

# Automação de Sistemas - Turma 2024A

## 3.1 Controle numérico computadorizado – CNC

### Histórico

No início da década de 1950 um convênio foi firmado entre a Força Aérea Norte-Americana e o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (M.I.T.) para o desenvolvimento de uma nova máquina-ferramenta, capaz de fabricar rapidamente peças com geometria extremamente complexa. A equipe do Dr. John Pearson adaptou a uma fresadora convencional um complexo sistema eletromecânico, que controlava a movimentação das ferramentas e peças na máquina. Esse sistema utilizava, basicamente, um grande número de relés conectados por cabos. Estava sendo desenvolvida a primeira máquina de comando numérico.

Já no final de 1962, todos os maiores fabricantes de máquinas-ferramentas estavam empenhados na fabricação de máquinas com comando numérico. Com os recentes desenvolvimentos da microeletrônica, da automação e o aparecimento de novos tipos de computadores, em especial os microprocessadores, permitiram criar uma nova geração de sistemas de controle numérico que aumentaram necessariamente a rentabilidade do CN e seu campo de aplicação.

Esses desenvolvimentos na eletrônica tornaram viável a utilização do computador juntamente com os processos de usinagem dos metais, caracterizando a máquina de controle numérico computadorizado (CNC). A produção de máquinas-ferramentas de controle numérico computadorizado tem registrado um aumento significativo a partir de 1975. No Brasil, o primeiro torno fabricado por controle numérico data de 1971, pela empresa Romi.

Atualmente as empresas investem maciçamente em tecnologia, procurando aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos sem aumento nos custos de fabricação, condições essenciais para a sua sobrevivência em uma economia globalizada.

O comando numérico computadorizado fornece uma série de vantagens quando comparado aos métodos de usinagem convencionais. Além da economia no processo de usinagem, podem-se citar:

1. Aumento na produtividade;
2. Facilidade de programação e controle de produção;
3. Troca automática de velocidades;
4. Redução de custos em controle de qualidade, aumento da qualidade;
5. Padronização de ferramentas, ferramentas intercambiáveis;
6. Alta versatilidade de operações;
7. Aumento do controle em operações complexas;;
8. Possibilidade de simulações de usinagem;
9. Redução da quantidade de máquinas;
10. Aumento da vida útil de máquinas e ferramentas;
11. Aumento do controle sobre desgaste de ferramentas;
12. Alta flexibilidade de produção.
13. Aumento da repetibilidade das peças;
14. Maior segurança do operador; e
15. Redução do custo e produção mais rápida de protótipos de peças.

## O que é controle numérico?

Considera-se controle numérico (NC - Numerical Control) uma forma de automação programável de dispositivos capazes de dirigir os movimentos de posicionamento de um órgão mecânico em que os comandos relativos a esse movimento são elaborados de forma totalmente automática, a partir de informações numéricas ou alfanuméricas (números, letras ou outros símbolos) definidas, manualmente ou através de um programa.

## Componentes básicos do NC

Um sistema de controle numérico consiste em três componentes básicos:

- Programa de instruções;
- Unidade de controle da máquina;
- Equipamentos de processamento.

O programa de instruções são comandos detalhados passo a passo que direcionam o equipamento de processamento. Na sua forma mais comum, os comandos se referem à situação de um eixo de máquina-ferramenta com relação à mesa de trabalho na qual a peça é fixada. Instruções mais avançadas incluem a seleção de velocidades do eixo, ferramentas de corte, e outras funções. O programa é codificado em um meio adequado para a introdução na unidade de controle da máquina. Durante muitas décadas o meio mais empregado era o de uma fita perfurada. Posteriormente empregaram-se fitas magnéticas e disquetes. Atualmente as máquinas podem vir equipadas com porta PCMCIA para cartão de memória, porta serial (RS232) e comunicação via internet.

A unidade de controle da máquina (MCU) consiste na eletrônica e hardware de controle que lê e interpreta o programa de instrução e o converte em ações mecânicas da máquina-ferramenta ou outro equipamento.

O equipamento de processamento é o terceiro componente básico de um sistema NC. É o componente que realiza um trabalho útil. No exemplo mais comum de controle numérico, é aquele que executa operações de usinagem, consistindo numa mesa de trabalho e eixos, bem como de motores e controles necessários para conduzi-los.

## Máquina NC versus CNC versus DNC

É importante conhecer a diferença entre os tipos de controles numéricos. O sistema NC (Numerical Control – Controle Numérico) surgiu por volta de 1951, com enfoque principal no controle automático dos movimentos de uma máquina-ferramenta, baseado num programa previamente definido.

Então, por volta de 1965, surgiram os sistemas DNC (Direct Numerical Control – Controle Numérico Direto). Por serem criados depois dos sistemas NC, sua prioridade voltava-se ao uso de computadores com grande capacidade e velocidade para controlar várias máquinas NC.

O CNC (Computer Numerical Control – Controle Numérico Computadorizado), o sistema atualmente mais utilizado, foi desenvolvido mais tarde, em torno de 1970 e envolve a utilização da tecnologia de computadores conjuntamente com a máquina-ferramenta. Com esse sistema é possível fazer modificações de programas nas máquinas, compensação de ferramentas, dentre outros.

## Tipos de máquinas CNC

Atualmente, existem diversos tipos de máquinas CNC que são utilizadas nas mais variadas áreas e setores de produção principalmente na metalúrgica e metal-mecânica.

A gama de modelos de máquinas CNC vai desde máquinas-ferramentas de furar ou de fresar com 2 eixos, até sofisticados equipamentos capazes de controlar um determinado processo de produção. As suas dimensões e capacidades variam conforme as opções de cada máquina, mantendo, no entanto, como fator comum o fato de poderem ser programadas.

Os tipos mais comuns de máquinas-ferramentas CNC utilizados na indústria são os tornos CNC, as fresadoras, os centros de usinagem, as máquinas de eletroerosão por penetração e a fio, e as injetoras CNC. Existem, no entanto, outras máquinas de controle numérico como, as retificadoras, os centros de furação, as mandriladoras, as máquinas de medir por coordenadas, as prensas, as dobradeiras de perfis e de tubos, as puncionadeiras, as máquinas de corte por laser, as máquinas de corte por água.

## Estrutura e componentes de máquinas-ferramentas CNC

As máquinas-ferramentas CNC devem apresentar bons resultados de rigidez e absorção de vibrações, além de garantirem estabilidade térmica e geométrica. A abaixo ilustra a estrutura de um centro de usinagem onde podem ser verificados alguns dos seus componentes.



Figura 1 - Estrutura e componentes de um centro de usinagem CNC

Fonte: Adaptado de Catálogo ROMI

As máquinas CNC foram criadas a partir de máquinas convencionais. Apesar disto, 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.

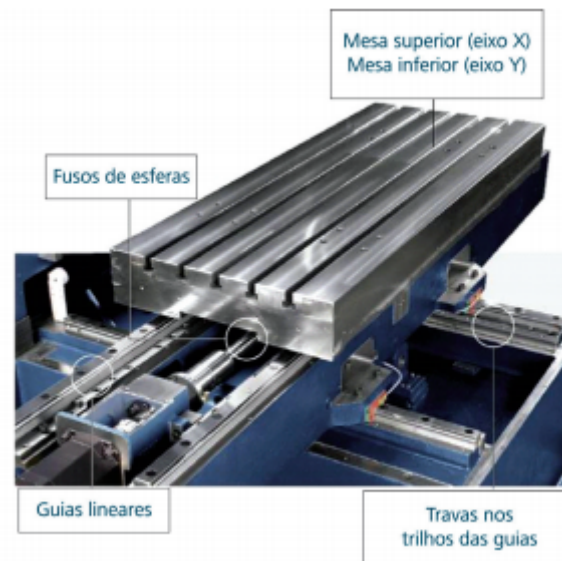


Figura 2 - Conjunto de movimentação e apoio

Fonte: Adaptado de Catálogo ROMI

- 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;
- A ação de componentes eletromecânicos (motores e transdutores) para produzir e controlar os movimentos das partes mecânicas da máquina (movimentação da ferramenta, movimentação da peça, determinação da velocidade de giro do fuso);
- Sistemas de medição de deslocamentos robustos de maior precisão, capazes de resistir 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.

## Eixos e movimentos

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

Na técnica CNC, os eixos principais são classificados como eixos geométricos. 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, conforme DIN 66217.

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.

Foi adotada 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 no qual a ferramenta se afasta da peça.

## Configurações de algumas máquinas-ferramentas CNC

Os movimentos das máquinas operatrizes CNC que dão origem à geometria da peça, são comandados e controlados pelo comando da máquina. Para que isso seja possível, o comando deve receber a informação que lhe permite reconhecer qual dos carros, mesas, cabeçotes ou árvores de rotação ele deve comandar e controlar num dado instante.

O programa CNC é que fornece essas informações, através de designações normalizadas das direções e sentido dos movimentos dos componentes da máquina.

Muitas máquinas CNC permitem o movimento rotativo da mesa de trabalho e do cabeçote da árvore, dando maior flexibilidade à máquina que pode através disso usinar diversos lados da peça com diferentes ângulos de posicionamento. Esses eixos rotativos da mesa e do cabeçote possuem comandos próprios e independentes dos eixos direcionais básicos dos carros.

Para peças especiais são usadas máquinas com mais eixos além dos três básicos principais. Os centros de usinagem são um exemplo disso pois, além dos eixos básicos principais de avanço, eixos rotativos da mesa e cabeçote frequentemente possuem um eixo de avanço adicional. Eixos de avanços adicionais aos eixos X, Y e Z são designados de maneira geral pelas letras U, V e W

## Programação de máquinas CNC

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 sequência de operações mais apropriada para fabricação.

### Métodos de programação e linguagens

Na programação podem ser utilizados três métodos distintos, segundo a complexidade da peça e os cálculos necessários para a obtenção do programa da peça.

- **Programação direta na máquina (MDI)** – nesse método, o programador, com a geometria à disposição, define o percurso da ferramenta e transforma-o em linguagem de máquina. É utilizado em eventuais modificações, para otimização de programas na máquina e na programação de peças relativamente simples;
- **Programação manual** – nesse caso, o programador interpreta o desenho da peça, calcula os pontos da trajetória da ferramenta, elabora o programa manualmente e o digita diretamente na máquina. Esse tipo de programação tem sido facilitado pela utilização de ciclos automáticos, sendo de fácil execução para geometrias não muito complexas;
- **Programação auxiliada por computador** – neste método, os cálculos são efetuados com o auxílio de um computador e de programas dedicados que elaboram o programa da peça. Esse método é hoje conhecido como programação Computer Aided Manufacturing (CAM).

A primeira linguagem de programação utilizada foi a Automatic Programmed Tool (APT). Atualmente é utilizada como ferramenta auxiliar na programação de peças com geometrias muito complexas, principalmente para máquinas de 4 e 5 eixos.

A maioria dos Controles Numéricos Computadorizados seguem os códigos normalizados da International Standard Organization ISO 1056 (comumente chamado de código G) e da Associação Alemã de Normas Técnicas DIN 66025. Esses códigos, colocados em uma sequência lógica, permitem que a máquina-ferramenta execute os movimentos entre a ferramenta e a peça. Essa movimentação torna possível a usinagem de uma peça.

Atualmente existem diversas linguagens comerciais de programação de máquinas CNC baseadas na norma ISO, tais como Fanuc, Mach e Siemens e Mitsubishi.

Alguns códigos G utilizados na programação de máquinas-ferramentas CNC que empregam comando Fanuc Oi MC estão a seguir:



## Funções preparatórias G

- G00 Posicionamento rápido.
- G01 Interpolação linear.
- G02 Interpolação circular no sentido horário.
- G03 Interpolação circular no sentido anti-horário.
- G17 Seleciona o plano de trabalho “XY”.
- G21 Entrada de dados em milímetros.
- G40 Cancela a compensação de raio de ferramenta.
- G41 Ativa a compensação de raio de ferramenta (esquerda).
- G43 Ativa a compensação do comprimento da ferramenta.
- G49 Cancela compensação de comprimento de ferramenta.
- G53 Sistema de coordenadas de máquina.
- G54 1º Sistema de coordenada de trabalho.
- G73 Ciclo de furação com quebra de cavaco.
- G76 Ciclo de mandrilamento fino.
- G80 Cancela ciclos fixos do grupo 09.
- G84 Ciclo de roscamento com macho (rosca à direita).
- G90 Sistema de coordenadas absolutas.
- G91 Sistema de coordenadas incrementais.
- G95 Avanço em milímetro/polegada por rotação.

## Funções miscelâneas

- M03 Sentido de rotação horário.
- M06 Libera troca de ferramenta.
- M08 Liga refrigerante de corte.
- M09 Desliga refrigerante de corte.
- M30 Fim de programa.

- M36 Abre porta automática (opcional).
- M37 Fecha porta automática (opcional).
- M98 Chamada de subprograma.
- M99 Desvio dentro do mesmo programa.

---

Este material foi baseado em:

BAYER, Fernando Mariano; ECKHARDT, Moacir; MACHADO, Renato. **Automação de Sistemas**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Rede e-Tec, 2011.

Última atualização: sexta, 18 ago 2023, 10:29

◀ 2.3 Teste seus conhecimentos

Seguir para...

3.2 Redes industriais ▶