



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.
ISBN 85-7515-371-4

INOVAÇÃO NO PROCESSO PRODUTIVO NO SEGMENTO METAL-MECÂNICO COM USO DE TECNOLOGIA A CNC (PESQUISA DO PERFIL PROFISSIONAL)

Ezio Lúcio Zerbone Gonçalves – setap.con@uol.com.br
CEFET/RJ, Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação em Tecnologia.
Av. Maracanã, 229.
20.271-100-Rio de Janeiro –RJ
Maria da Glória Leal - mgleal@cefet-rj.br

***Resumo:** Este trabalho tem o objetivo de mostrar o tratamento dado à inovação de processo em empresas de pequeno e médio porte através de uma pesquisa com uso de questionário aplicado em entrevista pelo autor. Com a finalidade de situar o leitor sobre a inovação ocorrida nas empresas estudadas, o trabalho relata no início algumas considerações sobre o CNC - comando numérico computadorizado e mostra como esta tecnologia trouxe relevantes impactos na sociedade nos aspectos econômicos, sociais e principalmente na produção industrial, mudando assim os resultados obtidos e a necessidade de uma mão de obra mais qualificada. São descritos os tipos de CNC com suas respectivas características e aplicações industriais. Com os dados obtidos da pesquisa o trabalho tenta mostrar a conexão dos pensamentos de vários autores que se ocupam em estudar as várias formas de inovação e concluir sobre, no pensamento do autor, o que poderia ser feito de maneira mais otimizada.*

***Palavras-chave:** Inovação, Automação da manufatura, CNC, Otimização, Flexibilidade.*

1. INTRODUÇÃO

Inovação, quer seja de produto ou processo, se tornou grande preocupação do mundo dos negócios para aquelas empresas que pretendem se manter em um mercado com um grau de competitividade cada vez mais elevado. Trata-se de um parâmetro perseguido por muitos, pois serve como realinhamento das atividades executadas.

No modelo de divisão do trabalho de Taylor, podemos perceber-se como desnecessária a qualificação dos trabalhadores. Boterf (2003,p38), comenta que não é necessário ser competente para executar o que é prescrito, para se aplicar o que é conhecido. “ O saber fazer referente à execução, não é senão o grau mais elementar da competência”.

O modelo preconizado por Taylor manteve-se de pé enquanto tivemos uma grande demanda pelos produtos manufaturados ou seja tudo que se produzia vendia. A medida que a concorrência vai aumentando, surgem novos impasses no setor produtivo.

Um dos fatores fundamentais que afetam a pressão de transformação é a mudança tecnológica. Oportunidades tecnológicas novas na forma de produtos novos e processos novos afetam empresas de modos diferentes, oferece oportunidades novas como também ameaças novas (Lundvall, 1978).

Neste cenário, a busca constante para encontrar a melhor estratégia de se produzir uma peça ou um lote tem sido ao longo do tempo objeto de estudos, inicialmente com experiências em tempos e movimentos e que depois dá lugar a uma sucessão de melhorias de equipamentos usando novas tecnologias.

Com a chegada da globalização, as margens de lucro tiveram que ser reduzidas para que as empresas pudessem competir em preço num mercado agora mais competitivo, interno e externamente. Em face desta nova realidade, as empresas começaram a se preocupar mais com o processo produtivo dando um destaque a sua otimização, usando para isso a inovação de processo, que na maioria das vezes deve, necessariamente passar pela aquisição de equipamentos tecnologicamente mais avançados como forma de competir, como por exemplo o CNC (Comando Numérico Computadorizado).

O desconhecimento do perfil do profissional a ser utilizado em um equipamento de alta tecnologia, é sem dúvida umas das causas de insucesso ocorrida quando se implanta dentro de uma indústria metal-mecânica o CNC.

Fazendo uma análise de todas as preocupações encontradas na implantação desta nova tecnologia dentro da empresa, este trabalho se propõe investigar, através de pesquisa direcionada em ambiente CNC, conhecimentos tecnológicos fundamentais para um melhor aproveitamento do equipamento e outras competências, além de operar máquinas, que são necessárias para compor um perfil desejado para esta nova tecnologia.

2. EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

O uso de máquinas em grande escala foi implantado na Inglaterra a partir de 1760, aproximadamente, acarretando profunda influência sobre a economia mundial, com significativas mudanças sociais políticas e culturais. A este processo de alteração estrutural da economia, que marcou o início da Idade Contemporânea, chamamos de Revolução Industrial (Arruda, 1988).

Relembrando um dos aspectos fundamentais do pensamento do inglês Adam Smith, considerado o pai da ciência econômica, que nos fala da Livre Concorrência, vemos que os produtores ao disputarem a preferência do consumidor, são levados a melhorar a qualidade dos artigos, aperfeiçoar técnicas de produção e baixar os custos. Nesta linha de raciocínio temos um desencadear de melhorias contínua na inovação dos processos produtivos.

Na indústria mecânica de transformação (que é o objeto desta dissertação) sempre se buscou o aprimoramento de máquinas-ferramenta utilizadas, visando principalmente: simplificar as tarefas, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade, mais recentemente, melhorar a flexibilidade. Um exemplo que pode mostrar claramente esta evolução de processo foram as transformações ocorridas no torno mecânico que passou pelas seguintes etapas:

Torno universal – nesta etapa o processo depende exclusivamente do operador, pois ele é o responsável por ler as informações contidas no desenho decodificá-las e aplicá-las na máquina. Os conhecimentos tecnológicos necessários permanecem em sua memória e foram adquiridos ao longo de sua experiência profissional;

Torno revolver – nesta etapa, para diminuir o tempo de troca das ferramentas (que sendo muitas, altera significativamente o tempo total de fabricação da peça), estas foram colocadas em um cabeçote “revolver” e com o recuo deste até um ponto determinado, é efetuada automaticamente a substituição da ferramenta;

Torno copiador – neste tipo de máquina, ao executar o perfil da peça acabada, um apalpador (pneumático ou hidráulico) segue o percurso de uma “chapelona” com a geometria

da peça ou seja pode-se garantir a repetibilidade de uma peça para outra independente da perícia de quem opera;

Torno automático – nesta modalidade, os movimentos de cada “carro” que contém cada ferramenta a ser utilizada, são independentes e são programadas com recursos de um dispositivo que indica o final do curso de cada ferramenta (micro switch).

Em cada um desses passos foram adicionadas simplificações de tarefas e/ou aumento da produtividade. No entanto nenhuma dessas soluções oferecia a flexibilidade necessária à fabricação dentro dos conceitos mais modernos, onde os lotes de peças são cada vez menores e mais diversificados (Sima, 1995).

Ao observar a evolução histórica da manufatura, notamos um esforço continuado para superar dificuldades na confecção de peças com um grau de complexidade cada vez mais elevado proveniente de demanda por máquinas mais sofisticadas tecnologicamente. Em um sistema onde o operador é o elemento de comunicação entre o desenho e a máquina operatriz, há de se esperar que exista uma grande dificuldade ao confeccionar um lote de peças, que estas sejam bastante similares. Isto acontece pois o sistema é extremamente dependente do homem que o opera, pois tanto a condição física com a psicológica afetam a qualidade final do que está se produzindo ou seja, existe muitas variáveis que podem afetar a qualidade.

Em um sistema convencional, temos sempre presente alguns inconvenientes introduzidos no processo pelo fator humano:

- o cansaço - que se intensifica pelo aumento do volume do lote;
- a morosidade - que é uma variável pessoal que depende de quem opera o equipamento;
- a imprecisão - que aparece pela dificuldade de se produzir peças idênticas.

Os movimentos de inovação do processo no sentido de eliminar esses inconvenientes levaram os projetistas até a máquina automática. Nesta modalidade de equipamento mencionado, os benefícios adquiridos com a automação se contrapõem com a dificuldade de se reprogramar a máquina, em outras palavras, o sistema é mais rígido existindo um tempo de se preparar a máquina para um novo lote. Na medida que automatizamos o processo de fabricação para eliminar os erros inerentes ao processo introduzidos pelo fator humano presente no sistema, estamos diminuindo a flexibilidade deste processo.

Em resumo, podemos perceber que ao longo da história, toda vez que se projetava uma máquina-ferramenta, o projetista buscava sempre não perder de vista as características que permitem superar uma a uma as principais dificuldades indesejáveis. Estas características são:

Flexibilidade: é a facilidade que apresenta determinado sistema de fabricação de ser reprogramado para fabricar novos lotes. A máquina-ferramenta do tipo universal quando operada por um profissional é um sistema de fabricação que necessita de poucas adaptações para passar a fabricar uma nova peça, logo este sistema pode ser considerado do tipo flexível. Quando nos referimos a um operador especializado estamos falando de um profissional que além de dominar o equipamento, deve possuir conhecimentos sobre parâmetros (profundidade de corte, avanço, rugosidade, etc.) que a todo instante devem ser utilizados (SENAI/RJ – Evolução do Comando Numérico, 1985).

Complexidade: é o grau de dificuldade de manufatura de uma peça. A complexidade de uma peça não está no número de operações e sim na geometria pouco convencional que possa ter. Assim, independente do grau de especialização do operador de um equipamento convencional, a medida que a complexidade aumenta, torna-se difícil a usinagem da peça (confecção demorada)(Gonçalves, 1991).

Repetibilidade: é a capacidade de manter as medidas de uma peça para outra dentro de uma tolerância determinada pelo projeto (obter peças as mais similares possíveis). A repetibilidade de um sistema convencional vai se tornando mais difícil a medida que a complexidade vai aumentando. Um sistema onde praticamente tudo depende do operador, não pode ser considerado repetitivo(SENAI/RJ – Evolução do Comando Numérico, 1985).

Produtividade: é a capacidade de fabricar determinado lote de peças, no menor tempo possível, sem prejuízo da qualidade. Como os inconvenientes da morosidade e imprecisão estão presentes na máquina-ferramenta universal em virtude do fator humano, este sistema embora seja considerado flexível não pode contribuir muito com a característica produtividade. Pode-se perceber então que um sistema convencional não pode ser considerado competitivo. Produzir mais gastando um tempo menor de preparação, foi sempre uma equação a ser equilibrada (Gonçalves, 1991).

A visão sobre o uso da Automação da Manufatura como uma excelente ferramenta para auxiliar a qualidade e produtividade, tem mudado consideravelmente ao longo dos anos. No passado, quando se falava em Automação, o significado que nos vinha a mente era o de aumentar a quantidade de peças produzidas. A valorização do volume vai aos poucos sendo substituída pela velocidade de atendimento, que nos leva impreterivelmente ao conceito de flexibilidade e neste item o CNC tem o seu espaço garantido. Em síntese podemos dizer que:

É desejável que uma máquina-ferramenta ou sistema seja flexível na mudança de operações, que seja capaz de executar tarefas complexas, que possa garantir máxima repetibilidade de uma tarefa para outra e que essas características sejam aliadas a uma alta produtividade.

Para podermos analisar a interferência do homem nos tipos de sistema apresentados acima basta observarmos o quadro a seguir:

	Máquina Universal	Máquina Automática	Máquina a CNC
Flexibilidade	SIM	NÃO	SIM
Produtividade	Depende do operador	SIM	SIM
Repetibilidade	Depende do operador	SIM	SIM
Complexidade	Depende do operador	Depende do montador	SIM

Quadro 1 – Dependência do homem em cada sistema

A tentativa de atender todas as características definidas anteriormente originou a tecnologia da máquina-ferramenta programável por coordenadas. Em 1947, um pequeno fabricante de hélices de helicópteros, John Parsons, inventou uma máquina comandada por meio de informações numéricas. O resultado desejado era o de reduzir as operações de controle das hélices, muito demoradas e dispendiosas (SENAI/RJ – Evolução do Comando Numérico, 1985).

3. MANUFATURA COM O USO DO CNC

Uma máquina ferramenta à CNC é composta basicamente da unidade de comando (onde está armazenado todo o software usado e onde é processados todos os cálculos do sistema), máquina propriamente dita (estrutura e cadeia cinemática) e os acionamentos (servomecanismo) responsáveis pelos movimentos dos eixos.

Para que possamos colocar uma máquina a CNC em funcionamento é necessário que se estabeleça um diálogo com o equipamento. Todo comando acoplado em uma máquina a CNC, necessita de um meio de comunicação entre o programador e a máquina. Essa comunicação é feita por meio de códigos ou símbolos padronizados, e recebe o nome de linguagem de programação.

As funções podem ser divididas em quatro grupos. Na tabela 1, ao final desta sessão, podemos ver o significado para cada uma destas funções: Função sequenciais(N), Funções

preparatórias(G), Funções de posicionamento(X, Y, Z) e Funções complementares (M, S, T e M).

Em 1982, a ISO (Organização Internacional para Normalização) estabeleceu os princípios básicos da programação CNC (norma ISO 6983). A norma indica o formato básico do programa, de modo que um conjunto de comandos, compostos de palavras-chave, possa dar instruções para o sistema de controle(TC2000, aula 15, p.4).

Com o advento da máquina automática, os inconvenientes gerados pelo fator humano (cansaço, lentidão e imprecisão) foram eliminados; e durante todo o período em que o menor tempo possível de usinagem sempre foi a grande preocupação dos projetistas, este tipo de máquina-ferramenta teve destaque dentro dos sistemas produtivos.

Através da primeira experiência de John Parsons, pode-se perceber que a primeira máquina a CNC surgiu da finalidade que teve um empresário de resolver um problema de usinagem com um tipo de geometria que seria muito difícil de se obter com equipamentos convencionais. Essa idéia de se adquirir uma máquina a CNC só para resolução de problemas de geometria complexa se perpetuou durante muito tempo, devido ao fascínio da nova tecnologia aliada ao desconhecimento. Se em seu elenco de peças uma de geometria muito complexa, ao invés de investir em uma máquina a CNC, ela deve terceirizar esta atividade.

A filosofia de construção de uma máquina-ferramenta a CNC tem como objetivos retirar de cada sistema já mencionado todas as características positivas: da máquina convencional a flexibilidade, da máquina automática a repetibilidade, precisão e rapidez.

3.1 Tipos de CNC

Como acontece com todo protótipo, o custo de fabricação da primeira máquina a CNC foi elevadíssimo o que levou a uma reflexão que teria como objetivo industrializar este tipo de equipamento.

Na fase de evolução do CNC, no princípio dos anos 60, começaram a surgir tipos de máquinas a CNC, com custos menores que assim possibilitaram sua comercialização. De acordo com a complexidade da geometria a ser reproduzida, podemos estabelecer ao longo do tempo a evolução desta nova tecnologia nos seguintes tipos de CNC:

- Comando Numérico Ponto-a-Ponto (garante o posicionamento, trajetória não controlada);
- Comando Numérico Paraxial (usinagem paralela aos eixos da máquina);
- Comando Numérico contínuo no Plano(movimento de 2 eixos simultâneos);
- Comando Numérico Contínuo no Espaço(movimento de 3 eixos simultâneos).

3.2 Modos de programação para máquinas a CNC

Para a usinagem de uma peça em uma máquina a CNC, o programa pode ser elaborado de duas maneiras: manual e automática.

Programação manual

Em um sistema convencional o profissional do planejamento e controle de produção cria uma folha de operação onde é montado um roteiro que o operador deve seguir (delineamento da peça). A seguir apresentamos parte de um delineamento de uma peça:

FOLHA DE PROCESSO		
FERRAMENTA	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	FASE
	Fixação da peça na morsa conforme Folha de Execução - Fas	01
T02- Fresa de 20mm	Usinagem de limpeza da face superior do material	01
	Desbaste de contorno externo com profundidade de 51 mm, parte frontal com rampas de 45° e raio de 20 mm. Nas laterais e traseira da peça apenas limpar e deixar com as medidas fin	01

Quadro 2 – Parte de um roteiro de trabalho

A programação manual requer que o programador calcule e registre todos os movimentos a serem efetuados, ou seja, o programa funciona tal como o delineamento feito em um sistema convencional. Além de lenta, ela é mais passível de erro, visto que para cada coordenada, é preciso efetuar cálculos. Essa dificuldade torna-se mais evidente quando o grau de complexidade da geometria da peça aumenta. Vejamos a figura abaixo:

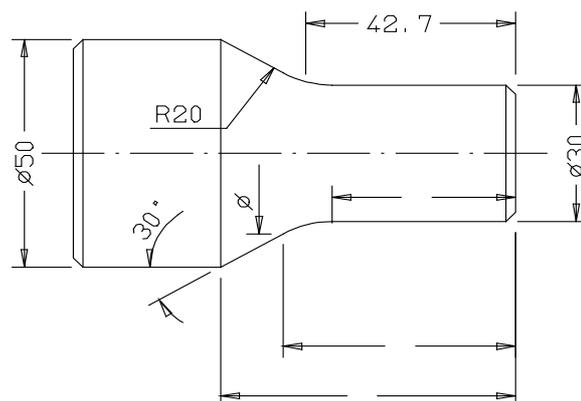


Figura 1 – Eixo Perfilado
Fonte: Elaborada pelo autor

Antes de iniciar a programação da peça apresentada, o programador precisará calcular o valor de cada cota que está faltando e para isso precisará utilizar uma vasta gama de conhecimentos de geometria e trigonometria adquiridos em sua fase de ensino fundamental. A cada valor calculado teremos a possibilidade de um erro. Além de todo este trabalho, na operação de usinagem do cone de 30°, ao deslocar o eixo longitudinal, a ferramenta deve se posicionar em coordenadas diferentes a cada deslocamento.

Na programação manual, o operador precisa se lembrar do formato de cada função (como ele deve ser escrita) a ser programada ou deve fazer consultas freqüentes ao manual. Isto se intensifica no caso de se usar um ciclo fixo (recursos existente em unidades de comando mais modernas que permite que com apenas uma linha de programa fazer vários movimentos) onde a quantidade de parâmetros a serem inscritos é ainda maior. A desatenção na programação pode ter como consequência uma colisão da ferramenta contra a peça, afetando a estrutura da máquina, comprometendo assim sua precisão e repetibilidade.

Ao final deste capítulo, é apresentada uma tabela com as principais funções padronizadas pelo código ISO (Organização Internacional para Normalização). Esta padronização é de grande utilidade no momento que um programador ou operador muda de empresa, pois é necessário fazer apenas uma pequena adaptação no uso da unidade de comando de um fabricante para outro.

Programação automática

Programação automática, às vezes também conhecida por programação assistida por computador, é aquela executada com o auxílio do computador, e tem como objetivo ajudar o programador a superar as dificuldades que ocorrem normalmente na programação manual. Uma linguagem de Programação Assistida por Computador (PAC) é dividida basicamente em três módulos: o processador, o pós-processador e módulo de transmissão.

Processador

Neste módulo, o programador ao examinar o desenho, define, através de pontos, linhas e círculos o perfil da peça bruta e acabada. Esta é a fase geométrica. Em seguida são definidos os parâmetros tecnológicos: ponto de troca da ferramenta, características da ferramenta, sobremetal e usinagem (desbaste, acabamento, abertura de canais, abertura de rosca, etc). O processador interpreta as instruções inscritas pelo programador, controla a sintaxe (erros de formato) e executa todos os cálculos geométricos e tecnológicos necessários, gerando um arquivo, que constitui a entrada para a fase sucessiva. Nesta fase o programa pode ser considerado universal pois é independente do tipo de máquina-ferramenta e do tipo de unidade de comando.

Para que se tenha a compreensão de como é elaborado um programa automático, apresentamos parte de uma programação automática com o uso do software UNICAM (usado no laboratório de automação da manufatura do CEFET-RJ).

P2, (85,0) - Definição do ponto denominado P2 com coordenada 85mm e abscissa 0;

L1, LY, X85 - Linha 1 paralela ao eixo Y c/ distância de 85mm no eixo X;

PF1, P2, L1, ATE, L3 - Denominação do perfil 1;

PFB = PF1 - Perfil bruto é igual ao perfil 1

C1, (44.981, 68.142), R25 - Circulo 1 com suas coordenadas e raio;

PTR = X 150, Y 150 - Ponto de troca da ferramenta

'CO = PDJNR-2020-M15 - DNMG 150408 - Comentário sobre a ferramenta 1;

FERR1 = FCAT 3, DESB, FA 1, VC 180, PC 2.5, REFR ', AV 0.25, R 0.8, P1, AP 93, AF 55, M3, EXT, DIR, DS 2, CA 15 - Parâmetro da ferramenta 1;

DESBH - Desbaste no sentido horizontal do perfil 1.

Ainda neste módulo, após a programação, existe a possibilidade de verificar erros de deslocamento através de uma simulação gráfica (figura 2) mostrando todo o percurso da ferramenta. Nesta fase pode-se ter a certeza se o que estamos vendo está em conformidade com o que pensamos ter programado. Quase que a totalidade dos erros (90%) pode ser detectado com este módulo gráfico. As linhas contínuas mostram os vários passes no desbaste da peça e as linhas tracejadas mostram os deslocamentos rápidos.

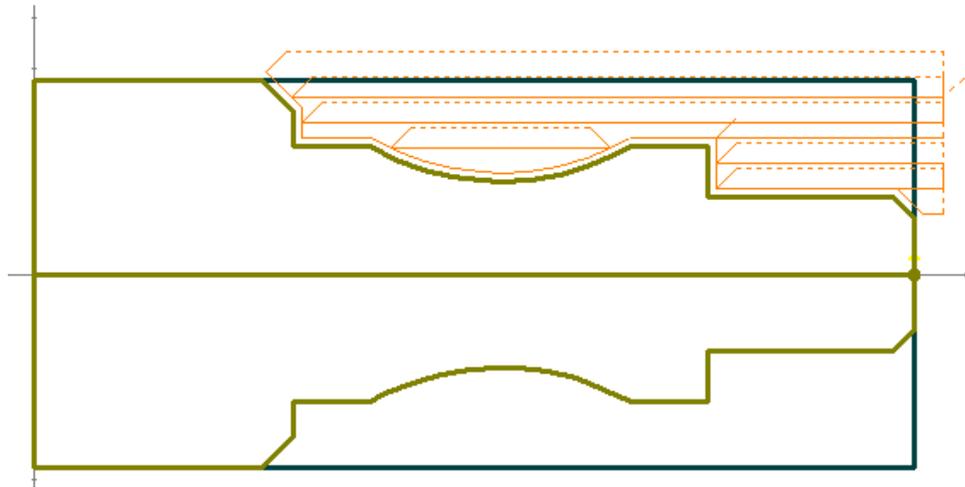


Figura 7- Uso do simulador gráfico

Pós-processador

Este é um módulo específico para adaptar a solução geral fornecida pelo processador aos diversos tipos de máquinas-ferramenta a CNC. Pode-se então dizer que o pós-processador depende do tipo de máquina e do comando nos quais será trabalhada determinada peça. Em resumo, este módulo converte o que foi escrito na linguagem do software usado, para uma linguagem ISO reconhecida pela unidade de programação.

A seguir temos parte de um programa feito em linguagem UNICAM e agora transformado para linguagem ISO inteligível pela máquina a CNC.

```
%
N5 G99
N10 T0101;...DESBASTE..EXTERNO
N15 G54
N20 M12
N25 G0 X150. Z150.
N30 M6
N35 G96
N40 S220.
N45 G92 S3000 M3
N50 G0 X32.8855 Z87. M8
```

Módulo de transmissão (DNC)

Este módulo serve para enviar o programa pós-processado fazendo uso de uma porta serial RS232c. Para pequenas distâncias (até 10m), basta o uso de um cabo paralelo; para distâncias maiores é necessário o uso de modem para que não se perca dados na transmissão. Esta comunicação pode ser feita do computador onde foi elaborado o programa para a máquina a CNC ou vice-versa. Isto é útil para se memorizar o programa transmitido com as correções durante a usinagem do lote de peças.

A figura a seguir, mostra de maneira esquemática todo o processo de fabricação de uma peça, usando um sistema de programação automática para torno – o ATP/T.

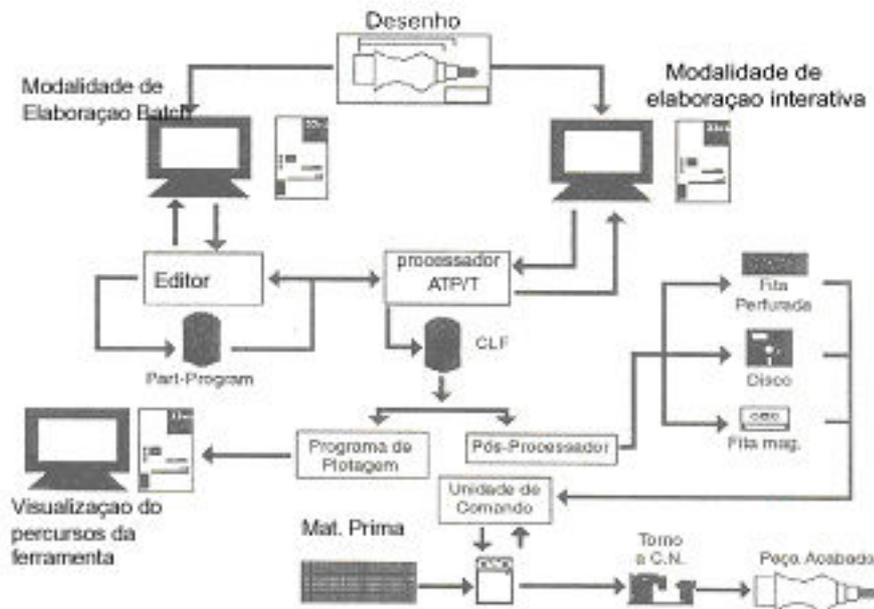


Figura 8 – Fabricação através de programação automática
 Fonte: Manufatura integrada por computador – CIM
 Salles, L.S, et al – Ed Campus, pag 121

Vantagens da programação automática:

- Visto que todos os deslocamentos que eram feitos pelo programador (funções ISO), agora ficam sob responsabilidade do módulo de pós-processador do software e os prováveis erros podem ser eliminados com o uso do simulador gráfico e por isso nesta modalidade de programação temos uma sensível redução dos erros de programação;
- Como a programação automática se restringe apenas à construção do perfil bruto, acabado e parâmetro tecnológicos, temos assim uma grande redução do tempo de programação;
- Para se treinar um novo programador é necessário gastar um certo tempo e ainda teremos que contar com um certo período de aclimatação. Na programação automática quase tudo é feito por intermédio do software e se gasta um tempo muito menor de preparação do que na programação manual.

Função	Aplicação na programação
N	Numeração dos blocos
G00	Movimento rápido nos eixos X e Z
G01	Movimento lento nos eixos X e Z
G02	Interpolação circular horária
G03	Interpolação circular anti-horária
G04	Tempo de permanência (DWELL)
G33	Abertura de rosca com passo constante
G34	Abertura de rosca com passo crescente
G35	Abertura de rosca com passo decrescente
G40	Anula G41 e G42
G41	Compensação vetorial da ferramenta à esquerda do sentido
G42	Compensação vetorial da ferramenta à direita do sentido

G70	Programação em milímetro
G71	Programação em polegada
G90	Programação em coordenadas absolutas
G91	Programação em coordenadas incrementais
G92	Deslocamento da origem dos eixos
G94	Avanço em mm/min ou pol/min
G95	Avanço em mm/rot ou pol/rot
G96	Programação da velocidade de corte constante em m/m
G97	Programação da RPM constante
F	Programação do avanço
S	RPM(se usa G97) - Vel de corte (se usa G96)
M00	Parada do programa
M01	Parada opcional do programa
M02	Fim de programa s/ rebobinamento
M03	Rotação horária do mandril
M04	Rotação anti-horária do mandril
M05	Parada do mandril
M06	Troca de ferramenta
M08	Liga óleo refrigerante
M09	Desliga óleo refrigerante
M30	Final de programa com rebobinamento da memória
M41,M42	Gamas de velocidades
T	Troca de ferramenta

Tabela 1 – Funções de programação
Fonte: Elaborada pelo autor

4. PREPARAÇÃO DA EMPRESA PARA UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIA À CNC

Com a implantação de uma tecnologia nova dentro da empresa é necessário que o gerente responsável tome algumas medidas que assegure que este novo investimento tenha o sucesso esperado e o retorno financeiro desejado. O profissional que atuava dentro desta indústria que sofreu uma inovação no seu processo produtivo precisa de um treinamento em diversas áreas afins para se obter uma melhor otimização do equipamento.

Salvo algumas exceções, a maioria das implantações de uma nova tecnologia dentro de empresas, é feita com pouca ou nenhuma preparação para o recebimento da mesma. Esta preparação precisa ser pensada em dois níveis: infra-estrutura dentro da empresa e pessoal envolvido com este tipo de inovação de processo. A inexistência desta iniciativa, pode gerar um ambiente que seja propício para o fenômeno de rejeição, já que todo ser humano de certa forma tem a tendência em reagir à mudanças.

Falar com as pessoas envolvidas sobre a tecnologia a ser adquirida, antes mesmo da chegada do equipamento, é um caminho que tem se mostrado bastante eficiente. Uma boa estratégia a ser adotada nesta fase é o de promover palestras participativas com todas as pessoas, que serão a princípio, os clientes deste novo sistema. Deve-se ressaltar as vantagens que este tipo de inovação irá gerar para o crescimento da empresa, como por exemplo, um novo posicionamento em relação à competitividade; porém nunca esquecendo de ressaltar as limitações, pois acontece frequentemente se cultivar pela alta gerência a idéia que o Comando Numérico deve ter o compromisso de resolver todos os problemas de manufatura com facilidade, já que se trata de uma máquina cara e de alta tecnologia. Existem tipos de

peças que requer do operador muita sensibilidade ao confeccioná-la, característica que não existe em um sistema automatizado, que é o caso do CNC.

Entendendo que essa equipe é ponto vital para o bom funcionamento deste novo sistema, é imperativo avaliar o pessoal que estará ligado diretamente a esta nova filosofia de manufatura, criando ou adaptando funções necessárias e fazendo também uma análise criteriosa do perfil necessário para com isto poder montar o treinamento adequado antes da máquina chegar (treinamento personalizado).

Embora não seja vital que gerência participe dos cursos de programação e operação, é muito importante que eles recebam um treinamento básico em CNC, pois assim poderão ver as vantagens e entender que é necessário investir também em todas as tecnologias afins a esta nova área. Exemplificando, podemos citar o exemplo do uso de tecnologia de corte com ferramentas de “metal duro” (carboneto de tungstênio).

Atualmente empregam-se ferramentas de carboneto de tungstênio, que operam com velocidade de 300 m/min (SENAI/RJ – Tecnologia do Metal duro, 1985, p.3).

Para aquisição de máquinas a CNC, é necessário o conhecimento prévio daquilo que cada sistema de interesse do empresário pode oferecer, o que é consideravelmente mais complexo do que a escolha de um equipamento convencional. Existem várias máquinas a CNC que podem fazer o mesmo tipo de trabalho, portanto a escolha deve ser cuidadosa para não se gastar mais do que é necessário e direcionar a compra sempre que possível para um sistema personalizado.

Existe ainda uma grande dificuldade por parte dos empresários de entenderem que um sistema a CNC deve ser usado para a produção de pequenos e médios lotes. Quando a característica principal desejada para o sistema a ser adquirido é apenas o aumento da produção, o ideal seria direcionar a compra para uma máquina dedicada (automática) e não uma máquina a CNC que é considerado um sistema flexível usado para lotes menores.

Quando se trabalha exclusivamente para terceiros (a empresa não tem um produto próprio), a velocidade de atendimento para aqueles que nos contrata é um parâmetro de grande relevância, por isso devemos procurar saber se o “setup” da máquina (tempo de preparação para usinagem – torneamento de castanhas, zeramento das ferramentas) é fácil de ser feito. Para pequenos lotes o tempo de usinagem é insignificante quando comparado com o tempo de preparação de máquina que é o mesmo nos dois casos.

Para apoiar na decisão a respeito de se investir ou não na tecnologia a CNC na manufatura de peças, as seguintes perguntas podem servir como orientação:

- As peças são complexas?
- As velocidades de corte são elevadas ?
- O tempo de usinagem é elevado ?
- As peças têm tolerâncias difíceis de serem obtidas em máquinas convencionais ?
- Os lotes são pequenos ou médios ?
- Os lotes se repetem com frequência ?
- Há necessidades de mudanças frequentes na peças ?
- O controle de qualidade é demorado e muito caro ?

Para cada item relacionado seria possível tecer uma série de considerações pertinentes, porém de um modo geral, se a maioria das respostas forem afirmativas, a tendência será o uso do CNC, salvo resultado negativo de um estudo mais profundo.

5. COMPETÊNCIAS NECESSÁRIAS PARA UTILIZAÇÃO DO CNC

Mesmo sem se aprofundar neste assunto, podemos perceber em uma visão mais moderna sobre o tema que as competências requeridas em situação normal não são as mesmas exigidas em situação de perturbação, que de certa forma está presente nas definições de alguns autores

como por exemplo: "*É uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos, mas sem limitar-se a eles*".(PERRENOUD, 1999, p.7).

Dentre os objetos deste trabalho, tivemos o de mapear parte do mercado de CNC do Rio de Janeiro com a finalidade de investigar o perfil do profissional que está sendo usado neste segmento e para isto foi elaborado um questionário que está sendo aplicado dentro de empresas do Rio de Janeiro que migraram do sistema convencional para CNC.

5.1 Formação dos programadores

O programador de uma máquina a CNC é provavelmente o único cargo a ser criado na implantação desta nova tecnologia, e deve ser escolhido dentro da própria empresa, como um profissional que possui conhecimentos de todos os produtos que serão manufaturados pelo novo sistema.

Durante algum tempo se defendia a idéia de recorrer a serviços de terceiros na área de programação, porém normalmente gera dificuldades, pois o Comando Numérico exige a presença do programador continuamente ao seu lado, fazendo as modificações visando sempre à máxima otimização necessária para se obter uma peça com alta qualidade, confeccionada em um curto tempo e de maneira econômica.

Parte desse documento foi direcionada a colher informações sobre o profissional atua na área de programação de torno à cnc e centro de usinagem à cnc e teve como origem os conteúdos programáticos dos referidos cursos. Abaixo temos os conteúdos programáticos usados no CEFET/RJ nas matérias:

- Automação em Usinagem 1 do curso técnico de mecânica;
- Automação em usinagem 2 do curso técnico de mecânica;
- Automação industrial I do curso de engenharia mecânica;
- Automação industrial III do curso de engenharia de produção.

Esses conteúdos têm vários pontos em comum com outros pesquisados em outras instituições que ministram também conteúdos dentro deste segmento, com pequenas variações.

Conteúdo programático – Programador de torno a CNC

- Fases de Programação
- Máquinas a Comando Numérico (Tornos e centro de torneamento a CNC);
- Sistemas de Coordenadas
- Parâmetros de Corte para Torneamento
- Procedimentos para Elaboração do Esquema de Ferramentas para Torno CNC
- Funções de Programação da unidade MACH 9/CENTUR 30D - ROMI

Programas-tarefa:

- Faceamento
- Torneamento Cilíndrico
- Torneamento Cônico
- Abertura de Canais
- Abertura de Roscas simples e múltipla
- Interpolação Circular
- Usinagem Interna
- Programa usando contraponta
- Uso de ciclos fixos
- Demonstração de procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas.

- Procedimentos Gerais para a Usinagem de uma Peça (teste de programa e elaboração de gráficos)
- Usinagem de 3 tarefas contendo todas as operações programadas durante o curso
- Modificação de Corretores

Conteúdo programático – Programador de centro. de usinagem a CNC

- Fases de Programação
- Máquinas a Comando Numérico (Fresadoras e centro de usinagem a CNC);
- Sistemas de Coordenadas
- Parâmetros de Corte para Fresagem
- Procedimentos para Elaboração do Esquema de Ferram. para C. de Usinagem a CNC
- Funções de Programação da unidade MACH 9/DISCOVERY - ROMI

Programas-tarefa:

- Fresagem de superfície
- Fresagem de contorno usando interpolação linear e circular
- Furação simples e com quebra-cavaco
- Mandrilamento
- Abertura de Roscas
- Sub-Rotinas
- Retículos Lineares e Circulares
- Demonstração de procedimentos operacionais : Zeramento da máquina, Zero-peça, zeramento das ferramentas e preenchimento de tabelas.
- Procedimentos Gerais para a Usinagem de uma Peça (teste de programa e elaboração de graficos.
- Usinagem de 3 tarefas contendo todas as operações programadas durante o curso
- Modificação de Corretores

Atributos básicos necessários ao programador

Ao se procurar um funcionário com o perfil ideal para ocupar o cargo de programador dentro da empresa, pode-se estabelecer como conhecimentos desejáveis: possuir no mínimo curso de mecânica, ter grande domínio de geometria e trigonometria, possuir sólidos conhecimentos em desenho técnico de mecânica, possuir domínio no manuseio de instrumentos de metrologia, possuir conhecimentos de usinagem, possuir sólidos conhecimentos em ferramentas de Metal Duro, possuir sólidos conhecimentos de programação/operação da máquina, ter noções de pneumática e hidráulica, ser criativo, ter facilidade de transmitir os conhecimentos adquiridos e conhecer sistemas de fixação e de dispositivos especiais. Todos estes atributos foram transformados em perguntas para permitir uma tabulação ao final da pesquisa.

Para identificar o grau de dificuldade nas principais atividades executadas pelo programador foi também usado a primeira parte do item 3.8 do questionário com o seguinte enunciado:

“Na relação a seguir, qual o grau de dificuldade encontrado durante a atividade de programação ou operação do equipamento a CNC ? Muita dificuldade – MD; Pouca dificuldade – PD; Sem dificuldade – SD”

Falta de conhecimentos de informática (diretório, arquivar, visualizar, ”deletar”, etc.)	
Cálculo de pontos no desenho para a programação (domínio de geometria e	

trigonometria)	
Leitura e interpretação do desenho técnico (normas, erros de forma e posição)	
Domínio do uso de tabelas (rugosidade, potência, gama, prof. De corte, avanço)	
Escolha da ferramenta ideal a ser usada na usinagem	
Conhecimentos de usinagem	
Escolha dos parâmetros de corte a serem usados na usinagem	
Escolha do tipo de coordenada a ser usada na programação	
Características físicas da máquina a CNC	
Otimização do programa	
Entendimento de cada função de programação usada pelo comando	
Outra dificuldade não listada:	

Primeira parte do item 3.7 do questionário elaborado pelo autor

Como a tendência das empresas que adquirem máquinas a CNC é de adquirirem também sistemas de programação assistida (com o uso do computador), é desejável que o programador tenha conhecimentos em microinformática.

Também no caso do programador as habilidades da segunda parte do item 3.7 do questionário foram também questionadas, pois encontramos no mercado pesquisado profissionais com as duas características.

6. CONSIDERAÇÕES SOBRE A PESQUISA DO PERFIL PROFISSIONAL

Sabemos que na busca constante para se reduzir custo de um produto manufaturado, lançamos mão de varias estratégias para se otimizar um processo de produção e que a maioria dessas estratégias sempre se deparam com as limitações humanas. Com a amostra de 12 empresas, identificamos em 80% apenas o primeiro grau para a função de operador .

Tomando como base a amostra coletada, podemos dizer que o mercado de CNC tem como grande dificuldade o baixo nível de escolaridade das pessoas que operam e programam estes tipos de equipamento. Alguns empresários, acham que por termos adquirido um equipamento de alta tecnologia, a qualificação do operador não tem muita importância.

Não podemos nunca esquecer que quando implantamos uma maquina a CNC, os conhecimentos tecnológicos anteriores são fundamentais para um melhor aproveitamento do equipamento. Em alguns casos observamos que a experiência profissional da mão-de-obra usada em CNC não foi oriunda de áreas afins.

Em uma das configurações encontradas(várias maquinas a CNC) observamos que existe um programador para todas as máquinas. Este programador após fazer todos os testes entrega a máquina para o operador. Como o tempo de programação é muito curto, seu tempo ocioso é usado para outras tarefas. Neste modelo, o operador tem pouca autonomia e quando existe problema durante a usinagem, o auxílio do programador às vezes demora o que dificulta o processo.

Das doze empresas já visitadas, em três delas consideradas como empresas de precisão, observamos que existe um profissional para cada máquina e este faz o papel de programador/operador, ou seja acompanha todo o processo. Esta deve ser a tendência a ser adotada por outras empresa, pois este modelo, embora um pouco mais caro é mais ágil.

O pouco conhecimento no uso de ferramentas de corte com tecnologia do metal duro, foi uma grande deficiência encontrada na pesquisa na maioria das empresas.

Para melhor evidenciar a certeza de que existe um grande crescimento neste setor, temos uma pesquisa feita pela revista MAQUINAS e METAIS que mostra que desde a primeira pesquisa, em 1992, o número de empresas sobre as quais é feita a projeção dos dados cresceu mais de quatro vezes: passou de 1.728 para 7.807 e houve 43,6% de aumento no número de máquinas CNC encontradas.

Em todas as empresas visitadas para aplicação do questionário, verificamos que após o primeiro investimento feito em equipamentos a CNC, as empresas no mínimo duplicaram o número deste tipo de máquina dentro da fabrica, o que torna mais do que evidente que em um mercado tão competitivo e a cada vez mais exigente, não existe outra alternativa senão a introdução de máquinas automatizadas com a filosofia do CNC.

Em resumo: Competir sem automatizar pode ser um sonho irrealizável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Marco, **Metodologia da Pesquisa**, Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2001

SUZIGAN, Wilson, **Indústria Brasileira: Origem e Desenvolvimento**, S. Paulo, Editora Brasiliense, 1986.

SIMA, A. F.; “ Máquinas de Controle Numérico”. In: **Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização Tecnologia e Recursos Humanos**, pp. 137-155, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.

CUNHA, Luiz Sérgio Salles e CAULIRAUX, Heitor M, **Manufatura Integrada por Computador: Sistemas Integrados de Produção: Estratégia, Organização Tecnologia e Recursos Humanos**, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1995.

JANSEN, John Julio; FERREIRA, Áureo C.; AHRENS, Carlos. **Curso programação de máquinas CN assistida por computador**. São Paulo, SOBRACON, 1988.

ARRUDA, José J. A. **A Revolução Industrial**. São Paulo, Ática, 1988.

SENAI/RJ, “ Parâmetros de Corte para Torneamento”. In: *Tecnologia do Metal Duro*, pp13, Rio de Janeiro: DET, 1985.

SENAI/RJ, **Evolução do Comando Numérico**, Rio de Janeiro: DET, 1985.

GONCALVES, E. L. Z., **Histórico do Comando Numérico**. Seminário sobre Comando Numérico na Manufatura, Petrópolis, SENAI/RJ, 1991.

LE BUTERF, Guy, **Desenvolvendo a competência dos profissionais**, Editora Artmed, Porto Alegre, 2003.

ZARIFIAN, Philippe, **Objetivo Competência – Por Uma Nova Lógica**, Editora Atlas, São Paulo, 2001.

MÁQUINAS E METAIS, Ed. Aranda Técnica , Exemplar 342 – Nov./1994, Pp 122-131.

MÁQUINAS E METAIS, Ed. Aranda Técnica , Exemplar 382 – Nov./1997, Pp 18-34.

MÁQUINAS E METAIS, Ed. Aranda Técnica , Exemplar 381 – Out./1997, Pp 46-68.

TIDD Joe, BESSANT John, PAVITT Keith. **Managing Innovation**. Integrating Technology Review. June/july 1978. Pp 41-47.

LUNDEVALL Bent-Ake, **The Globalising Learning Economy: Implications for Small and Medium Sized Enterprises**. Aalborg University.1978

SCHEER, A.W., **Evoluindo para a Fábrica do Futuro**, Rio de Janeiro, Qualitymark, 1993.

DINIZ, A.Z., Máquinas CNC, Aspectos Construtivos, Operação e Aplicação, **Boletim SOBRACON** (Sociedade Brasileira de Controle Numérico), nº 48, São Paulo, 1990.

SOBRACON . **Retrospectiva da década de 80 do setor da automação industrial**. São Paulo, 1990.

PERRENOUD, Philippe. **Construir as competências desde a escola**. Porto Alegre: Ates Medicas sul, 1999.

SILVA, Sidnei Domingues da. **CNC Programação de Comandos Numéricos Computadorizados:Torneamento** . 2 ed. São Paulo: Editora Érica, 2003

Telecurso 2000 Profissionalizante. Automação – Volume 2 , Fundação Roberto Marinho

INNOVATION IN THE PRODUCTIVE PROCESS IN THE SEGMENT MECHANICAL METAL WITH USE OF TECHNOLOGY CNC (RESEARCHES OF THE PROFESSIONAL PROFILE)

Abstract: *This work has the objective of showing the treatment given to the process innovation in companies of small and medium load through a research with use of applied questionnaire in interview for the author. With the purpose to locate the reader about the innovation happened in the studied companies, the work tells in the beginning some considerations on CNC - computer numerical control - and displays as this technology brought relevant impacts in the society in the economical and social aspects and mainly in the industrial production, changing then the obtained results and the need of a more qualified hand labor. The types of CNC are described with their respective characteristics and industrial applications. With the obtained data of the research the paper tries to show the some authors' thought that study the several innovation forms and to end, in the author's view, what could be made in an optimized way.*

Key-Words: *Innovation, Automation of the manufacture, CNC, Optimization, Flexibility.*