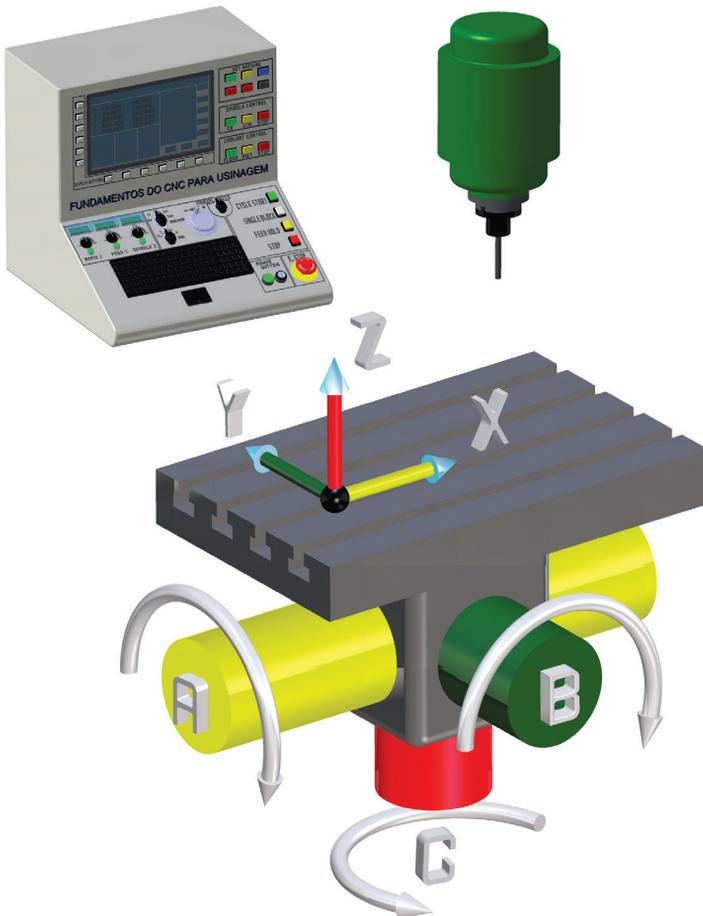


Américo Luiz de Azevedo

# FUNDAMENTOS DO CNC PARA USINAGEM



**Projeto Gráfico:** Antonio Gonçalves de Oliveira Filho

**Revisora:** Pércila Márcia da Silva

**Ilustrador:** Américo Luiz de Azevedo

**Impressão:** JAC Gráfica e Editora

1ª Edição  
São José dos Campos/SP

Ficha Catalográfica elaborada pela editora

AZ993f Azevedo, Américo Luiz de.  
Fundamentos do CNC para Usinagem / Américo Luiz de  
Azevedo (autor/ Ilustrador) – São José dos Campos/ SP, JAC  
Gráfica e Editora, 2017.

176p.; 15cm x 21cm.

ISBN 978-85-85262-88-4

1. Tecnologia (ciências aplicadas). 2. Máquinas operatrizes de  
usinagem. 3. CNC - Controle Numérico Computadorizado.  
4. Fundamentos CNC. 5. Características e funções de máquinas  
CNC. I. Título.

CDD: 600  
CDU: 072.621(81)

FUNDAMENTOS DO **CNC** PARA USINAGEM

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado paciência e sabedoria, por ter sido meu esteio nas horas difíceis, ter me honrado com momentos maravilhosos e ascendido em mim luz para escrever este livro.

A meus pais, Nazaré e João de Azevedo, por me darem a vida e me fazerem ser quem sou, apoiando com orgulho os meus estudos e meu desenvolvimento pessoal e profissional.

A minhas filhas, Stephanie e Nicole, que sempre me admiraram e cuja confiança fez com que me mantivesse em bons caminhos e buscasse ser melhor a cada dia.

À Lia Freitas, um ser humano maravilhoso que Deus colocou na minha vida há três anos de um modo tão singelo e que acabou se tornando uma importante e grande companheira. Tem me ajudado em muitas coisas, como por exemplo, a perceber que poderia sonhar alto e realizar meus sonhos de verdade, sem medo de ser feliz. Finalizar e publicar este livro é apenas uma destas coisas.

Aos amigos do trabalho que, acreditando em mim e no meu conhecimento, solicitaram-me em várias ocasiões que escrevesse este livro.

**O** CNC<sup>i\*</sup> (**Controle Numérico Computadorizado**) atualmente faz parte de uma infinidade de máquinas encontradas em quase todos os lugares, principalmente nas máquinas operatrizes de usinagem, das pequenas oficinas às grandiosas companhias de manufatura.

É fácil perceber a aprovação total destes meios produtivos quando verificamos que mais de 90%, ou melhor, praticamente a totalidade das máquinas ferramentas vendidas atualmente possuem CNC. Na realidade, quase não existem produtos fabris que não estejam relacionados à tecnologia destas inovadoras máquinas ferramentas.

Todos os profissionais envolvidos em ambientes industriais deveriam estar atentos ao que é possível realizar com estas maravilhas tecnológicas.

Alguns exemplos: o projetista de produto precisa ter bastante conhecimento de CNC para aperfeiçoar o dimensionamento e técnicas de tolerância das peças produtos a serem usinadas nos CNC; o projetista de ferramentas precisa entender de CNC para projetar e definir as instalações dos dispositivos auxiliares de usinagem e as ferramentas cortantes que serão usadas nas máquinas CNC; os profissionais do controle de qualidade devem entender as máquinas CNC usadas em suas companhias, a fim de planejar adequadamente o controle de qualidade e o controle estatístico de processo; o pessoal de controle de produção deve conhecer esta tecnologia de suas companhias para definirem os tempos de produção em modo realístico e, por fim, gerentes, supervisores e líderes também devem entender bem de CNC para se comunicarem inteligentemente com trabalhadores da mesma categoria.

E não precisaríamos nem dizer nada sobre os programadores CNC, o pessoal da preparação de máquinas, operadores, pessoal da manutenção de máquinas e outros que trabalham diretamente com equipamentos CNC; para estes, é imprescindível ter entendimento de alto nível nesta tecnologia.

## Metas e Fundamentos

Neste livro vamos explorar os fundamentos dos CNC, principalmente para Usinagem, demonstrando muito dos princípios envolvidos nesta tecnologia que iniciou nos meados do século passado (década de 1950) e, ainda hoje, está em franco desenvolvimento. Nossa principal intenção com esta publicação é atingir as três metas abaixo:

**A PRIMEIRA META:** nosso interesse primordial é ensinar os principais fundamentos envolvidos com CNC para leitores que trabalham, eventual ou diretamente, com máquinas CNC. Serão mostrados os fundamentos de cada uma das principais características e funções do CNC. Além disto, faremos sugestões de como se pode aprender mais sobre cada uma destas funções CNC e como aplicá-las a sua máquina CNC (em particular). Na conclusão deste livro, o leitor deverá ter entendido bem como e porque o CNC funciona; como também ter recebido subsídios e base para ser capaz de aprofundar-se nos conhecimentos técnicos, caso desejar ser especialista em uma ou mais das várias áreas desta tecnologia tão importante.

Em um esforço para ser simples, mas eficaz em seu método explicativo, este livro é baseado na palavra **“Fundamento”** e tem verdadeiramente esta intenção, ou seja, são ensinamentos dedicados a fundamentar, de modo propício aos leitores, as principais características e funções desta tecnologia; sem se preocupar, no entanto, em abordar detalhadamente contextos técnicos específicos e não comuns à tecnologia como um todo.

**A SEGUNDA META:** seria transmitir, de modo simples e consistente, razoável conhecimento do funcionamento da tecnologia CNC a leitores que não trabalham diretamente com equipamentos CNC, mas que podem vir a trabalhar em futuro próximo. Na conclusão deste livro, o leitor deverá estar o suficiente confortável com os fundamentos do CNC e deverá poder se comunicar com colegas em sua companhia, de forma eficiente, sobre os assuntos mais importantes inerentes à tecnologia CNC para usinagem. Desse modo, o leitor interessado terá conhecimento suficiente e bem fundamentado.

**A TERCEIRA META:** esta obra também deverá ajudar instrutores CNC, apresentando os principais fundamentos desta tecnologia, divididos em uma interessante sequência lógica, que poderá ser aplicada em cursos presenciais de CNC. O método de apresentação aqui exposto ajudará os instrutores a organizar os fundamentos CNC em modo sequencial lógico e de fácil entendimento. Com uma linguagem acessível, porém, eficaz em sua forma explicativa, o presente trabalho busca contemplar interessados nos conhecimentos fundamentais e conceituais ligados à tecnologia CNC.

## Os 12 Fundamentos

Para proceder de maneira organizada, e sequencialmente lógica, usaremos a palavra **fundamento acompanhada de número de 1 a 12** para designar os doze fundamentos chaves que irão apresentar as funções e os modos processuais mais importantes, dando uma base sólida de conhecimento sobre a maioria das máquinas contempladas com CNC para usinagem. Pense deste modo: se você puder entender os doze fundamentos aqui expostos, estará a caminho de ser um profissional proficiente em CNC.

O foco principal desta publicação está nas duas formas mais populares de máquinas CNC para usinagem (fresadoras e tornos CNC); em geral, estes doze fundamentos podem ser aplicados a qualquer tipo destas máquinas CNC. É praticamente impossível uma abordagem específica sobre qualquer máquina CNC em particular, com tantos tipos existentes. No entanto, os fundamentos ensinados aqui nos permitirão ver as características principais dos CNC em condições mais gerais, acentuando os detalhes técnicos mais usuais e gerais a qualquer máquina CNC.

Com esta base, você estará apto a reconhecer os fundamentos específicos de qualquer máquina CNC que esteja trabalhando.

No quadro a seguir, ressaltamos nossa intenção em **não nos aprofundar em detalhes técnicos específicos**, o que restringiria a interesse de poucos, mas optamos por uma abordagem mais genérica ampliando o acesso a um número maior de pessoas.

Não temos a intenção de **aprofundar em conhecimentos técnicos específicos e exclusivos da fabricação, da manutenção ou do uso da tecnologia CNC para usinagem**, pois estes se alteram de maneira muito rápida, sendo também de interesse restrito. O foco aqui é fundamentar conhecimentos profissionais sólidos, basilares na introdução do leitor ao tema da tecnologia CNC, dando a ele subsídios para participar de trocas de informações e experiências na área, principalmente de usinagem.

**Engenheiros e técnicos em formação terão bases sólidas de informação para aprofundarem seus conhecimentos nesta tecnologia, na qual existe uma quantidade extrema de inovações e muitas oportunidades profissionais de alto nível.**

## Sobre acrônimos, expressões difíceis ou em inglês

Parte importante deste livro foi baseada em pesquisa bibliográfica (livros ou sites de internet), originalmente em Inglês; por este motivo os acrônimos, palavras em Inglês e alguns termos específicos em Português serão tratados da seguinte forma:

Quando for citado no texto um acrônimo, algum termo difícil ou cuja forma mais conhecida seja em Inglês, estes irão aparecer (entre parênteses) ou “entre aspas duplas”. Logo após o termo, o sobrescrito “<sup>i\*</sup>”, um “i” mais um “\*” (asterisco), aparecerá ao lado do acrônimo ou da expressão, isto significa: “informação no final do livro, em Português”, sempre buscando referenciar as informações em uma linguagem mais coloquial, conhecida pelas pessoas que trabalham com CNC.

Alguns acrônimos e expressão **que se repetem** não terão “<sup>i\*</sup>” nem aparecerão entre parênteses ou aspas.

Exemplos:

**MDI (Manual Data Input<sup>i\*</sup>)** ou “**Feedrate<sup>i\*</sup>**” ou ainda **Input<sup>i\*</sup>**.

<b>1. (Fundamento 1) - Entendimento básico do CNC .....</b>	<b>13</b>
1.1 Composição básica de uma máquina CNC .....	13
1.2 Alguns dos benefícios mais importantes do CNC .....	14
1.3 Controle de movimento - o coração do CNC .....	15
1.4 Os dois tipos de eixos mais comuns .....	16
1.5 Entendendo os sistemas de coordenadas .....	19
1.6 Usando o que aprendemos sobre gráficos .....	20
1.7 Absoluto versus incremental .....	22
1.8 O programa CNC .....	25
1.9 Exemplos do Código G .....	28
1.10 Palavras de programação CNC .....	28
1.11 Outras palavras comuns .....	29
1.12 Outro modo de explicar sentenças de programas CNC .....	30
1.13 Programação de ponto decimal .....	31
1.14 Outras funções programáveis .....	32
1.15 Tabela de códigos G (General Functions - ISO 1056) .....	33
1.16 Tabela de códigos M (Miscellaneous Functions - ISO 1056) .....	34
<b>2. (Fundamento 2) - Conheça seu CNC e as técnicas de usinagem ....</b>	<b>35</b>
2.1 Técnicas de usinagem, um item muito importante .....	35
2.2 Componentes de máquina CNC .....	37
2.3 É muito importante se familiarizar com o manual CNC .....	38
2.4 Direções dos movimentos (eixos) .....	38

2.5	Conceituação simplificada da palavra eixo em CNC .....	39
2.6	O ponto de referência para cada eixo .....	43
2.7	Acessórios da máquina CNC .....	43
2.8	Funções programáveis .....	44
2.9	Outras características programáveis .....	45
<b>3.</b>	<b>(Fundamento 3) - Entendendo movimentos dos eixos CNC .....</b>	<b>47</b>
3.1	Entendendo as interpolações (Linear e Circular) .....	47
3.2	Outros tipos de interpolação .....	49
3.3	Os três tipos de movimentos mais básicos .....	51
3.4	Programa com os três movimentos (GO, G1 e G2/G3) .....	58
3.5	Ciclos de usinagem (Ciclos fixos) .....	60
<b>4.</b>	<b>(Fundamento 4) - Compensações no CNC .....</b>	<b>65</b>
4.1	O que são compensações? .....	66
4.2	Razões para compensações nos CNC .....	67
4.3	Organizando as compensações .....	68
4.4	Tipos de compensação .....	70
4.5	Algumas considerações sobre definição de compensações .....	77
4.6	Garantindo que a primeira peça saia dentro da tolerância .....	84
4.7	Compensação do raio da ponta da ferramenta .....	85
4.8	Caso você tenha um sistema CAM .....	87
4.9	Outros tipos de compensação .....	87
<b>5.</b>	<b>(Fundamento 5) - Programas simples e padronizados são poderosos .</b>	<b>89</b>
5.1	As três principais razões de formatar programa CNC.....	90
5.2	Os quatro tipos mais comuns de formato de programa .....	92
5.3	Propondo formato de programa a uma máquina específica .....	94
<b>6.</b>	<b>(Fundamento 6) - Métodos de programação CNC .....</b>	<b>97</b>
6.1	Programação manual MDI (na máquina ou fora) .....	98
6.2	Programação conversacional (na própria máquina) .....	98
6.3	Programação computacional para linguagem de CNC (APT) ..	101
6.4	Programação em sistema CAM .....	107
<b>7.</b>	<b>(Fundamento 7) - O CNC do ponto de vista do operador .....</b>	<b>115</b>
7.1	Dois tipos de painéis de controle distintos nos CNC .....	117
7.2	Botões, teclas e interruptores do painel de controle .....	118
7.3	Outros botões e interruptores .....	121
7.4	Controles manuais .....	126
<b>8.</b>	<b>(Fundamento 8) - Modos de operação das máquinas CNC .....</b>	<b>127</b>
8.1	Modo manual .....	127
8.2	Modo de Inserção de dados manuais .....	128
8.3	Modo edição .....	129
8.4	Modo de operação por programa .....	130
<b>9.</b>	<b>(Fundamento 9) - As sequências de operação de máquina .....</b>	<b>133</b>
9.1	As sequências mais importantes .....	135
<b>10.</b>	<b>(Fundamento 10) - Verificando programas CNC em modo seguro</b>	<b>137</b>
10.1	Prioridades de segurança no CNC .....	138
10.2	Tipos de Erros .....	139
10.3	Procedimentos para verificação de programa CNC.....	141
10.4	Trava dry run .....	142
10.5	Liberação do dry run .....	143
10.6	Execução de ciclo cortante no ar .....	144
10.7	Cortando a primeira peça .....	145
10.8	Fazendo boas peças .....	146
10.9	Rodando e otimizando a produção .....	147
10.10	Considerações sobre as sequências citadas acima .....	148
<b>11.</b>	<b>(Fundamento 11) - Padronização, simplicidade e documentação....</b>	<b>149</b>
11.1	Padronização .....	150
11.2	Simplicidade .....	152
11.3	Documentação .....	154

<b>12.(Fundamento 12) - Pós-processadores e Simuladores CNC .....</b>	<b>157</b>
12.1 Pós-processadores CNC .....	157
12.2 Simuladores CNC .....	161
<b>13. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>163</b>
<b>14. Sumário de acrônimos e expressões em inglês .....</b>	<b>165</b>
14.1 Acrônimos (siglas) .....	165
14.2 Expressões complexas ou em Inglês .....	167

# 1. Entendimento básico do CNC

**E**mbora a intenção deste livro seja apresentar os principais fundamentos dos CNC, seu conteúdo ajudará também a entender porque estas máquinas sofisticadas ficaram tão populares.

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

## 1.1 Composição básica de uma máquina CNC

### a. Unidade de entrada de dados

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

As máquinas mais antigas recebiam os programas CNC a partir de cartões ou fitas perfuradas, até mesmo disquetes. Evoluindo, as máquinas passaram a utilizar uma porta serial (RS232, RS-485 etc.) que permitia receber os programas diretamente através de uma rede DNC (*Direct Numerical Control*), ou seja, com um protocolo específico para máquinas CNC.

Atualmente, as máquinas permitem a conexão em rede Ethernet tornando mais flexível a comunicação, não só para receber os programas CNC, mas também para “exportar” informações do processo (OEE etc.).

### b. Computador

Processador que interpreta o conjunto de instruções contidas no programa CNC e envia as informações decodificadas para servo-mo-