

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG
ENGENHARIA MECÂNICA
BRAZ JOSÉ DUARTE BORGES

**FORMAÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE USINAGEM EM TORNO
AUTOMÁTICO CONVENCIONAL X TORNO AUTOMÁTICO CNC**

Varginha – MG
2011

Grupo Educacional UNIS

FEPESMIG

BRAZ JOSÉ DUARTE BORGES

**FORMAÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE USINAGEM EM TORNO
AUTOMÁTICO CONVENCIONAL X TORNO AUTOMÁTICO CNC**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob orientação do Prof. Antônio Grama

**Varginha – MG
2011**

FEPESMIG

BRAZ JOSÉ DUARTE BORGES

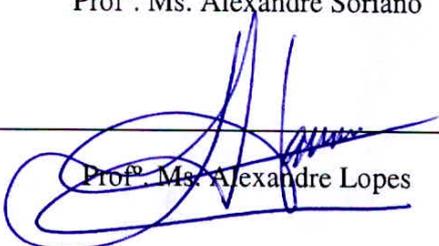
**FORMAÇÃO DE CUSTO NO PROCESSO DE USINAGEM EM TORNO
AUTOMÁTICO CONVENCIONAL X TORNO AUTOMÁTICO CNC**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico pela banca Examinadora composta pelos membros Prof. Antônio Grama Ms. Alexandre Soriano, e Prof. Ms. Alexandre Lopes.

Aprovado em / /

Prof. Esp. Antônio Grama

Prof. Ms. Alexandre Soriano


Prof. Ms. Alexandre Lopes

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria. Depois a minha família pela compreensão e ajuda durante todo o período deste curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, que se empenharam para transmitir o máximo de conhecimento possível para minha formação. Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma maquina utilizável, mas não uma especialidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. Deve aprender a compreender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar a seus próximos e a comunidade.”

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho propõe uma abordagem para a consideração dos custos e da formação de preço empregada na otimização das condições econômicas de usinagem para o processo mecânico de torneamento. Determinar a viabilidade econômica bem como garantir a qualidade do produto e fazer a escolha do equipamento máquina ferramenta que melhor atenda o processo de fabricação. A teoria apresenta os conceitos, as formas e os modelos de sistema de formação de custos usados nas empresas. Aplicado em uma empresa de usinagem, onde foram coletados dados de um lote de êmbolos para conjunto de freios automotivos. Foram obtidos dados coletados em tornos automáticos convencionais e torno automático CNC. Os resultados das coletas de dados foram comparados com a finalidade de mostrar a necessidade de se optar por usinagem em torno CNC.

Palavras-chaves- apuração de custos e formação de preços

ABSTRACT

This work proposes an approach to the consideration of the costs and the formation of price used in the optimization of the economic conditions of machining for the mechanical process of turning. Determine the economic viability as well as ensuring the quality of the product and make the choice of equipment machine tool that best fulfills the manufacturing process. The theory presents the concepts, forms and models of arrangements for the training of costs used in companies. Applied in a company of machining, where data were collected on a lot of pistons for set of automobile brake. Data were obtained from collected in automatic lathes and conventional around automatic CNC. The results of data collections were purchased for the purpose of showing the need to opt for machining around CNC.

Key Words- *calculation of costs and price formation*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Torno Automático monofuso com alimentador	14
Figura 2 – Torno automático multifuso com alimentador	15
Figura 3 – Torno automático CNC, monofuso, fixado por pinça,.....	15
Figura 4 – Carros Porta Ferramentas	16
Figura 5 – Painel de Torno Ergomat com Potenciômetro	17
Figura 6 – Cames para Tornos Automáticos	17
Figura 7 – Torno Automático CNC Cabeçote Móvel.....	19
Figura 8 – Torno CNC de Carros Múltiplos.....	20
Figura 9 - Torno Automático Multifuso convencional.....	21
Figura 10 – Carros Múltiplos, Multifuso convencional	21
Figura 11- Cames	22
Figura 12 –Torno Automático Multifusos CNC.....	23
Figura 13 – Porta Ferramentas do Torno Automático.....	23
Figura 14 – Painel de Comandos.....	24
Figura 15 – Alimentador Automático de Barras	25
Figura 16 – Ferramentas para Torno Automático Multifuso.....	35
Figura 17 – Ferramentas intercambiáveis para Multifuso CNC.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo Total de usinagem - Multifuso Cames	28
Tabela 2 – Tempo Total de Usinagem - Multifuso CNC	28
Tabela 3 – Custo da Mão-de-Obra - Multifuso Cames	31
Tabela 4 – Custo da Mão-de-Obra Multifuso CNC	31
Tabela 5 – Custo da Máquina por Peça Multifuso Cames	33
Tabela 6 – Custo da Máquina por Peça Multifuso CNC	34
Tabela 7 – Custo da Ferramenta por Peça	35
Tabela 8 – Custo da Ferramenta por Peça Multifuso CNC	38
Tabela 9 – Custo de Produção por Peça Multifuso Cames.....	39
Tabela 10 – Custo de Produção por Peça Multifuso CNC	40

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
2 PROCESSO DE USINAGEM	13
2.1 Torneamento	13
3 TORNOS AUTOMÁTICOS	13
3.1 Classificação dos Tornos Automáticos	14
3.2 Torno Automático Convencional	15
3.3 Torno Automático CNC	18
3.3.1 Torno Automático CNC de Cabeçote Móvel	18
3.3.2 Torno automático CNC de Carros Múltiplos	19
3.4 Tornos Automático Multifusos Convencionais	20
3.5 Torno Automático Multifuso CNC	22
3.5 Usinagem de Peças a partir de Barras	24
4 ESCOLHA DA MÁQUINA IDEAL	25
5 ANÁLISE DAS CONDIÇÕES ECONÔMICAS DE USINAGEM	26
5.1 Ciclos e Tempos de Usinagem	27
5.2 Custos de Produção	29
5.2.1 Custo da Mão-de-Obra	30
5.2.2 Custo da Máquina.....	32
5.2.3 Custo do Ferramental.....	34
CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

INTRODUÇÃO

O processo mecânico de usinagem o qual a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta deslocando simultaneamente seguindo uma trajetória perpendicular ao referido eixo é destinado para a obtenção de peças torneadas de superfície com revolução. Uma das operações muito utilizada na indústria mecânica é o torneamento, por ele é possível conseguir grande número de formas, desde as mais simples, às mais complexas. Outra vantagem deste processo é a grande facilidade para remoção de material (cavaco). Quando se trata de torneamento de desbaste, é realizado com valores altos de avanço e profundidade de corte; e quando se trata de acabamento retira-se menor quantidade de material e realizado com valores baixos de avanço e profundidade de corte, neste caso a preocupação é maior com as dimensões formadas e não com a quantidade ou rapidez que o material deve ser retirado, observa-se a qualidade da peça usinada.

Para ser consumida em larga escala diversas peças e componentes deverão atingir certa credibilidade, suficiente para garantir a qualidade do produto. Na maioria das vezes são fabricados em épocas diferentes e em fábricas diferentes, mas deve ser mantida a mesma eficiência da peça original. Tudo isso deve ser feito com o menor custo possível.

Empresas do ramo de usinagem, não diferentes da maioria estabelecidas, são obrigadas a seguir um preço determinado pelo mercado. Para isso muitas vezes se vêm obrigadas a reduzirem seus lucros, visto que há uma grande competitividade, porém a qualidade deverá ser mantida, pois o mercado já estabeleceu um padrão e inúmeros são os casos em que a qualidade do produto está diretamente ligada à segurança das pessoas que o utilizam, já que esta peça ou componentes estão a eles inseridos. Uma saída é o melhoramento contínuo do processo, otimização, dentro deste processo leva-se em consideração a formação de custos de produção de uma peça, alguns itens como o tipo de máquina ferramental, a máxima eficiência do equipamento, a escolha da melhor velocidade de corte e outros. A proposta deste trabalho é determinar através da formação de custo para o processo de torneamento levando em consideração os custos diretos, e conceitos como melhor velocidade de corte com intervalos de máxima eficiência e determinar a utilização do equipamento, máquina-ferramenta mais apropriada para tal tipo de peça. O resultado dos valores deverá ser aplicado em tornos automáticos convencionais e tornos automáticos CNC.

2 PROCESSOS DE USINAGEM

Aplica-se a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção de material sob a forma de cavaco, (DIN 8580); confere forma, dimensão e acabamento a peça através da remoção de material. O cavaco, porção irregular de material da peça, é determinado pela ferramenta. O estudo da usinagem é baseado na mecânica (atrito e deformação), na termodinâmica (calor) e nas propriedades dos materiais

Segundo Ferraresi (2009 p I) “[...] como operações de usinagem entendemos aquela que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou acabamento, ou ainda uma combinação qualquer destes três itens, produzem cavaco. Definimos cavaco, a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular.”

2.1 Torneamento

Processo de usinagem onde a peça executa o movimento de corte rotativo e a ferramenta o movimento translativo de avanço. Geralmente utilizado na fabricação de peças simétricas de revolução.

Segundo Rossi (1970 p 8) “[...] torneamento consiste em perfilar, em volta de um eixo, um sólido em rotação. Empregam-se tornos que por meio de utensílios (ferramentas) mono-cortante (Isto é, ferramenta de um único gume) efetuam a operação.

“O movimento principal cabe a peça em rotação, e o secundário de avanços, cabe ao utensílio.”

3 TORNOS AUTOMÁTICOS

Torno automático é uma máquina-ferramenta que possibilita a fabricação de peças cilíndricas, automaticamente, de maneira seriada e contínua, ou seja, desde a entrada da matéria prima em bruto até a elaboração do produto final sem interferência humana no processo produtivo.

3.1 Classificações dos Tornos Automáticos

Desde a construção dos primeiros tornos automáticos acionados através de cames no fim do século XIX até os modernos centros de torneamento a comando numérico, diversos conceitos e tamanhos deste tipo de máquina-ferramenta são utilizados pelas indústrias no mundo inteiro. Os tornos automáticos são desenvolvidos em função das características das peças a serem produzidas, como tamanho, geometria, tolerância, acabamento superficial material, além dos tamanhos dos lotes a serem fabricados. Os primeiros tipos de tornos automáticos se classificam de acordo com as seguintes características:

- Número de fusos (monofusos, bifusos e multifusos)
- Tipo de cabeçote (fixo e móvel)
- Posição do fuso principal (horizontal e vertical)
- Tipo de acionamento (cames, pneumático, hidráulico e CNC)
- Forma de alimentação do material bruto (a partir de barras, arames e peças pré-formadas)
- Tipo de fixação (pinça, placa, arrastador frontal e outros dispositivos especiais)



Figura 1 – Torno Automático monofuso com alimentador de Barras e cabeçote móvel, fuso horizontal acionado por cames Fixado por pinças
Fonte: Tormep



Figura 2 – Torno automático multifuso com alimentador de Barras e cabeçote fixo, fuso horizontal acionado por cames Fixado por pinças
Fonte: Tormep



Figura 3 – Torno automático CNC, monofuso, fixado por pinça, Cabeçote móvel, com alimentador de barras e fuso horizontal
Fonte: Tormep

3.2 Torno Automático Convencional

Os tornos automáticos convencionais têm seus movimentos mecânicos realizados através de cames. Cada carro porta-ferramenta e demais partes móveis, como encosto do material, conjunto de acionamento da fixação do material e outro, tem para si um came. A

grande maioria dos tornos automáticos acionados através de cames possui vários carros (porta ferramentas) que se movimentam perpendicularmente ao eixo principal, que executam operações de sangramento, perfilamento, usinagem de recartilha, e operações finais de corte. As operações como furações, e rosqueamentos, são acionadas através de cames que movimentam o carro no sentido axial ao eixo principal, dispositivos conjugados para realizar um maior número de operações de furação, alargamento, como por exemplo, o dispositivo revolver estrela que desliza sobre dois eixos cilíndricos ou guias planas, geralmente fixados em tambores porta cames que são ajustados dos eixos de comando. O giro completo do eixo de comando determina o ciclo para se fabricar uma peça. O trabalho contínuo sem interrupções determina a produção seriada do torno automático e a produção horária é calculada através de parâmetros de corte, como velocidade de corte e avanços, que é determinada em função do material que está sendo usinado. Cada material tem sua velocidade de corte específica. O fuso principal é acionado por um comando de transmissão geralmente polia e correias ligadas diretamente ao motor. Máquinas mais modernas geralmente utilizam motores com inversores de frequência que permitem melhor ajuste da rotação do fuso principal sem escalonamento, isso é feito através de um potenciômetro. Os eixos de comando são acionados por parafusos sem fim e uma coroa. A produção nas máquinas mais antigas é controlada através de trocas de engrenagens, atualmente usam-se os servos-motores, que podem se ajustar a produção diária sem escalonamento, através de um potenciômetro.



Figura 4 – Carros Porta Ferramentas
Fonte: Ergomat



Figura 5 – Painel de Torno com Potenciômetro
Fonte: Tormep



Figura 6 – Cames para Tornos Automáticos
Fonte: Tormep

Vantagens dos tornos automáticos:

- Economia na mão-de-obra – um operador pode cuidar de várias máquinas.
- Produção constante – por não depender da habilidade do operador, uma vez ajustada, a máquina entrega a quantidade de peças planejadas no final de cada turno.
- Qualidade constante das peças usinadas – o torno sempre trabalhará com os mesmos avanços, compatíveis com material a ser usinado, a operação e as ferramentas de corte.

- Desgastes constantes da ferramenta de corte – como o trabalho é automático o ciclo de desgaste da ferramenta será constante, podendo-se planejar as ferramentas reservas e suas afiações. O desgaste da ferramenta de corte depende do avanço de usinagem.

3.3 Torno Automático CNC

Os tornos automáticos CNC começaram a ser aplicados como tornos automáticos. Inicialmente como tornos para usinagens de peças a partir de barras e mais tarde a produção de peças pré-formadas pela utilização de manipuladores de pórticos e robôs articulados. O torno universal CNC clássico de dois eixos é composto por um fuso principal, uma torre porta-ferramenta com diversas estações e uma contra-ponta. Este tipo de torno tem aplicação restrita a produção pequena e peças não muito complexas.

3.3.1 Torno Automático CNC de Cabeçote Móvel

São máquinas que possibilitam a usinagem de peças precisas e de alta complexidade, com diversos eixos lineares e circulares controlados pelo CNC, contra-fuso e ferramenta acionada garantem elevada versatilidade da máquina. Podem chegar até 15 eixos controlados pelo CNC, construídos para a usinagem de barras de até 32 mm de diâmetro. São aplicados na produção de peças seriadas de precisão para as indústrias automotivas, eletrodomésticos, aparelhos de medição de alta precisão, componentes para equipamento hospitalares, e micro usinagem em geral.



Figura 7 – Torno Automático CNC Cabeçote Móvel
Fonte: Tormep

3.3.2 Torno automático CNC de Carros Múltiplos

Para dar maior flexibilidade aos trabalhos das tornearias automáticas, foram desenvolvidos os tornos CNC de carros múltiplos, além de proporcionar todas as vantagens oferecidas pela tecnologia do comando numérico. O conceito de funcionamento é o mesmo do torno automático convencional, porém em vez de cames, o porta-ferramenta e a torre são acionados através de um conjunto de servo-motor, eixos de esferas circulantes controlado pelo comando numérico. Nesta condição é possível programar cada eixo linear de forma independente, podendo trabalhar diversos deles de forma simultânea, proporciona o menor tempo de preparação do equipamento, rápidos ciclos de trabalho, além de vantagens como, rápida alteração de programas para alterar dimensões e parâmetros de corte, correções de medidas por desgaste da ferramenta de corte, indicação de alarmes e falhas e outras. São máquinas indicadas para produções seriadas, onde possibilita simultaneidade de operações e necessidade de flexibilidade no trabalho.

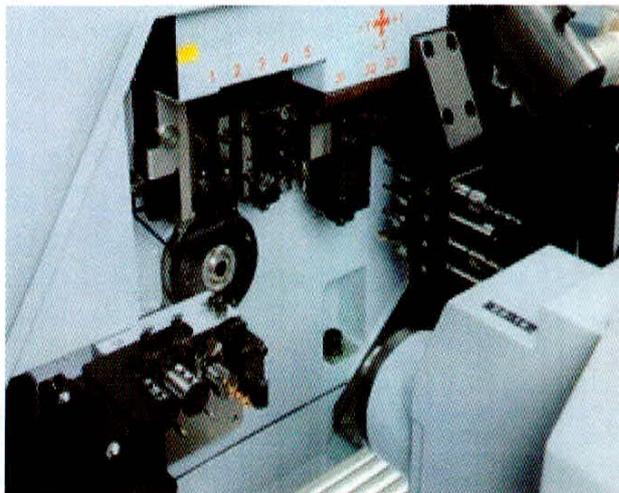


Figura 8 – Torno CNC de Carros Múltiplos
Fonte: Tormep

3.4 Tornos Automáticos Multifusos Convencionais

Os tornos automáticos multifusos estão hoje disponíveis em 5, 6 e 8 fusos. São aplicados na fabricação de grandes lotes. Na posição de cada fuso de trabalho são executadas as operações de usinagem de forma simultânea, determinando os curtos tempos de ciclos de produção. Com carros transversais dispostos ao lado de cada fuso realizam-se trabalho de forma a copiar o diâmetro externo das peças, e carros longitudinais na frente de cada fuso, que executam operações de furar, rosquear, alargar e outras. Os multifusos convencionais tem seu porta ferramentas acionado através de cames. O tempo de preparação da máquina é grande devido às características física do equipamento.



Figura 9 - Torno Automático Multifuso convencional
Fonte: Tornos

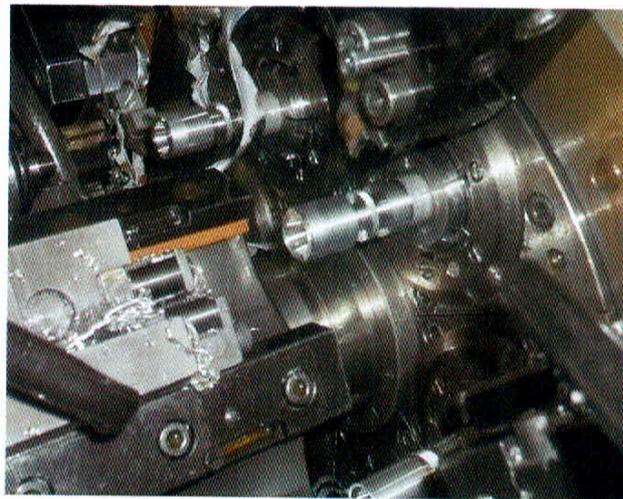


Figura 10 – Carros Múltiplos, Multifuso convencional
Fonte: Tormep

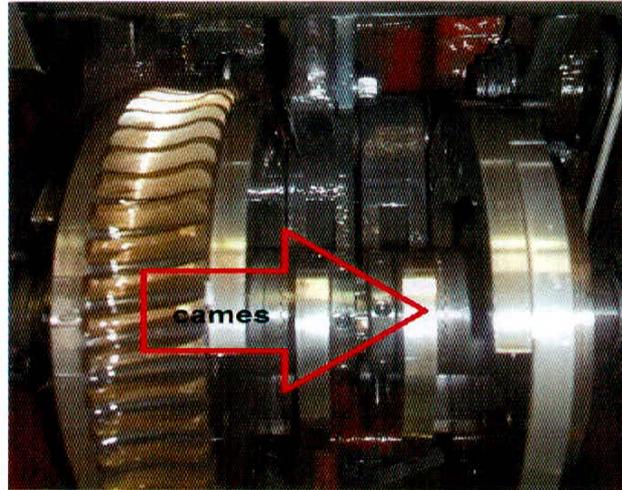


Figura 11- Cames
Fonte: Tormep

3.5 Torno Automático Multifuso CNC

A utilização de torno multifusos automático CNC, permite uma preparação mais rápida da máquina tornando a sua aplicação mais rápida e flexível na usinagem de diferentes tipos de peças ou de famílias de peças semelhantes, além das demais vantagens da tecnologia do comando numérico. A utilização de porta-ferramenta de troca rápida também possibilita uma maior rapidez na preparação da máquina. Em geral são usados para fabricação de peças a partir de barras embora possibilite diversas aplicações. É mais utilizado na indústria de peças automotivas e na produção de autopeças.



Figura 12 – Torno Automático Multifusos CNC

Fonte: Tormep

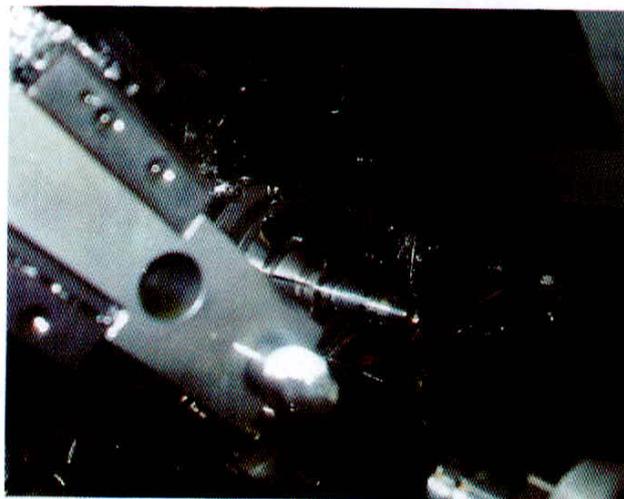


Figura 13 – Porta Ferramentas do Torno Automático Multifuso CNC

Fonte: Tormep



Figura 14 – Painel de Comandos
Fonte: Tormep

3.5 Usinagens de Peças a partir de Barras

Em geral as máquinas para os trabalhos de médias e grandes séries, trabalham com barras de 3 metros de comprimento, e até 60 mm de diâmetro. A partir deste diâmetro é recomendável usinar as peças em pedaços pré-cortados

O primeiro cuidado a se tomar quando se usina peças a partir de barras, é quanto à retilidade delas. Barras não retilíneas, geram vibrações que varia com a velocidade do fuso principal, provocando variações de medidas, imperfeições no acabamento superficial, interferência no funcionamento da máquina e conseqüentemente diminuição de sua vida. Outro cuidado de fundamental importância é o da qualidade superficial das barras, de forma geral os tornos automáticos utilizam pinças de fixação podendo ser para barras redondas ou barras perfiladas como sextavada e quadrada. Como as barras deslizam sobre a superfície de fixação da pinça durante a fase de alimentação para produzir uma nova peça, a qualidade superficial das barras deve ser tal para evitar o desgaste da pinça, e a quebra dos elementos de fixação e garantir a precisão das peças usinadas. Em alguns casos de peças de altíssima precisão usa-se barras retificadas. Barras em más condições de uso fazem com que se limitem as rotações do fuso principal em níveis menores daquelas ideais, acarretando em menor tempo do ciclo de trabalho, maiores desgastes das ferramentas de corte, prejuízo da qualidade superficial, além de outros já citados.

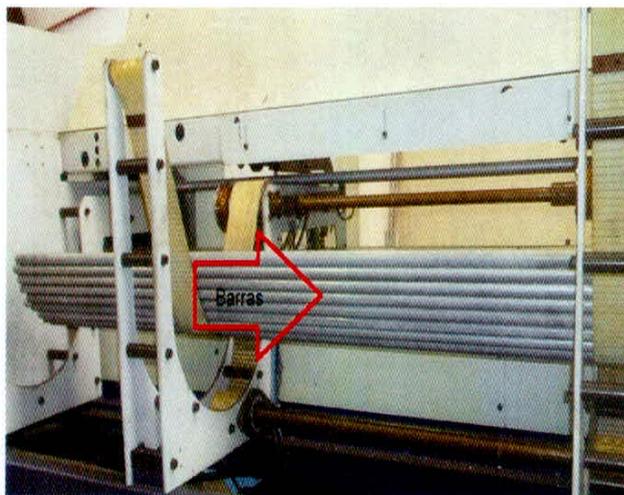


Figura 15 – Alimentador Automático de Barras
 Fonte: Tormep

4 ESCOLHA DA MÁQUINA IDEAL

Existem inúmeros tipos e conceitos de máquinas-ferramenta, desde as convencionais, puramente mecânicas, até as modernas tecnologias de comando numérico que possibilitam a usinagem complexa numa única fixação, inclusive de peças complexas eliminando operações posteriores em outras máquinas. Para se investir em uma máquina ferramenta diversos pontos devem ser analisados com o objetivo de conseguir melhores resultados, técnicos e econômicos. São eles:

- Tamanho da peça em bruto
- Geometria da peça a ser produzido
- Tolerâncias
- Acabamento superficial
- Material a ser usinado
- Tamanho dos lotes
- Custo do processo

Para Rossi (1970 p10) “[...] para chegar à forma definitiva de um elemento podem ser necessárias diferentes operações mecânicas a serem processadas com varias maquinas

A escolha da maquina operatriz, que satisfaça as exigências tecnológicas, deve ser feita levando em consideração os seguintes fatores

- Acabamento da superfície a ser obtida
- Dimensões do elemento a ser usinado
- Quantidade de peças a serem produzidas
- “Precisão exigida.”

O equipamento escolhido será aquele que pela sua produtividade e seus aspectos econômicos levarem a melhor relação custo x benefício. Nem sempre ao se fazer um investimento em uma máquina o menor preço expressa o melhor resultado. A compra deve ser analisada sobre uma série de fatores de caráter técnico e econômico que levam ao melhor valor de custo de produção indicado pelos seguintes fatores:

- Custo do equipamento
- Custo do ferramental de corte
- Custo do meio refrigerante
- Custo com energia elétrica
- Custo com manutenção e peças
- Área ocupada pelo equipamento
- Características construtivas da máquina
- Processo de fabricação da peça
- Tempo do ciclo de fabricação
- Tempo de preparação do equipamento
- Conforto operacional para preparar e realizar manutenções
- Precisão e grau de acabamento superficial
- Capacidade de produzir peças por completo
- Necessidade de realizar operações posteriores

5 ANÁLISES DAS CONDIÇÕES ECONÔMICAS DE USINAGEM

Vamos analisar as condições de usinagem ao ser aplicada em dois equipamentos. Usaremos para este estudo a usinagem de um lote de (Z) peças usinadas em um torno automático multifuso acionado por cames e um lote de (Z) peças usinadas em torno automático multifuso acionado por comandos numéricos CNC. Neste processo iremos ver a vantagem de cada equipamento em relação ao comportamento das ferramentas e a formação

do custo de produção para que possa optar pelo uso de um ou outro equipamento no processo de fabricação de um determinado tipo de peça.

Segundo Rossi (1970 p 15) “[...] qualquer peça, de fato, pode ser realizada por uma máquina comum, ou semi-automática, ou automática, ou especial. Imaginamos ter todas estas máquinas a disposição, deverá ser tomada a decisão, na base de um orçamento econômico conveniente sobre a escolha do tipo de máquina mais rendosa para a produção.”

5.1 Ciclos e Tempos de Usinagem

O ciclo de usinagem de uma peça pertencente a um lote de Z peças é construído a partir do seguinte cálculo:

$$T_t = T_c + T_s + T_a + \frac{T_p}{Z} + \frac{N_t}{Z} \cdot T_{ft}$$

Onde

T_t = tempo total de usinagem de uma peça

T_c = tempo de corte

T_a = tempo secundário

T_p = tempo de preparo da máquina

T_{ft} = tempo de troca da ferramenta

N_t = número de troca da ferramenta durante a fabricação do lote

Z = quantidade de peças do lote

As tabelas a seguir representam os cálculos feitos com a mesma peça e lotes, com a mesma quantidade, usinados em equipamentos diferentes. O estudo apresentou os seguintes resultados quanto ao tempo de ciclo de cada máquina, torno multifuso acionado por cames x torno multifuso com comando numérico CNC.

Multifuso acionado por cames:

$$T_t = T_c + T_s + T_a + \frac{T_p}{Z} + \frac{N_t}{Z} \cdot T_{ft}$$

$$T_t = 28,85 + 10 + 20 + \frac{21600}{10000} + \frac{1}{10000} \cdot 2400$$

$$T_t = 61,25 \text{ segundos}$$

TEMPO TOTAL DE USINAGEM		
MULTIFUSO SAY - CAMES		
Tt - T. total de us. De 1 peça	61,25	Segundos
Tc - tempo de corte	28,85	Segundos
Ts - tempo secundário	10	Segundos
Ta - T. aprox. e afastamento	20	Segundos
Tp - T. preparo da maq.	21600	Segundos
Nt - Nº de troca de ferramenta	1	Unidade
Tft - tempo troca ferramenta	2400	Segundos
Z - tamanho do lote	10000	Unidade

Tabela 1 – Tempo Total de usinagem - Multifuso Cames

Fonte: O autor

Multifuso CNC:

$$T_t = T_c + T_s + T_a + \frac{T_p}{Z} + \frac{N_t}{Z} \cdot T_{ft}$$

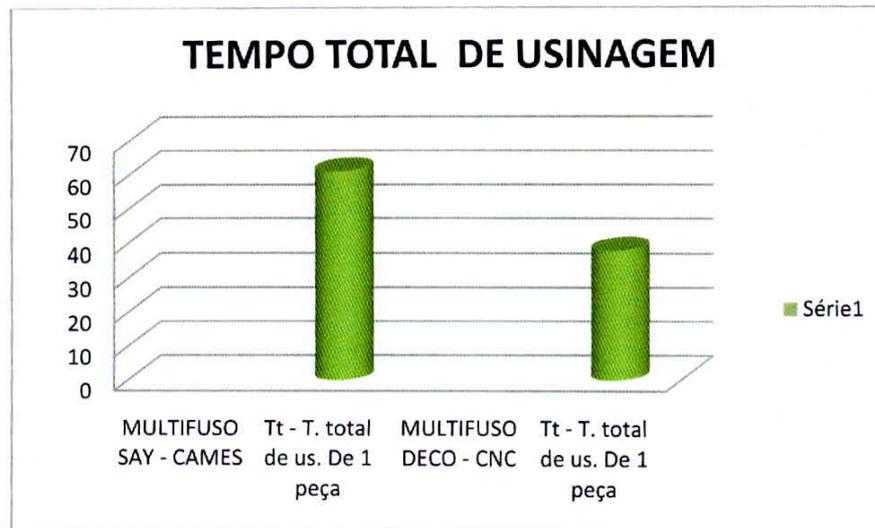
$$T_t = 25 + 6 + 6,5 + \frac{5400}{10000} + \frac{1}{10000} \cdot 300$$

$$T_t = 38,07 \text{ segundos}$$

TEMPO TOTAL DE USINAGEM		
MULTIFUSO DECO - CNC		
Tt - T. total de us. De 1 peça	38,07	Segundos
Tc - tempo de corte	25	Segundos
Ts - tempo secundário	6	Segundos
Ta - T. aprox. e afastamento	6,5	Segundos
Tp - T. preparo da maq.	5400	Segundos
Nt - Nº de troca de ferramenta	1	Unidade
Tft - tempo troca ferramenta	300	Segundos
Z - tamanho do lote	10000	Unidade

Tabela 2 – Tempo Total de Usinagem - Multifuso CNC

Fonte: O autor



Fonte: O autor

Nota-se que de acordo com os dados coletados nos dois equipamentos o cálculo apresentou uma vantagem expressiva em se optar pelo uso do torno CNC.

5.2 Custos de Produção

O custo direto de produção de uma peça é formado pelo custo da ferramenta, da máquina, da mão-de-obra do operador, e outros indiretos como controle de qualidade, custo da matéria prima, custo da mão-de-obra indireta etc.

Segundo Diniz (200 p 136) “[...] diversos são os custos envolvidos na produção de uma peça. Pode-se dividi-lo em duas categorias: aqueles devidos ao processo propriamente dito, como custo das ferramentas e custos de operação das máquinas e dos operadores e aqueles não diretamente envolvidos com o processo, como custo de controle de qualidade, custo da matéria-prima, custo da mão-de-obra indireta etc.

Para esta análise só é necessário considerar os custos diretos para usinagem de uma peça, são eles:

K_p = custo de produção por peça

K_{us} = custo da mão-de-obra de usinagem

K_{uf} = custo das ferramentas

K_{um} = custo da máquina

Então:

$$K_p = K_{us} + K_{um} + K_{uf}$$

5.2.1 Custo da Mão-de-obra

Para se calcular o custo da mão-de-obra na peça usa-se a seguinte expressão:

$$K_{us} = T_t \cdot \frac{Sh}{60}$$

Onde:

T_t = tempo total para fabricação da peça em minutos

Sh = salário e encargos do operador em horas

A seguir temos o custo da mão-de-obra para torno multifuso acionado por cames e multifuso CNC.

Multifuso acionado por cames:

$$K_{us} = T_t \cdot \frac{Sh}{60}$$

$$K_{us} = 1,02 \cdot \frac{8,3}{60}$$

$$K_{us} = 0,1411 \text{ reais}$$

CUSTO DA MÃO-DE-OBRA		
MULTIFUSO SAY - CAMES		
Tt =tempo total para fabricação da peça	1,02	Minutos
Sh = salário e encargos do op. Por hora	8,3	Real
Constante	60	
Kus = custo da mão-de-obra	0,1411	Real

Tabela 3 – Custo da Mão-de-obra - Multifuso Cames

Fonte: O autor

Multifuso CNC:

$$Kus = T_t \cdot \frac{Sh}{60}$$

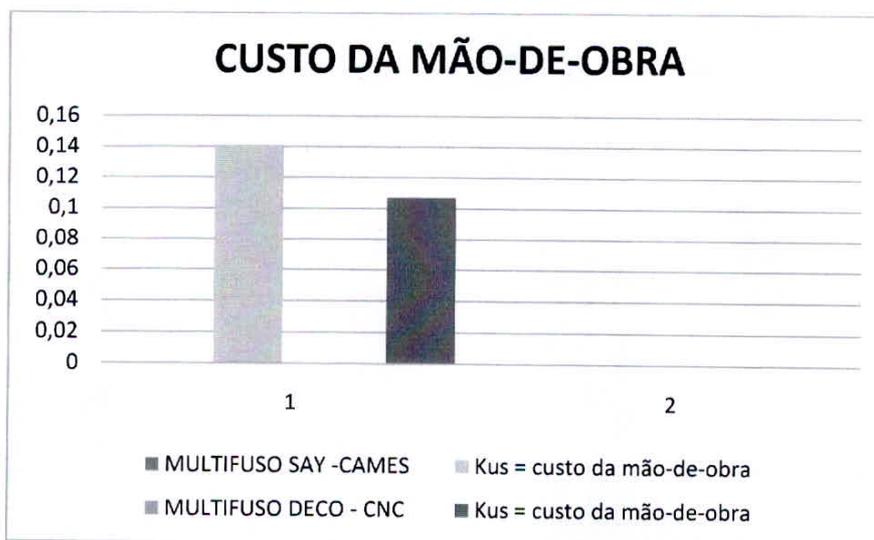
$$Kus = 0,63 \cdot \frac{10,2}{60}$$

$$Kus = 0,1071 \text{ reais}$$

CUSTO DA MÃO-DE-OBRA		
MULTIFUSO DECO - CNC		
Tt =tempo total para fabricação da peça	0,63	Minutos
Sh = salário e encargos do op. Por hora	10,2	Real
Constante	60	
Kus = custo da mão-de-obra	0,1071	Real

Tabela 4 – Custo da Mão-de-obra Multifuso CNC

Fonte: O autor



Fonte: O autor

Neste caso apesar do custo da mão-de-obra do operador ser maior para torno CNC o custo de mão-de-obra para a fabricação da peça é bem menor, isso se deve ao fato de que o torno CNC tem um tempo de produção por peça muito inferior, mostrando viabilidade econômica.

5.2.2 Custo da Máquina

O valor da hora máquina é calculado, e para a sua formação foram observados os seguintes critérios

- Valor inicial de aquisição da máquina
- Idade da máquina em ano
- Vida prevista pra máquina em anos
- Taxa de juros
- Custo anual de manutenção da máquina
- Espaço ocupado pela máquina em metros quadrados
- Custo do metro quadrado, espaço ocupado
- Número de horas de trabalho por ano

Multifuso acionado por cames:

$$K_{um} = \frac{T_t}{H \cdot 60} \cdot \left(\left(V_{mi} - V_{mi} \cdot \frac{M}{m} \right) \cdot j + \frac{V_{mi}}{M} + K_{mc} + E_m \cdot K_e \cdot j \right)$$

$$K_{um} = \frac{1,02}{4500 \cdot 60} \cdot \left(\left(1.000.000 - 1.000.000 \cdot \frac{20}{1} \right) \cdot 0,08 + \frac{1.000.000}{20} + 10.000 + 10 \cdot 120 \cdot 0,08 \right)$$

$K_{um} = 0,51414$ Reais

CUSTO DA MÁQUINA POR PEÇA		
MULTIFUSO SAY - CAMES		
Vmi = valor inicial da máquina	1000000	Real
m = idade da máquina em anos	1	Ano
M = vida prevista para máquinas em ano	20	Ano
j = taxa de juros por ano	0,08	%
Kmc = custo anual de manutenção	10000	Real
Em = espaço ocupado	10	m ²
Ke = preço do espaço	120	Real
H= número de horas de trabalho por ano	4500	Horas
Tt = tempo total de fabricação	1,02	Minutos
Kum = custo da maquina por peça	0,51414	Real

Tabela 5 – Custo da Máquina por Peça Multifuso Cames

Fonte: O autor

Multifuso CNC:

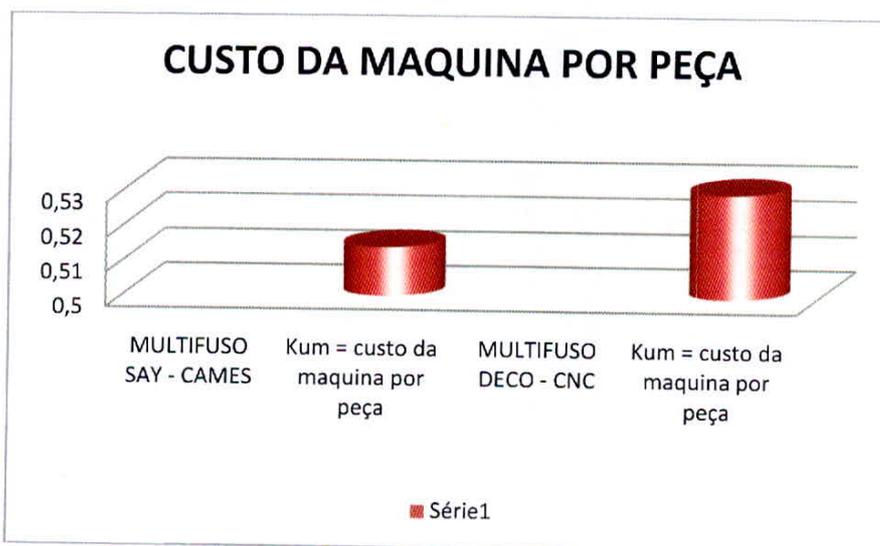
$$K_{um} = \frac{T_t}{H \cdot 60} \cdot \left(\left(V_{mi} - V_{mi} \cdot \frac{M}{m} \right) \cdot j + \frac{V_{mi}}{M} + K_{mc} + E_m \cdot K_e \cdot j \right)$$

$$K_{um} = \frac{0,63}{4500 \cdot 60} \cdot \left(\left(1.500.000 - 1.500.000 \cdot \frac{15}{1} \right) \cdot 0,08 + \frac{1.500.000}{20} + 15.000 + 10 \cdot 120 \cdot 0,08 \right)$$

$K_{um} = 0,51414$ Reais

CUSTO DA MÁQUINA POR PEÇA		
MULTIFUSO DECO - CNC		
Vmi = valor inicial da máquina	1500000	Real
m = idade da máquina em anos	1	Ano
M = vida prevista para máquinas em ano	15	Ano
j = taxa de juros por ano	0,08	%
Kmc = custo anual de manutenção	15000	Real
Em = espaço ocupado	10	m ²
Ke = preço do espaço	120	Real
H= número de horas de trabalho por ano	4500	Horas
Tt = tempo total de fabricação	0,63	Minutos
Kum = custo da maquina por peça	0,529891	Real

Tabela 6 – Custo da Máquina por Peça Multifuso CNC
 Fonte: O autor



Fonte: O autor

Observa-se nos cálculos, apesar do tempo de fabricação do torno CNC ser muito menor a diferença do custo da máquina para a fabricação de uma peça não foi muito grande. Essa menor diferença se dá pelo fato de que o custo da hora máquina do torno CNC, ser bem maior que o torno acionado por cames.

5.2.3 Custo do Ferramental

Multifuso acionado por cames:



Figura 16 – Ferramentas para Torno Automático Multifuso
Fonte: Tormep

$$K_{uf} = \frac{K_{ft}}{Z_t}$$

$$K_{uf} = \frac{1100}{10000}$$

$$K_{uf} = 0,11$$

CUSTO DA FERRAMENTA POR PEÇA		
TORNO SAY -CAMES		
	Kft	Zt
FER. 1	100	10000
FER. 2	100	10000
FER. 3	200	10000
FER. 4	200	10000
FER. 5	200	10000
FER. 6	300	10000
Kft total	1100	
Kuf	0,11	

Tabela 7 – Custo da Ferramenta por Peça Multifuso cames
Fonte: O autor

Multifuso CNC:

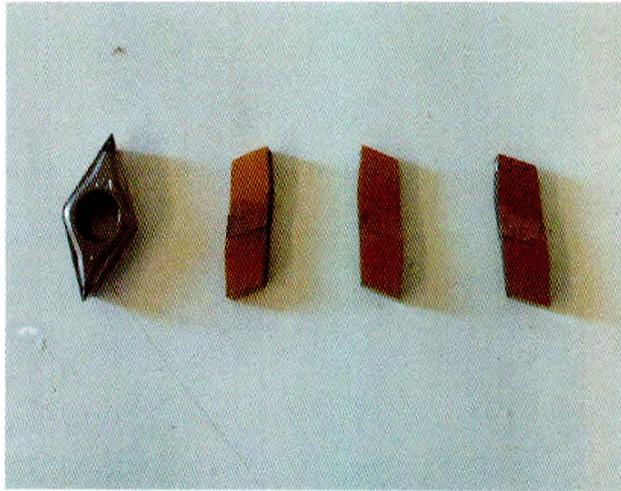


Figura 17 – Ferramentas intercambiáveis para Multifuso CNC
 Fonte: Tormep

Segundo Dinis (2000 p138) “[...] no caso de se utilizar pastilhas intercambiáveis como ferramenta, o custo da ferramenta é dado pela seguinte expressão:

$$K_{ft1} = \frac{V_{si}}{N_{fp}} + \frac{K_{psi}}{N_s}$$

Onde :

N_{fp} = vida média do porta-ferramenta, em quantidade de arestas de corte até sua possível inutilização

V_{si} = custo de aquisição do porta-ferramenta

N_s = número de aresta de corte da pastilha intercambiável

K_{pi} = custo de aquisição da pastilha intercambiável

Obs.: no caso aplicado somente no torno automático CNC usa-se pastilhas intercambiáveis

Ferramenta 1:

$$Kft1 = \frac{V_{si}}{N_{fp}} + \frac{K_{psi}}{N_s}$$

$$Kft1 = \frac{500}{2} + \frac{300}{2}$$

$$Kft1 = 400 \text{ Reais}$$

Ferramenta 2:

$$Kft2 = \frac{V_{si}}{N_{fp}} + \frac{K_{psi}}{N_s}$$

$$Kft2 = \frac{500}{2} + \frac{300}{2}$$

$$Kft2 = 400 \text{ Reais}$$

Ferramenta 3:

$$Kft3 = \frac{V_{si}}{N_{fp}} + \frac{K_{psi}}{N_s}$$

$$Kft3 = \frac{500}{2} + \frac{300}{2}$$

$$Kft3 = 400 \text{ Reais}$$

Ferramenta 4:

$$Kft4 = \frac{V_{si}}{N_{fp}} + \frac{K_{psi}}{N_s}$$

$$Kft4 = \frac{800}{2} + \frac{400}{2}$$

$$Kft4 = 600 \text{ Reais}$$

Custo total das ferramentas:

$$K_{ft} \text{ Total} = K_{ft1} + k_{ft2} + K_{ft3} + k_{ft4}$$

$$K_{ft} \text{ Total} = 400 + 400 + 400 + 600$$

$$K_{ft} \text{ Total} = 1800 \text{ Reais}$$

$$K_{uf} = \frac{K_{ft}}{Z_t}$$

$$K_{uf} = \frac{1800}{30000}$$

$$K_{uf} = 0,06$$

CUSTO DA FERRAMENTA POR PEÇA						
TORNO DECO - CNC						
	Kft	Nfp	Vsi	Ns	Kpi	Zt
FER. 1	400	2	500	2	300	30000
FER. 2	400	2	500	2	300	30000
FER. 3	400	2	500	2	300	30000
FER. 4	600	2	800	2	400	30000
Kft. Total	1800					
Kuf	0,06					

Tabela 8 – Custo da Ferramenta por Peça Multifuso CNC
 Fonte: O autor

Onde :

N_{fp} = vida média do porta-ferramenta, em quantidade de arestas de corte até sua possível inutilização

V_{si} = custo de aquisição do porta-ferramenta

N_s = número de aresta de corte da pastilha intercambiável

K_{pi} = custo de aquisição da pastilha intercambiável

Obs.: no caso aplicado somente no torno automático CNC usa-se pastilhas intercambiáveis

Como apresentado no início a formação de custo de uma peça usinada em um máquina deve ser formada pelo custo da máquina por peça, pelo custo da mão-de-obra por peça, e pelo custo das ferramentas por peças. Então se deve calcular pela seguinte equação:

$$K_p = K_{us} + K_{um} + k_{uf}$$

Então:

Multifuso acionado por cames:

$$K_p = K_{us} + K_{um} + k_{uf}$$

$$K_p = 0,514 + 0,141 + 0,11$$

$$K_p = 0,765 \text{ Reais}$$

CUSTO DE PRODUÇÃO POR PEÇA		
MULTIFUSO SAY - CAMES		
Kp = custo total por peça	0,765	Real
Kum = custo da máquina	0,514	Real
Kus = custo da mão-de-obra	0,141	Real
kf = custo das ferramentas	0,11	Real

Tabela 9 – Custo de Produção por Peça Multifuso Cames

Fonte: O autor

Multifuso CNC:

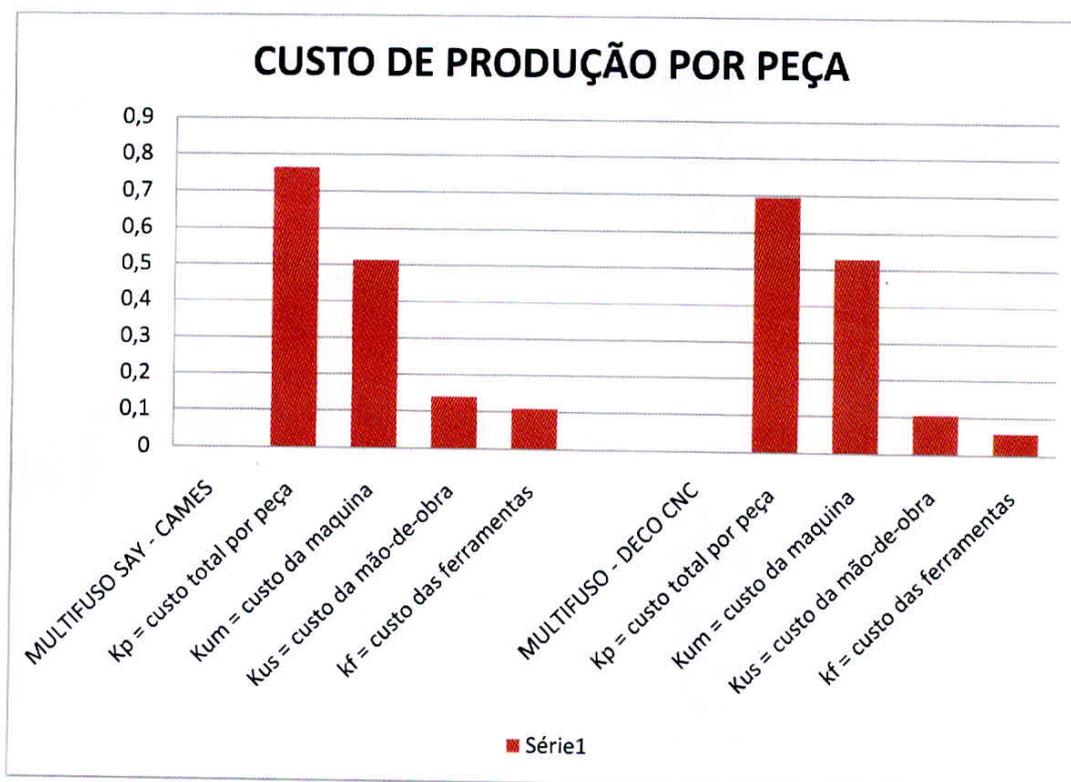
$$K_p = K_{us} + K_{um} + k_{uf}$$

$$K_p = 0,53 + 0,107 + 0,06$$

$$K_p = 0,697 \text{ Reais}$$

CUSTO DE PRODUÇÃO POR PEÇA		
MULTIFUSO - DECO CNC		
Kp = custo total por peça	0,697	Real
Kum = custo da máquina	0,53	Real
Kus = custo da mão-de-obra	0,107	Real
kf = custo das ferramentas	0,06	Real

Tabela 10 – Custo de Produção por Peça Multifuso CNC
Fonte: O autor



Fonte: O autor



Fonte: O autor

Embora o resultado obtido aponte para optarmos para a escolha de uma máquina-ferramenta CNC, não poderá basear-se somente na demonstração de economia comparado com o sistema convencional, pois, o seu custo inicial ficará em segundo plano, quando analisarmos outros critérios como, maior versatilidade do processo, compactação do ciclo de usinagem, menor tempo de espera, redução na gama de ferramenta utilizável, menor tempo de preparação da máquina, uso racional de ferramentas, facilidade na confecção de perfis complexos, entre outros. Isso explica o crescimento contínuo deste tipo de tecnologia, pois, a qualidade dos produtos quando na aplicação de máquinas CNC é sem dúvida melhor que em outros processos convencionais.

CONCLUSÃO

O presente trabalho procurou focar os problemas de custos e a formação de preço para o processo de torneamento, recorrendo-se de metodologias empregadas na apuração de custos, selecionando um sistema de custeio a partir de um modelo empregado em uma empresa de grande porte do ramo de usinagem, com o objetivo de solucionar tais problemas. Os custos indiretos fixos não são rateados ao custo hora-máquina do processo de torneamento, mas devem ser utilizados na determinação da receita do processo, pois estes são tratados como despesas do período. É proposto também um método para a escolha de um equipamento de usinagem para torneamento de peças como sua utilidade se deve em função do custo de produção e qualidade da peça a ser torneada. Na grande maioria das vezes, a utilização do equipamento com a maior tecnologia possível, parece ser o mais indicado para o uso, com a formação de custos. Levando em consideração o dispêndio para a utilidade e determinadas circunstâncias podemos ver claramente que optar por um equipamento com tecnologia avançada é melhor quando se trata de máximo lucro sem perder a característica do produto usinado e mantendo sua qualidade dentro dos padrões exigidos. A intenção deste trabalho é mostrar de forma objetiva com relação de custos e qualidade quando se optar por usinagem em torno automático convencional e torno automático CNC. A determinação das condições econômicas ótimas para o processo de torneamento só se justifica para lotes contendo grande quantidade de um só tipo de peças. É interessante salientar a importância de se utilizar este trabalho na linha de produção de peças seriadas produzidas ao longo do ano e que guardam características geométricas e de materiais semelhantes para um mesmo lote.

REFERÊNCIAS

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1977

VILELLA, R. C. , DINIZ, Anselmo E. , COPINI, Nivaldo L. **Otimização das Condições de Usinagem em Células de Fabricação**. Revista “Máquinas e Metais”Nº 281

BERNARDO, V. e COMPINI, Nivaldo L. **“Inteligência Artificial aplicada à Otimização das Condições de Usinagem”** Revista Maquinas e Metais Nº369

MACHADO, A. R. e SILVA, M. B. **Usinagem dos Metais**, (apostila de Usinagem dos Metais da Universidade Federal de Uberlândia). Uberlândia MG

ROSSI, Mario. **Máquinas Operatrizes Modernas**. Hoepli, Rio de Janeiro 1970.