramenta esta é transferida para o eixo árvore. Este tipo de trocador é o mais comum em CU horizontais. Maior capacidade de armazenamento de ferramentas;







## **Preliminares sobre a programação de CU**

- Em Centros de Usinagem programa-se essencialmente a movimentação da ferramenta, e não da mesa;
- Explorando-se a capacidade do CU de executarem inúmeras operações faz-se normalmente uso de um grande número de ferramentas;
- Devido a estes dois aspectos tem-se algumas orientações sobre:
  - Os campos de trabalho em x, y e z;
  - O comprimento de ferramentas;
  - A movimentação de ferramentas no eixo da profundidade (z);

## i) Determinação dos campos de trabalho em x, y e z;

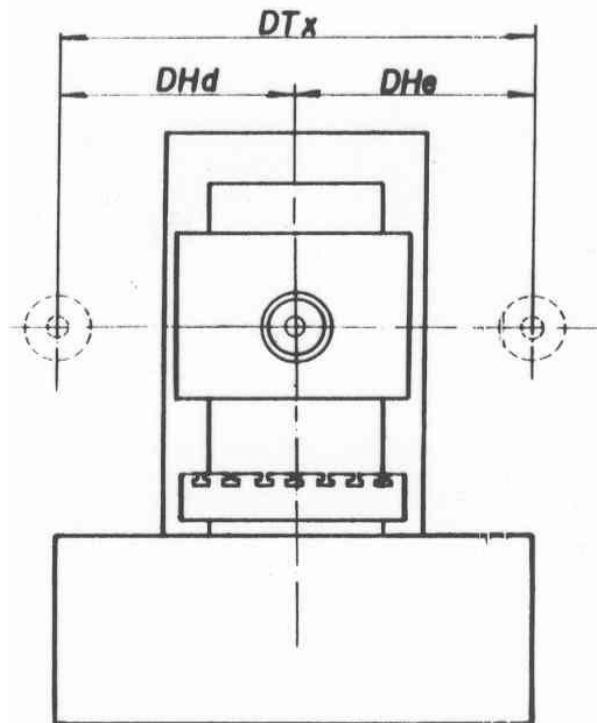
### Distância de trabalho em x - DTx

**DHe** - Distância entre a LC do EA e a LC da mesa à esquerda;

**DHd** - Distância entre a LC do eixo árvore e a LC da mesa à direita;

A distância de trabalho em x será:  **$DTx = DHe + DHd$**

LC - Linha de Centro da máquina  
EA -Eixo Árvore

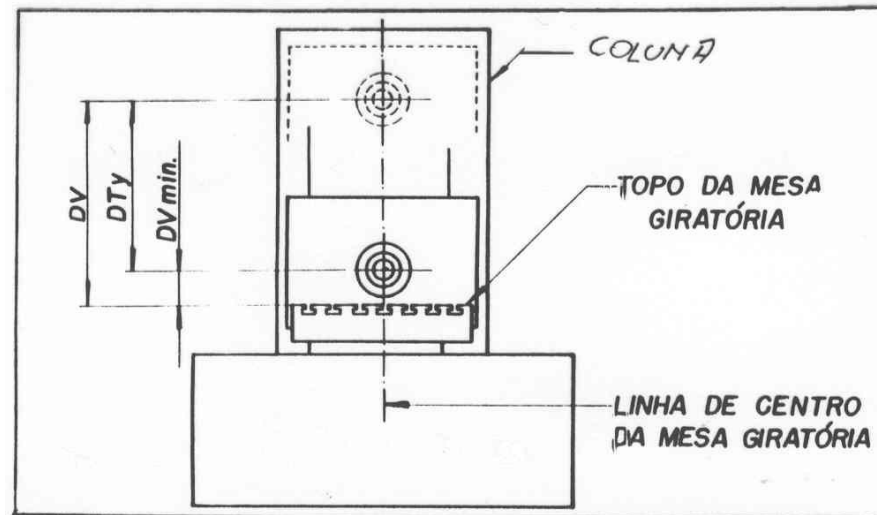


## Distância de trabalho em y - DTy

**DV** - Distância entre a LC do eixo árvore e o topo da mesa mesa (limite superior do curso vertical da mesa);

**DVmin** - Distância entre a LC do eixo árvore e o topo da mesa na sua posição mais inferior (limite inferior do curso vertical da mesa);

A distância de trabalho em y será:  **$DTy = DV - DVmin$** ;



**Exemplo:**  $DHd = DHe = 500mm$ ,  $DV = 800mm$ ,  $DVmin = 0mm$

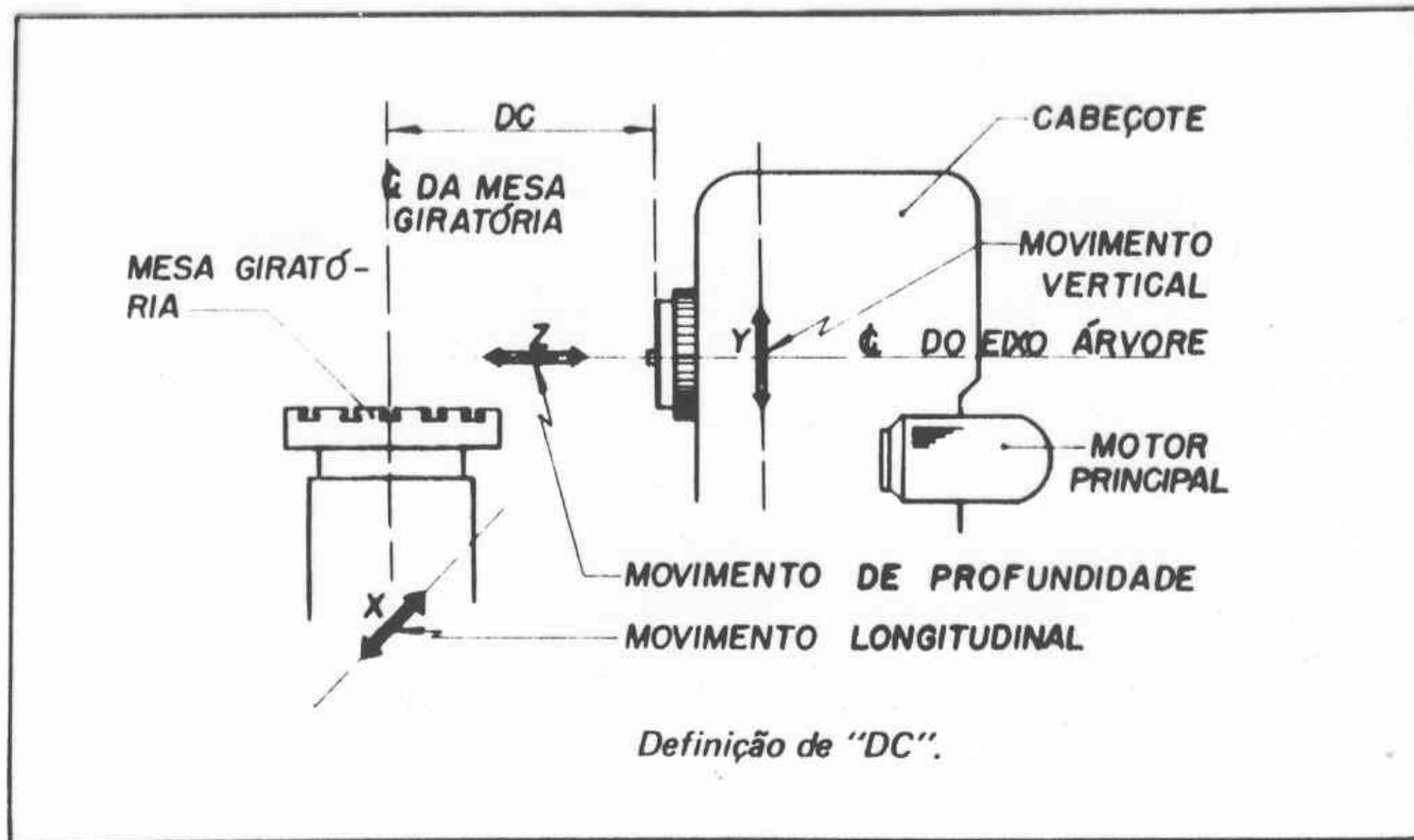
Assim:  $DTx = 500 + 500 = 1000mm$  (Distância de trabalho em x);

$DTy = 800 - 0 = 800mm$  (Distância de trabalho em y);

## Distância de trabalho em y - DTz

Distância da face de referência do EA à LC da mesa giratória - DC

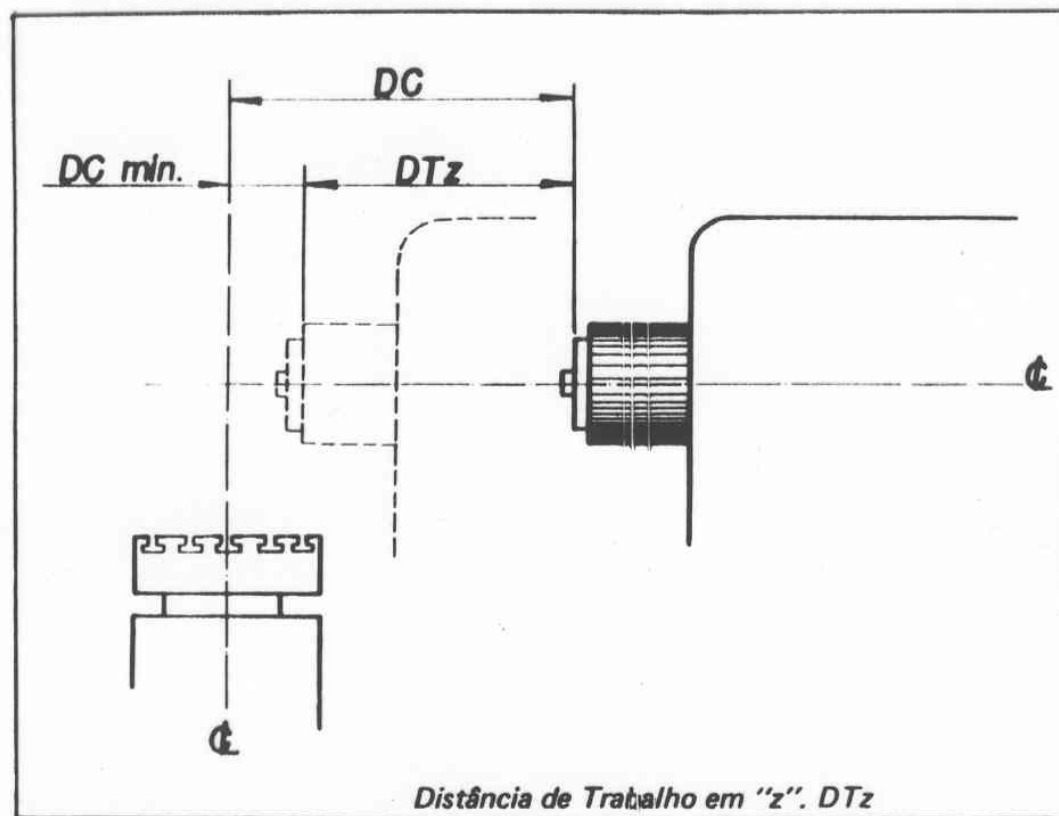
- DC é uma variável medida ao longo do eixo z quando o EA está totalmente retraído, e a mesa na posição mais próxima do cabeçote;



Assim tem-se:

**$DC_{min}$**  - distância da face de referência do EA até o centro da mesa, quando a face de referência do EA está o mais próximo possível da LC da mesa:

$$DT_z = DC - DC_{min};$$

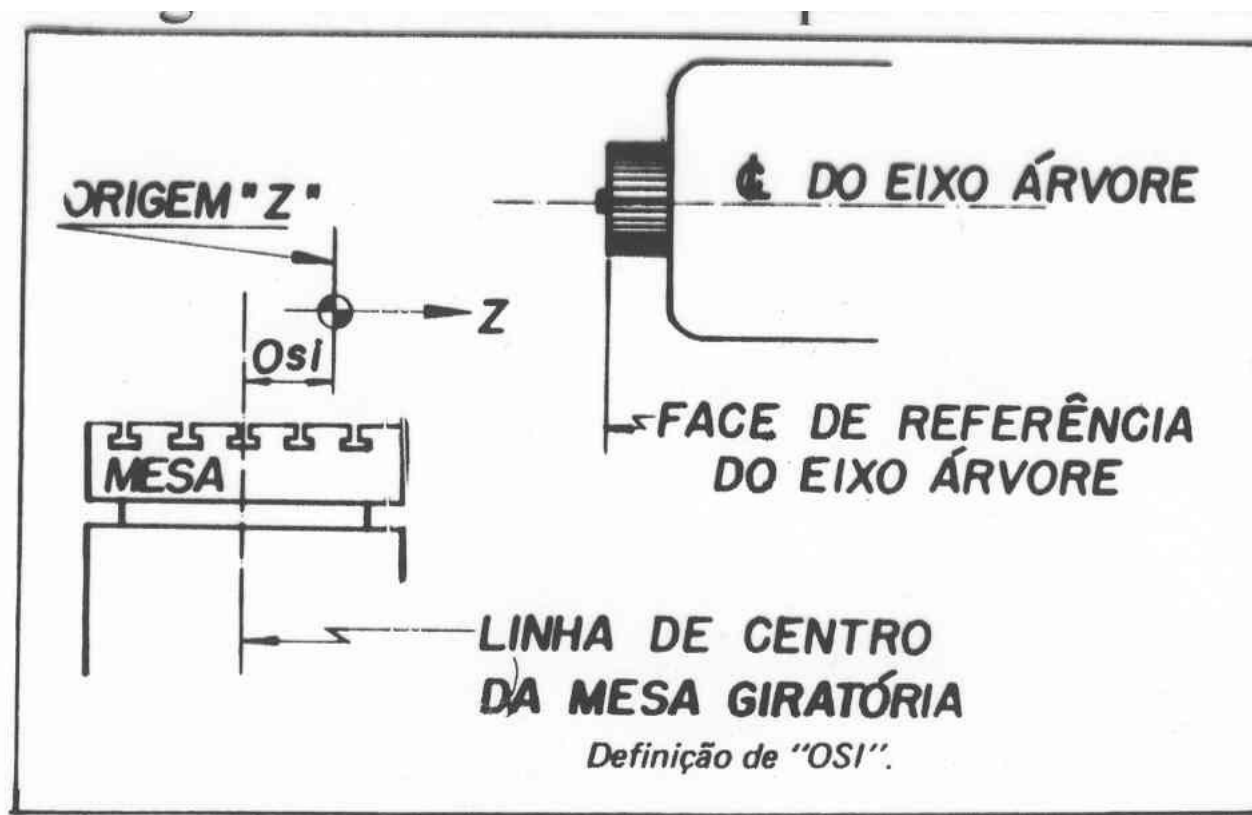


## ii) Considerações sobre o comprimento de ferramenta

- Posição do plano  $xy$  em relação à LC da mesa é denominada OSI e dada pela distância em  $z$  entre a LC da mesa e a origem do eixo  $z$ ;

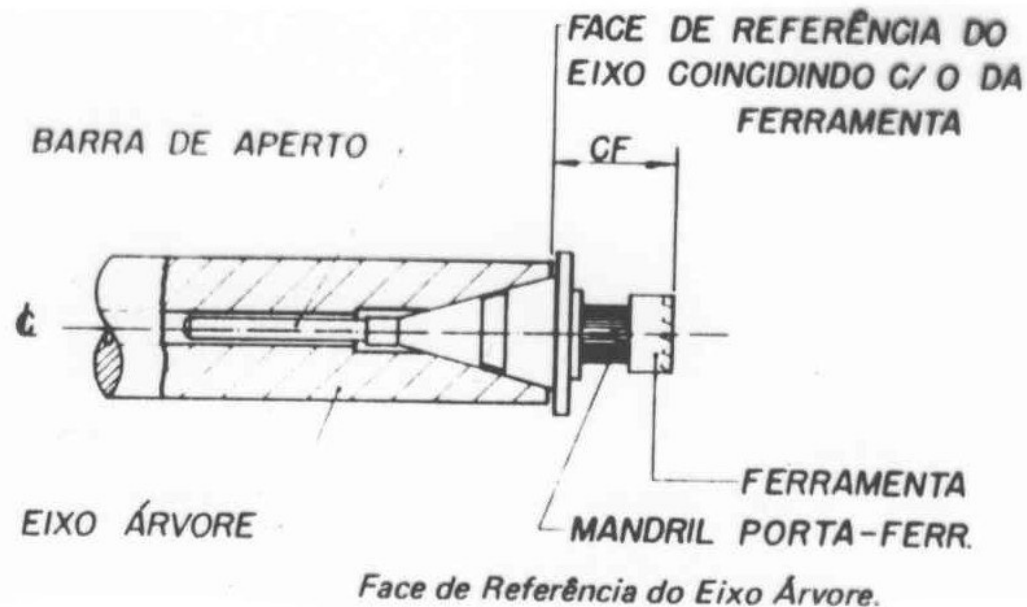
OSI  $> 0$  - Quando a origem de  $z$  estiver à direita da LC da mesa;

OSI  $< 0$  - Quando a origem de  $z$  estiver à esquerda da LC da mesa;



- A Face de Referência do eixo árvore é dada pela face perpendicular à linha de centro do EA sobre a qual o mandril da ferramenta está montado;

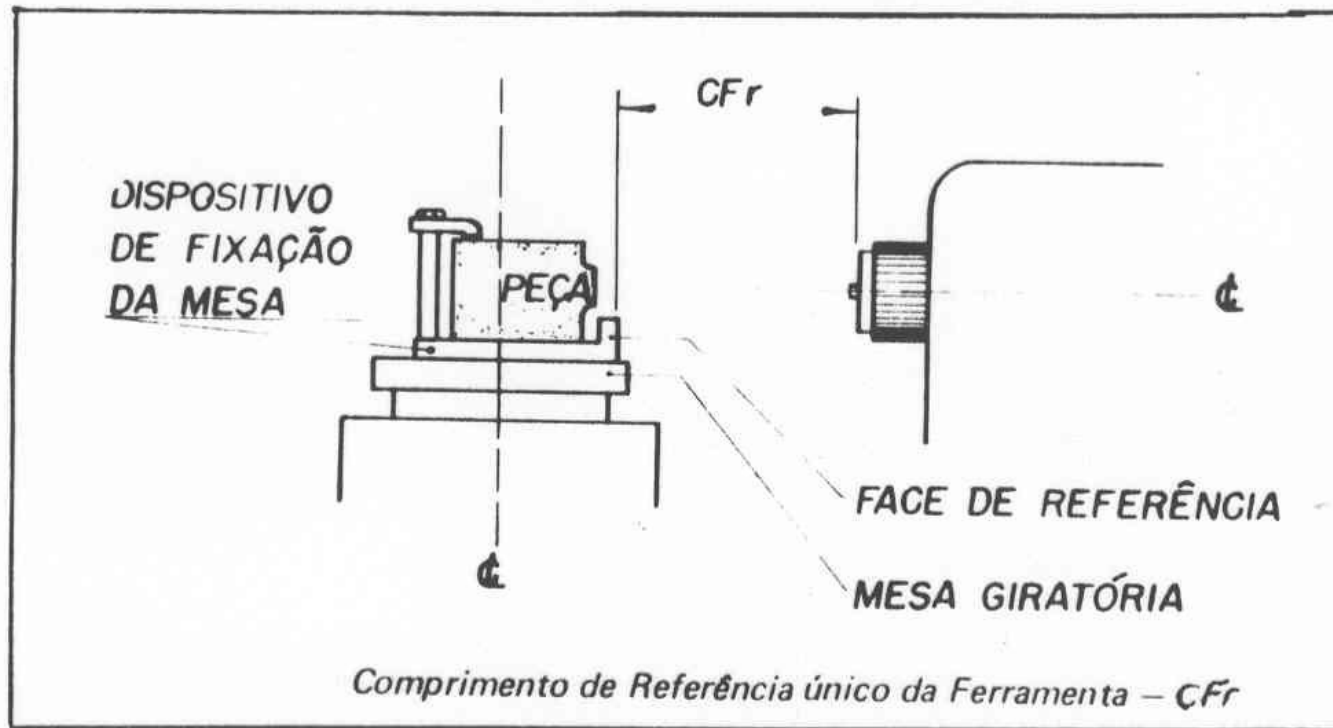
**Comprimento da ferramenta CF:** distância medida em  $z$  entre a face de referência do EA e a ponta da ferramenta (ferramenta montada no mandril e este no eixo árvore - Face de Referência do mandril e do eixo árvore coincidentes);



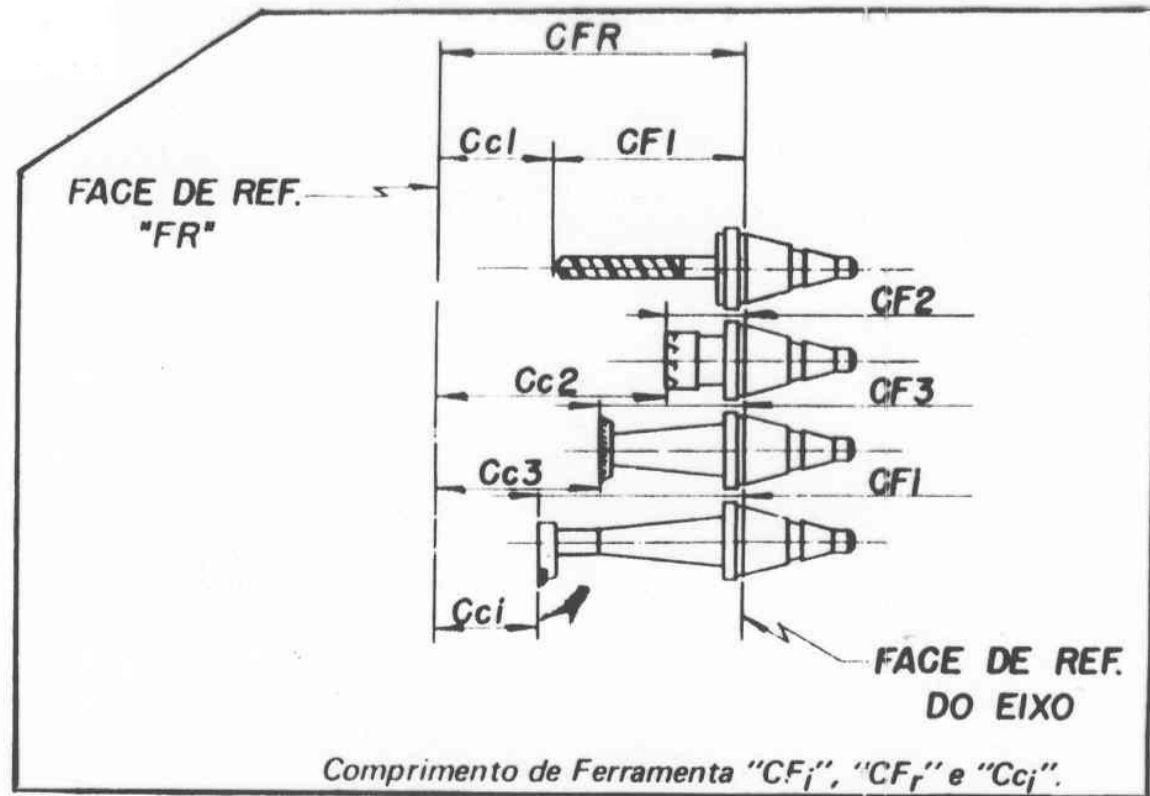
- O movimento em  $z$  é descrito pela Face de Referência do eixo árvore através da coordenada  $z$ , partindo da origem do sistema de coordenadas cartesianas;



- O Comprimento de Ferramenta Referenciado (CFr) é dado pela distância em z entre a Face de Referência do EA e a face de referência para acerto de ferramenta. Esta última definida pelo programador;
- Para fazer o programa parte-se então da premissa que todas as ferramentas terão o mesmo comprimento e é representado por CFr;



**Comprimento Compensado das ferramentas C<sub>Ci</sub>:** chama-se de comprimento compensado de uma ferramenta qualquer de índice “i” a diferença entre o valor real do CF e o comprimento de referência C<sub>Fr</sub>, ou seja,  $C_{Ci} = C_{Fr} - C_{Fi}$ ;



Os valores de  $C_{Ci}$  são armazenados na memória do CNC e utilizados pelo CNC para fazer a compensação de comprimento de ferramenta;

### **iii) Formulação para programação da movimentação de ferramentas em z (profundidade)**

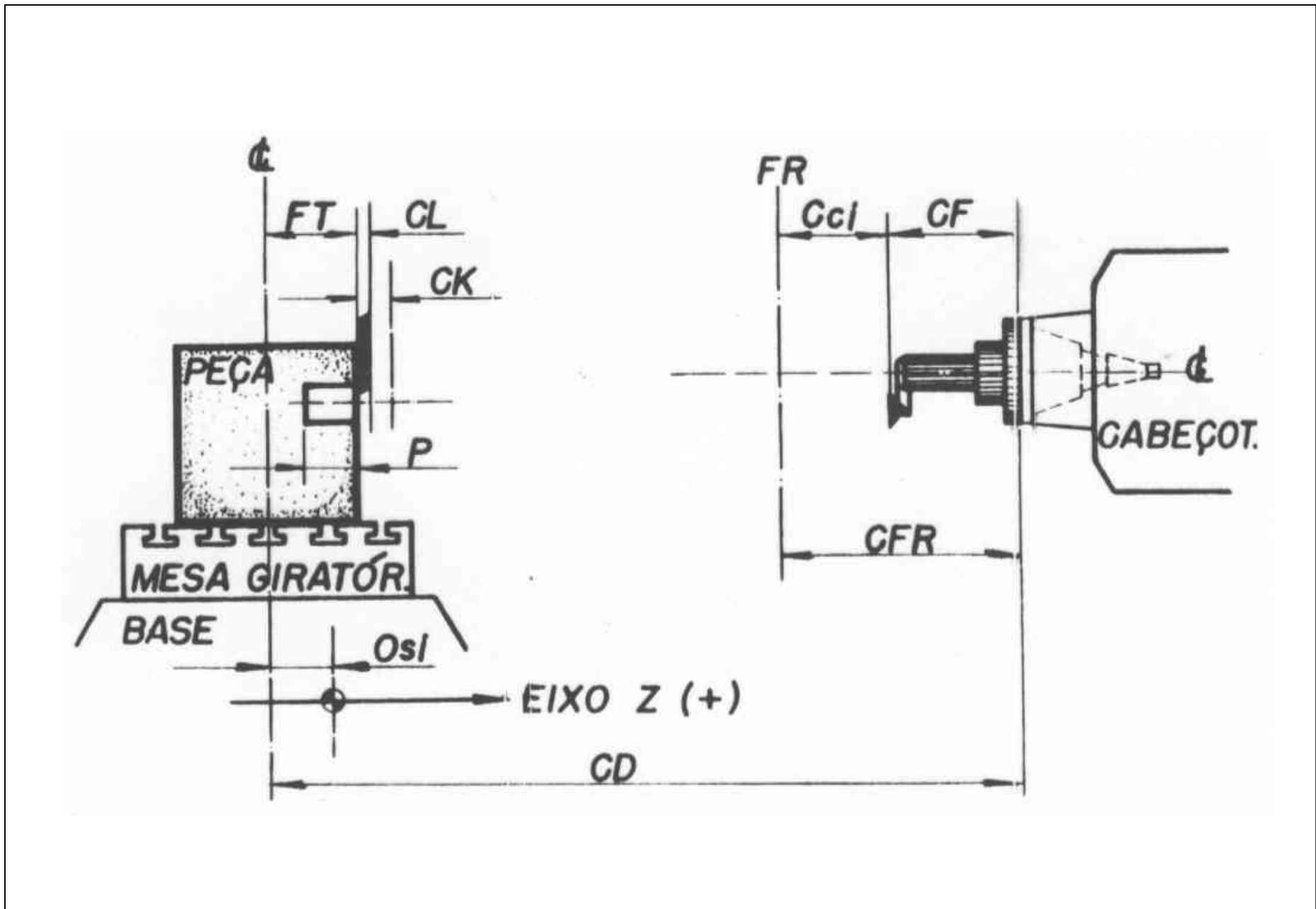
**Considere as seguintes denominações:**

**Face de trabalho FT:** distância em z entre a LC da mesa e a face de trabalho (face da peça em execução);

**Distância para aproximação rápida CL:** distância em z entre a face de trabalho e a ponta da ferramenta, no fim do avanço rápido para aproximação (Face usinada:  $CL = 2\text{mm}$ , Face em bruto fundido ou forjado = 6 a 10mm);

**Distância para recuo CK:** distância em z que define um plano paralelo à face de trabalho onde se dá o posicionamento da ferramenta no plano xy. CK e CL são às vezes coincidentes;

**Distância de trabalho P:** distância em z entre a face de trabalho e a profundidade final da usinagem a ser feita. Define a profundidade de um furo, o comprimento de uma rosca etc. A este valor dever-se ainda somar as correções relativas à ponta da ferramenta em questão;



- Programando a ferramenta para tocar a face da peça:

$$Z_s = (FT + CF) - OSI \text{ (Eq. básica);}$$

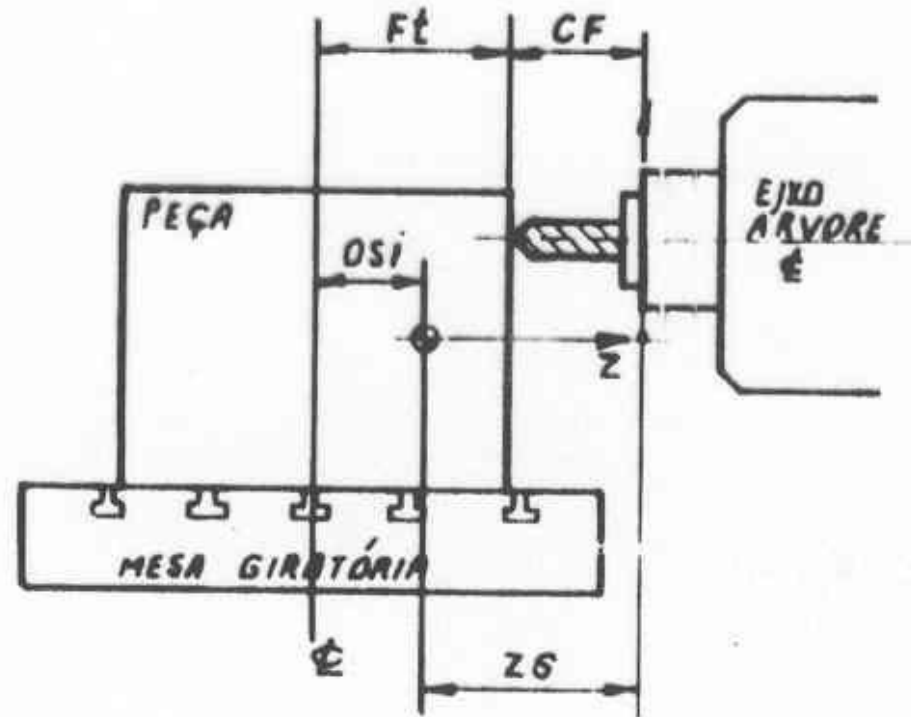


Ilustração da Verificação "Zs".

- Programando a aproximação rápida:  $Z_r = Z_s + CL$
- Programando a profundidade final de trabalho:  $Z_f = Z_s - (P + Cor.)$ ;
- Programando a retração rápida:  $Z_k = Z_s + CK$ ;
- Equação básica considerando  $CFr$ :  $Z_s = (CFr + Ft) - OSI$ ;

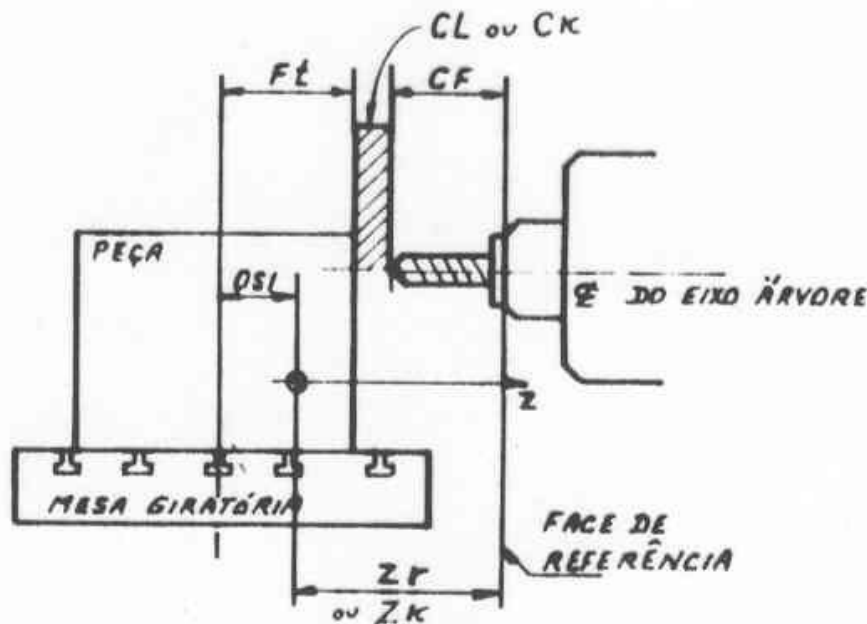


Ilustração de "Zr" ou "Zk".

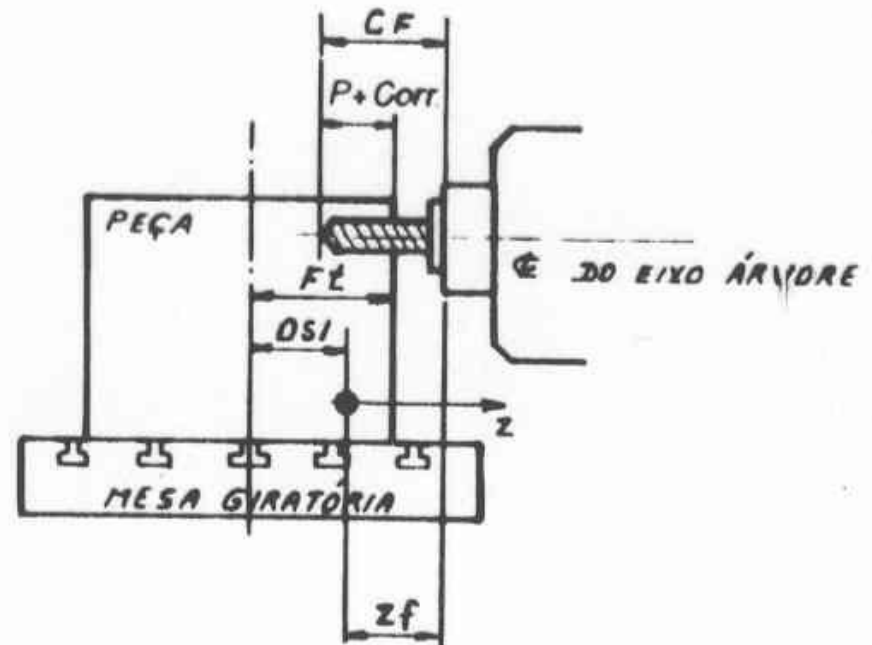


Ilustração de "Zf".

## Programação de CU – Funções e Ciclos Fixos

### – Funções de programação

*Função número de seqüência N (Já vista);*

*Funções de posicionamento X,Y (Já vistas);*

*Funções de posicionamento complementares Z, R, W:*

$Z \pm 43$  - Função de posicionamento na profundidade

$R \pm 43$  - Função de posicionamento auxiliar na direção Z e que é usada para programação do percurso da ferramenta em avanço rápido de posicionamento em ciclos fixos;

$W \pm 43$  - Função de posicionamento auxiliar na direção Z (feito pelo descolamento da mesa) e que é existente em CU com 4 eixos de programação x,y,z,e w;

### ***Funções preparatórias de seleção de planos;***

Antes de programar os movimentos (por exemplo interpolações lineares ou circulares) é necessário definir o plano de trabalho no qual a interpolação se desenvolverá:

G18 - Seleção do plano  $xz$ ;

G19 - Seleção do plano  $yz$ ;

### ***Funções para compensação de raio G41 e G42 (Já vistas);***

***Funções de posicionamento auxiliares que definem o centro do arco em interpolação circular I,J,K;***

### ***Funções dos eixos rotacionais (indexação):***

A  $\pm$  43 - Função de posicionamento para rotação de eixo paralelo a  $x$ ;

B  $\pm$  43 - Função de posicionamento para rotação de eixo paralelo a  $y$ ;

C  $\pm$  43 - Função de posicionamento para rotação de eixo paralelo a  $z$ ;

O valor numérico que segue a,b e c é um ângulo



## ***Funções auxiliares de compensação H e D***

Servem para compensar diferenças físicas entre as medidas das ferramentas e de dispositivos de localização e as medidas teóricas que utilizadas no programa;

H - para compensação de comprimento de ferramenta;

D - para compensação de variação de diâmetro nominal de ferramenta (complementa as informações para as funções preparatórias G41 e G42);

Os valores a serem compensado são armazenados na memória do CNC nos respectivos endereços H e D;

### ***Exemplos:***

H01 - estará associado a uma ferramenta cujo comprimento deve ser compensado 2,5mm;

H02 - estará associado a uma outra ferramenta cujo comprimento deve ser compensado 0,35mm;

## – Ciclos Fixos em Centros em Usinagem

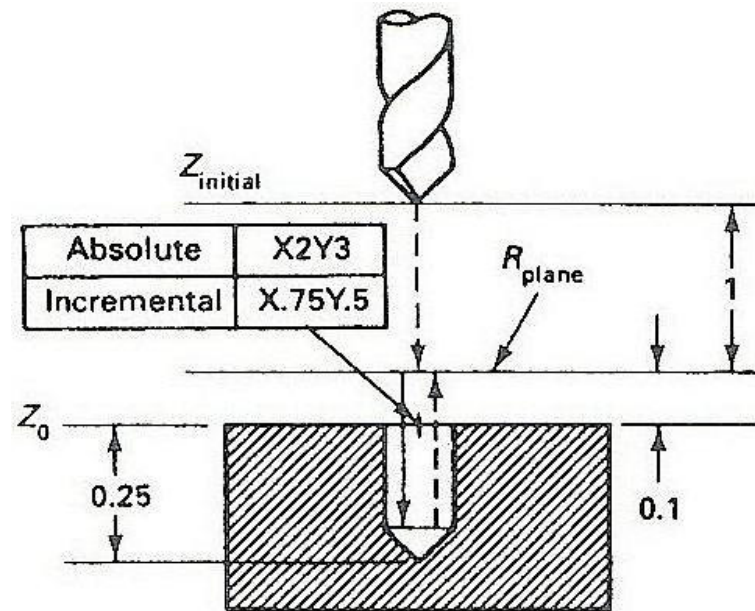
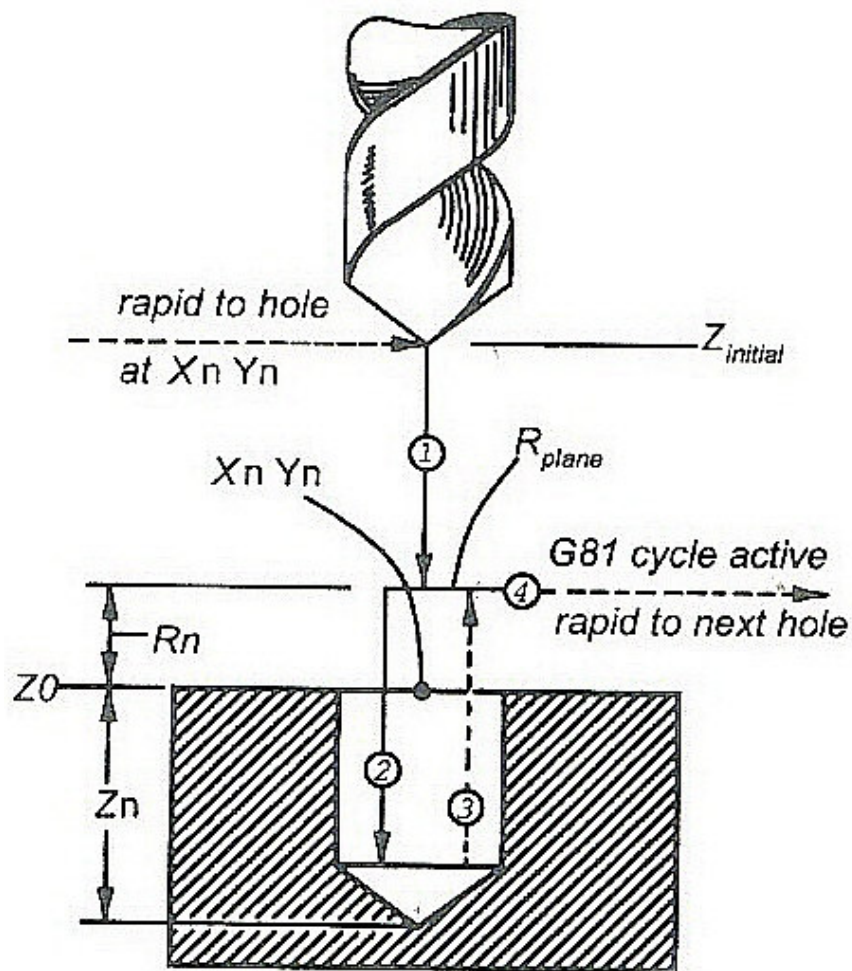
- A usinagem de furos é a operação mais comum realizada em CU. Por esta razão os ciclos fixos para usinagem de furos são uma característica padrão da maioria dos CU;
- Os mais importantes ciclos fixos em CU são idealizados para programação de furação simples (*drilling*), furação profunda (*deep drilling*), alargamento de furo (*boring*) e roscamento (*tapping*);

- Os ciclos fixos para usinagem de furo têm sempre a mesma seqüência de operações:
  1. Movimento rápido até as coordenadas X e Y do centro do furo;
  2. Movimento rápido até a coordenada Z do plano de referência (R);
  3. Movimento em avanço controlado até a coordenada Z final;
  4. Movimento rápido\* até a coordenada Z da posição inicial ou até a coordenada Z do plano de referência (R);
  
- \* Exceto no caso de operação de roscamento na qual o retorno da ferramenta é realizado com o mesmo avanço nas duas direções;

## Ciclo Fixo de Furação Simples (FANUC)

Sintaxe Geral: **G81 Xn Yn Zn Rn Fn**

- G81 - Especifica ciclo fixo de furação simples;
- Xn Yn – Os valores de n especificam as coordenadas (abs.ou incr.) do centro do furo;
- Zn – O valor de n especifica a profundidade do furo em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre o plano de referência e o fundo do furo em coordenadas incrementais (G91);
- Rn – O valor de n especifica a distância em Z até o plano de referência em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre a posição inicial e o plano de referência em coordenadas incrementais (G91);
- Fn - O valor de n especifica o avanço da ferramenta em Z no arranco de cavaco;



Absolute

G90

G81 X2. Y3. Z-.25 R.1 F7.

Incremental

G91

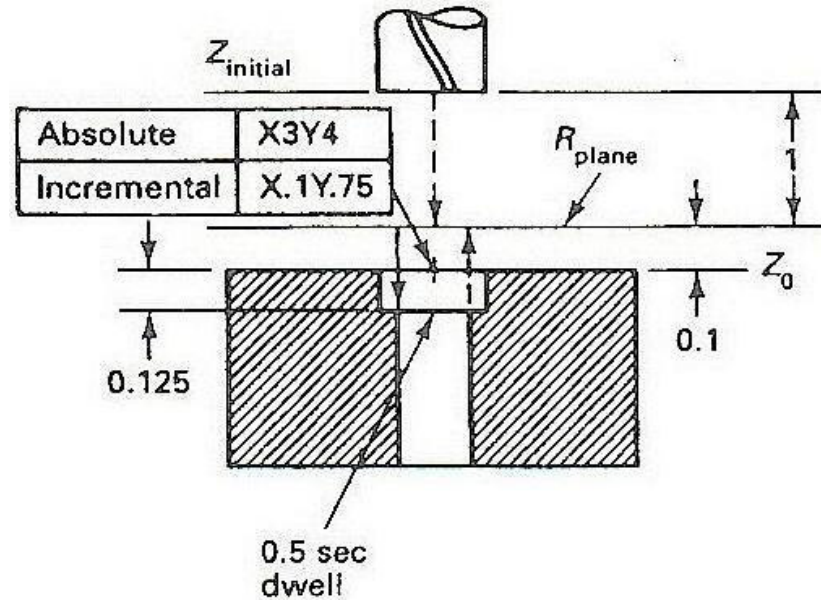
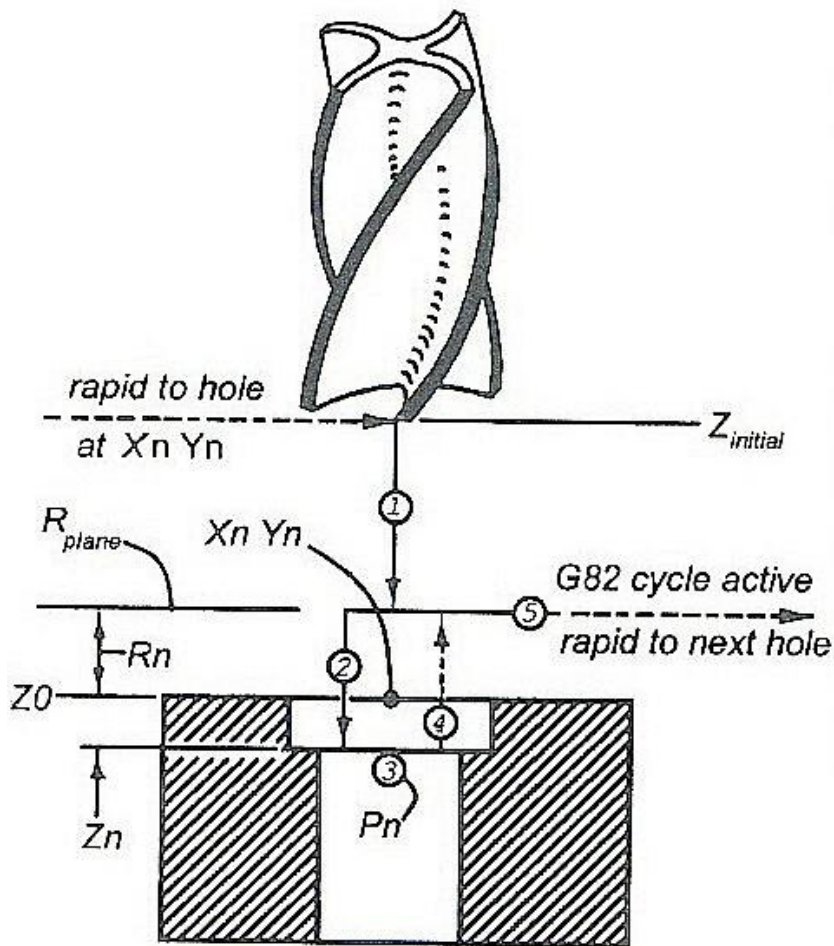
G81 X.75 Y.5 Z-.35 R-1. F7.

### Ciclo de furação simples e exemplo

## Ciclo Fixo de Rebaixamento de Furo

Sintaxe Geral: **G82 Xn Yn Zn Rn Fn Pn**

- G82 - Especifica ciclo fixo de rebaixamento de furo;
- Xn Yn – Os valores de n especificam as coordenadas (abs.ou incr.) do centro do furo;
- Zn – O valor de n especifica a profundidade do furo em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre o plano de referência e o fundo do furo em coordenadas incrementais (G91);
- Rn – O valor de n especifica a distância em Z até o plano de referência em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre a posição inicial e o plano de referência em coordenadas incrementais (G91);
- Fn - O valor de n especifica o avanço da ferramenta em Z no arranço de cavaco;
- Pn – O valor de n especifica o tempo de permanência no fundo do furo em segundos;



Absolute  
 G90  
 G82 X3. Y4. Z-.125 R.1 P.5 F6.  
 Incremental  
 G91  
 G82 X1. Y.75 Z-.225 R-1 P.5 F6.

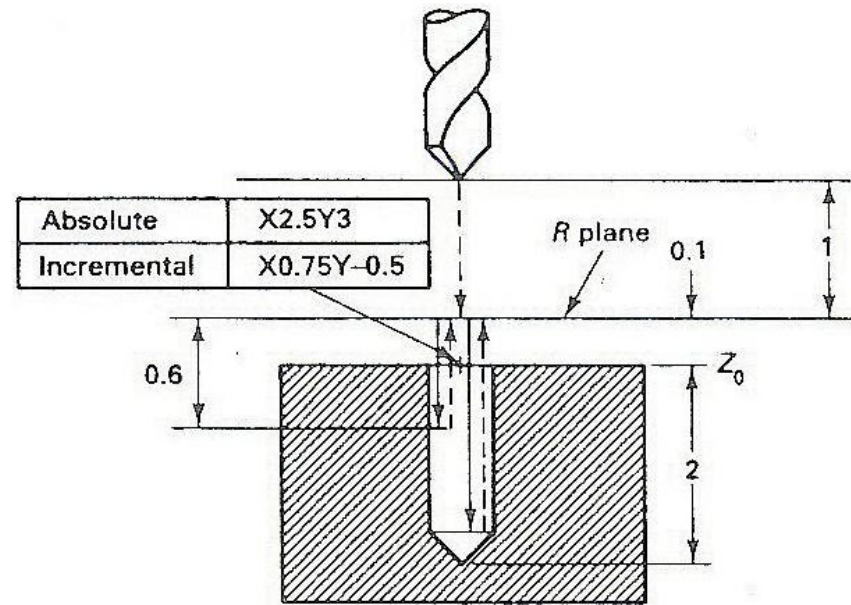
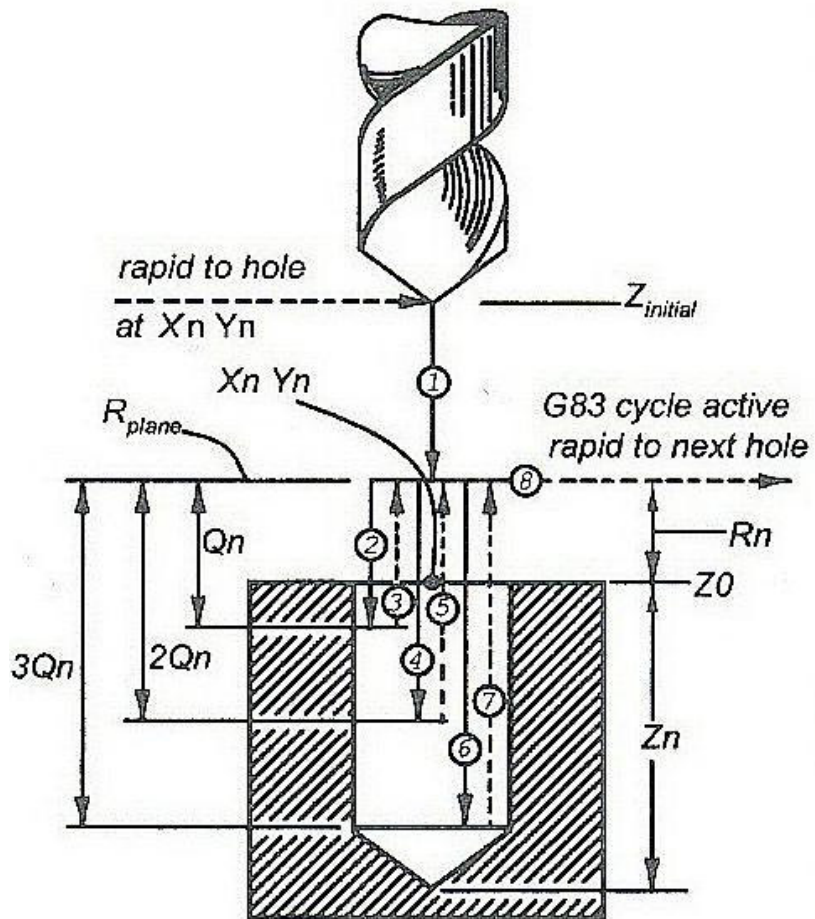
### Ciclo de rebaixamento de furo e exemplo

## Ciclo Fixo de Furação Profunda

Sintaxe Geral: **G83 Xn Yn Zn Qn Rn Fn**

- G83 - Especifica ciclo fixo de furação profunda;
- Xn Yn – Os valores de n especificam as coordenadas (abs.ou incr.) do centro do furo;
- Zn – O valor de n especifica a profundidade do furo em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre o plano de referência e o fundo do furo em coordenadas incrementais (G91);
- Qn – O valor de n especifica o valor em Z a ser usinado por vez a partir do plano de referência.;
- Rn – O valor de n especifica a distância em Z até o plano de referência em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre a posição inicial e o plano de referência em coordenadas incrementais (G91);
- Fn - O valor de n especifica o avanço da ferramenta em Z no arranco de cavaco;





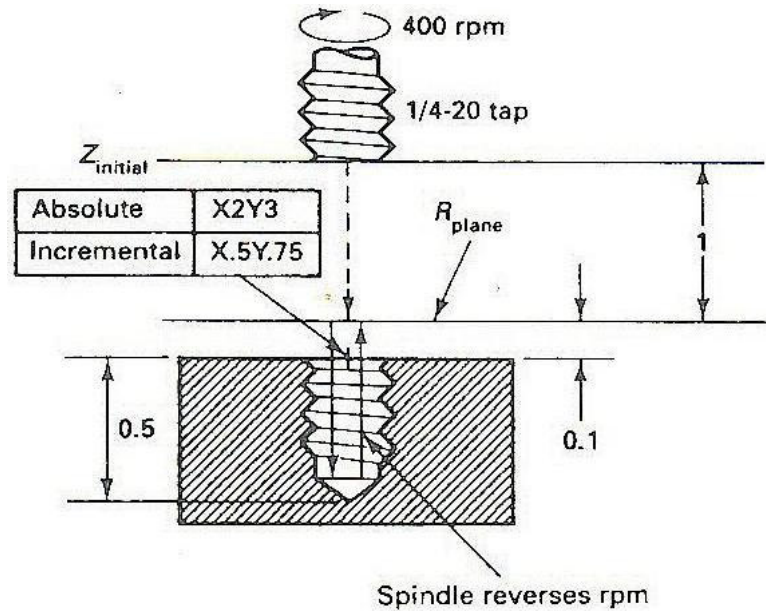
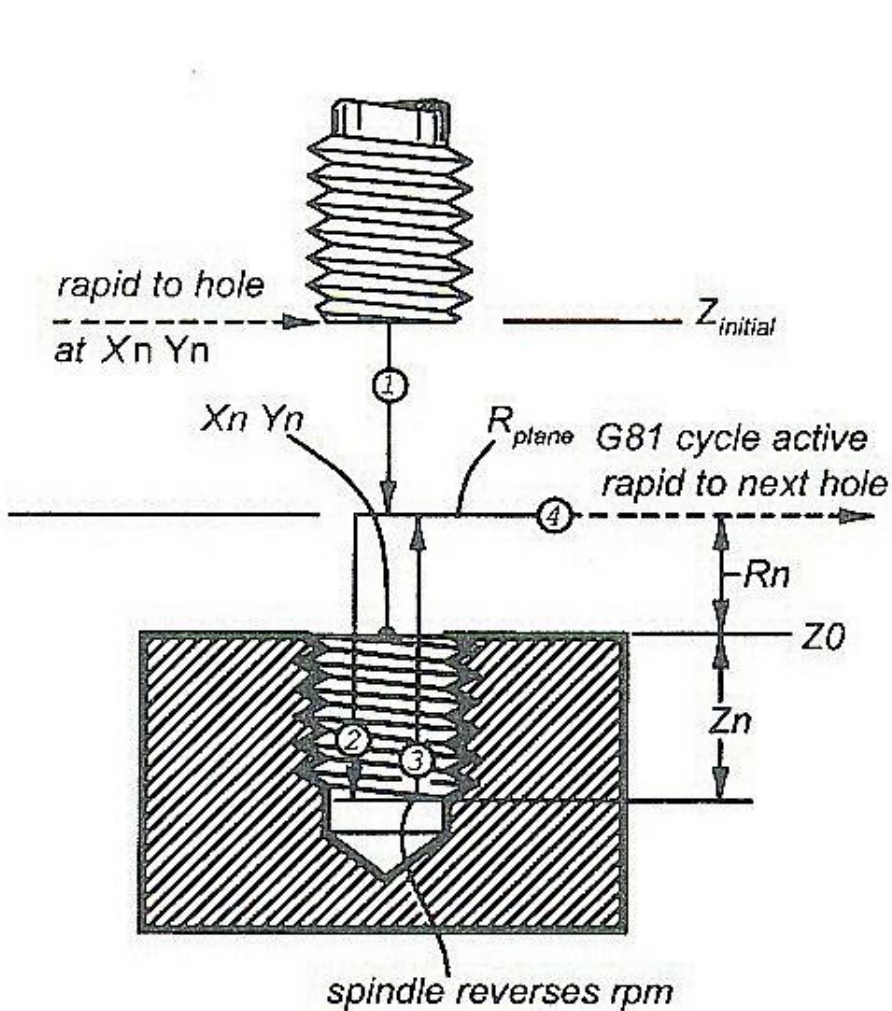
Absolute  
 G90  
 G83 X2.5 Y3. Z-2. R.1 Q.6 F6.  
 Incremental  
 G91  
 G83 X.75 Y-.5 Z-2.1 R-1. Q.6 F6.

### Ciclo de furação profunda e exemplo

## Ciclo Fixo de Roscamento

### Sintaxe Geral: **G84 Xn Yn Zn Rn Fn**

- G84 - Especifica ciclo fixo de roscamento;
- Xn Yn – Os valores de n especificam as coordenadas (abs.ou incr.) do centro do furo;
- Zn – O valor de n especifica a profundidade do furo em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre o plano de referência e o fundo do furo em coordenadas incrementais (G91);
- Qn – O valor de n especifica o valor em Z a ser usinado por vez a partir do plano de referência.;
- Rn – O valor de n especifica a distância em Z até o plano de referência em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre a posição inicial e o plano de referência em coordenadas incrementais (G91);
- Fn - O valor de n especifica o avanço da ferramenta em Z no arranco de cavaco e no retorno ;



Determination of feed rate ( $F$ )  
 $F = \text{rpm} \times \text{Lead of tap}$   
 $= 400 \text{ rpm} \times 1/20 \text{ in./rev} = 20 \text{ ipm}$

Absolute  
 G90  
 G84 X2. Y3. Z-.5 R.1 F20.

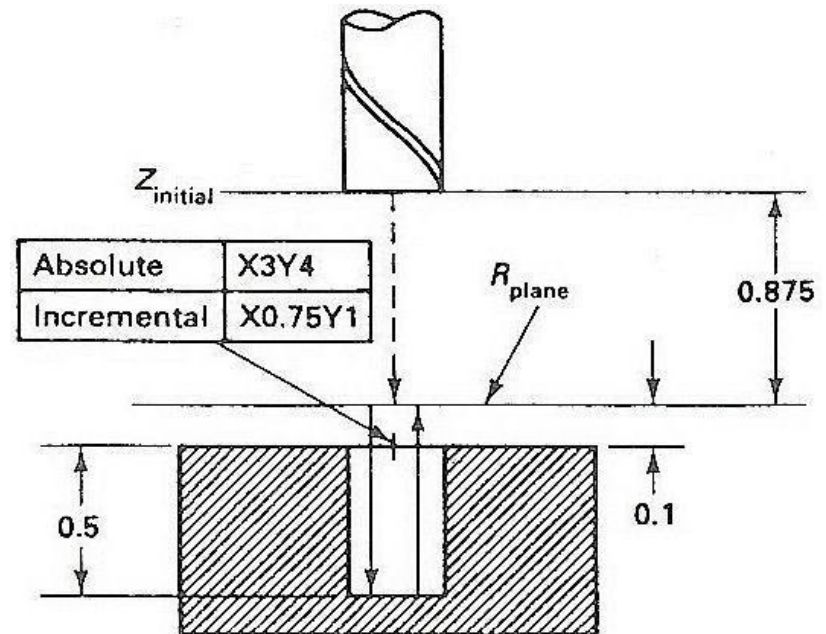
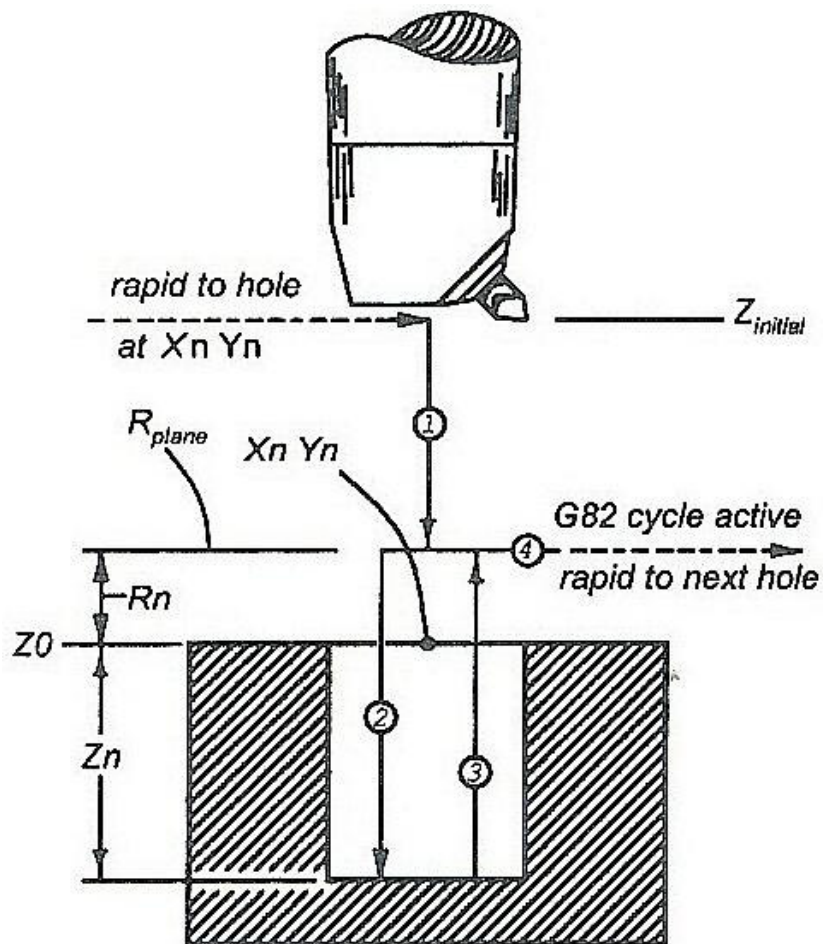
Incremental  
 G91  
 G84 X.5 Y.75 Z-.6 R-1. F20.

### Ciclo de roscamento e exemplo

## Ciclo Fixo de Alargamento

### Sintaxe Geral: **G85 Xn Yn Rn Fn**

- G84 - Especifica ciclo fixo de alargamento;
- Xn Yn – Os valores de n especificam as coordenadas (abs.ou incr.) do centro do furo;
- Zn – O valor de n especifica a profundidade do furo em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre o plano de referência e o fundo do furo em coordenadas incrementais (G91);
- Qn – O valor de n especifica o valor em Z a ser usinado por vez a partir do plano de referência.;
- Rn – O valor de n especifica a distância em Z até o plano de referência em coordenadas absolutas (G90), ou a distância em Z entre a posição inicial e o plano de referência em coordenadas incrementais (G91);
- Fn - O valor de n especifica o avanço da ferramenta em Z no arranco de cavaco e no retorno ;



Absolute  
G90  
G85 X3. Y4. Z-.5 F6.  
Incremental  
G91  
G85 X.75 Y1. Z-.6 R-.875 F6.

### Ciclo de alargamento e exemplo