

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**UMA DISCUSÃO SOBRE AS CONDIÇÕES ECONÔMICAS
PARA AS OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO CNC**

Rafael Buganza

TCC-EP-37-2014

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**UMA DISCUSÃO SOBRE AS CONDIÇÕES ECONÔMICAS
PARA AS OPERAÇÕES DE TORNEAMENTO CNC**

Rafael Buganza

TCC-EP-37-2014

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.

Orientador: Prof.: Gilberto Clóvis Antonelli

**Maringá - Paraná
2014**

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Jair e Sonia, à minha irmã Fabiane, e ao meu irmão Renato, por sempre me apoiarem, mesmo quando tudo parecia impossível, com carinho e amor eles me transmitiram confiança fazendo com que eu me empenhasse ainda mais e tornar possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar forças e sabedoria, onde muitas vezes o caminho se tornou árduo entretanto com perspectivas.

A meus familiares, que sempre me apoiaram e me trouxeram as palavras certas nos momentos exatos, além de terem compreensão com as dificuldades apresentadas.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo e me ajudaram com troca de informações, em especial ao Marcelo Kanashiro, José Machado Jr, Guilherme Martyniuk e ao Rafael Rogério Fabricio por serem como irmãos e me ajudarem em diversos momentos complicados do curso e da vida.

Ao meu primeiro orientador Rafael Germano dal Molin Filho que me acompanhou em diversas dificuldades profissionais e pessoais e foi companheiro de trabalho quando fizemos parte de equipe em uma dada empresa.

Ao meu orientador Gilberto Clóvis Antonelli que com muita calma e gentileza me ajudou a concluir essa árdua tarefa, e muitas vezes viu minhas dificuldades, mesmo assim não pestanejou em ajudar.

Muito obrigado.

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão,
perca com classe e vença com ousadia, porque
o mundo pertence a quem se atreve e a vida
é muito para ser insignificante”

Charles Chaplin

RESUMO

Esse trabalho tem por objetivo realizar uma análise e gerar uma discussão sobre os aspectos econômicos no ambiente de usinagem, utilizando-se de equações de velocidade de corte para o custo mínimo, velocidade de corte para a produção máxima e associa-las gerando um intervalo denominado Intervalo para máxima eficiência, demonstrará com isso que dentro desse contexto as empresas poderão obter resultados satisfatórios.

Palavra-chave:

Intervalo de máxima eficiência

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
1.2 Definição e Delimitação do Problema	12
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivo específico	13
2 REVISAO DE LITERATURA	13
2.1 A Função Produção	14
2.2 Sistemas de Produção	14
2.2.1 Dimensão Volume	16
2.2.2 Dimensão Variedade	16
2.2.3 Dimensão Variação.....	17
2.2.4 Dimensão Visibilidade.....	17
2.2.5 Operações Mistas	18
2.2.6 Manufatura Enxuta.....	19
2.3 Processos de Fabricação por Usinagem	19
2.3.1 Processos Ativos e Passivos de Usinagem	20
2.3.2 Conceito Básico Sobre Torneamento	21
2.3.2.1 Propriedades Básicas para Torneamento CNC	24
2.3.2.2 Melhorias Aplicadas a Torneamento CNC	26
2.3.2.3 Insumos de Usinagem em Torneamento CNC	26
2.3.2.3.1 Fluido de Corte	27
2.3.2.3.2 Ferramentas de Corte	28
2.4 Determinação das Condições Econômicas de Usinagem	33
2.4.1 Generalidades	33
2.4.2 Ciclos e Tempos.....	34
2.4.3 Intervalo de Máxima Eficiência	35
3 DESENVOLVIMENTO	37
3.1 Metodologia	37
3.1.1 Características da empresa.....	37
3.1.2 Apresentação do Problema	38
3.1.3 Procedimento experimental	38
3.1.4 Análise e Discussão dos Resultados	40

4 CONCLUSÃO	41
5 REFERÊNCIAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de torneamento	23
Figura 2 - Outros tipos de torneamento.....	23
Figura 3 - Tipos de pastilhas de corte	29
Figura 4 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (I)	30
Figura 5 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (II)	31
Figura 6 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (III)	32
Figura 7 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (IV)	33
Figura 8 - Intervalo de Máxima Eficiência (IME).....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de iniciais	39
Tabela 2 – IME	39
Tabela 3 - testes dentro do IME, para levantamento de Kp Real	40
Tabela 4 - testes acima do IME	40

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios a humanidade busca melhorar seu habitat, criando e modificando seu entorno, essa voracidade em busca da inovação trouxe inúmeros benefícios a todos, porém junto a isso vieram também a competição e a diversificação de ideais. No mundo atual as fronteiras estão cada vez mais ilusórias e próximas tanto pela facilidade em transmitir informações como pela ambição ampliada pelo conhecimento.

Todas as épocas foram marcadas por grandes erros e acertos, todavia foi através de tentativas que a sociedade foi lapidando seu progresso, tais atitudes geraram grandes avanços em todas as áreas, às vezes também grandes equívocos, mas o passado serviu justamente para aprimorar o presente e esboçar o futuro.

Pode-se creditar a indústria como um dos campos que obtiveram grande destaque na escala evolutiva, estratégias foram pensadas, utilizadas e aprimoradas ao longo dos anos. Antigamente utilizava-se do modo artesanal para produzir, porém com o passar dos tempos notou-se que a divisão do trabalho seria vital para o aumento da produtividade, entretanto só o básico já não basta, é preciso mais, é necessário inovar, reinventar e co-criar novos métodos e organizar melhor as ideias. Dentre os setores industriais as atividades metal-mecânicas formaram parte fundamental do processo de transformação, e ainda nesse campo, a usinagem mostrou-se como um dos pilares no fator contribuinte para atribuir precisão aos produtos. Muito difundida nos dias atuais as operações de torneamento foram consideravelmente apresentando-se aos setores fabris como uma das “ferramentas” de suma importância para obtenção de medidas com maiores precisões e produtividade, tanto que boa parte das peças, em variados segmentos, foram desenvolvidas em formatos cilíndricos a fim de poder utilizar-se de tornos.

Os centros de torneamento (tornos) foram evoluindo junto à indústria, isso é evidenciado nos dias atuais devido à capacidade das máquinas em produzir cada vez mais, com grande repetibilidade e precisão. Foi assim que o CNC (Controle Numérico Computadorizado) esteve cada vez mais presente e desenvolvido no ambiente produtivo. Em contrapartida as máquinas não fazem as peças sozinhas, para a confecção dos produtos são necessários outros elementos, dentre eles as pessoas, que desenvolvem os métodos e realizam as operações, e os insumos, esses últimos avançaram ainda mais do que os equipamentos, as escolhas realizadas entre ferramentais, fluidos, acessórios, além de métodos econômicos e de máxima eficiência para o

torneamento tem sido constantemente alvo de análise dentro das indústrias, porém para se obter os melhores resultados é necessário que as ações tomadas sejam as melhores possíveis, pois o mercado tem se tornado cada vez mais inovador e conseqüentemente tem suplantado todos aqueles que não obtêm bons resultados.

Uma avaliação mais precisa sobre condições de minimização de custos produtivos pode estabelecer condições mais eficientes para a usinagem, onde utilizar os parâmetros de corte adequados (avanço, velocidade de corte, profundidade), características técnicas dos insumos (Insertos: geometria, raio de corte, dureza, tenacidade, vida útil, outros; Fluidos: lubricidade, viscosidade, índice de refração, ponto de fulgor, outros) e condições econômicas de usinagem (fórmula de Taylor sobre o custo de usinagem, fatores secundários, intervalo de máxima eficiência, outros), podem levar a melhores rendimentos econômicos.

Com esse objetivo, análises sobre condições econômicas tem sido desenvolvida ao longo do tempo com o intuito de maximizar os ganhos produtivos em usinagem, tendo em vista redução do tempo produtivo e minimização dos custos envolvidos na usinagem de materiais. De acordo com isso alguns fatores devem ser levados em conta: ciclos e tempos de usinagem, cálculo da velocidade de máxima produção ($V_{m\text{xp}}$), cálculo da velocidade econômica de corte (V_o), intervalo de máxima eficiência (I_{mef}), escolha adequada dos insumos, entre outros.

1.1 Justificativa

As empresas estão suscetíveis em buscar e aprimorar multi aptidões de seus funcionários e processos (de forma generalizada), porém por muitas vezes acabam esquecendo-se das pequenas alterações que podem ser executadas dentro da produção, deixando de lado, em alguns casos, consideráveis ganhos, esses podem estar "escondidos" em processos e atitudes corriqueiras.

Podemos dizer que esse trabalho poderia ser viabilizado em três linhas de raciocínio: a primeira seria utilizar dados relacionados à prática dos processos de usinagem e vinculá-los a velocidade econômica de corte, a segunda seria utilizar os mesmos dados, porém dentro de uma abordagem de velocidade de corte para máxima produção, já a terceira seria fazer uma

junção de ambas (primeira e segunda linhas de raciocínio) com o intuito de alcançar a máxima eficiência produtiva.

Com base nessas três linhas de raciocínio e pelo fato de que o mercado está cada vez mais competitivo, optou-se por focar o trabalho na terceira escolha, por se tratar de uma ideia mais abrangente e capaz de apresentar resultados mais realistas, todavia essa alternativa será embasada em aspectos que visam pela busca da redução de custos, aumento de produtividade e escolhas de insumos. Esses estudos serão realizados através de modelos matemáticos já existentes, entretanto com as devidas adaptações caso sejam necessárias.

1.2 Definição e Delimitação do Problema

Esse trabalho tem como objeto de estudo abranger questões que possam trazer benefícios inerentes a processos de torneamento CNC, tomando como ponto chave as condições econômicas de usinagem.

Existem inúmeras empresas que possuem processos de torneamento espalhadas por todo o território nacional e internacional, porém pode-se dizer que poucas estão utilizando seus recursos da maneira mais apropriada, sendo assim importantíssimo um olhar mais "clínico" para essa situação.

Será explanado nesse trabalho ferramentas importantes para o progresso dos métodos de melhorias no setor de usinagem, tendo como base as condições econômicas de usinagem e de máxima produção, entretanto para isso serão explanados situações, métodos e características do processo de torneamento CNC, que somados encaminharão o estudo para o objetivo desejado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Sugerir melhorias nos processos de torneamento cnc através das condições econômicas de usinagem

1.3.2 Objetivo específico

- * Especificar erros comuns provenientes dos processo de torneamento CNC;
- * Introduzir conceitos de melhorias para fluidos de corte, ferramentas e métodos de usinagem;
- * Sugerir testes de acompanhamento frequente dos fluidos de corte, ferramentas e métodos de usinagem;
- * Apresentar Cálculos que já fazem parte do setor de Usinagem, porém que são pouco utilizados.

2 REVISAO DE LITERATURA

Toda empresa de usinagem busca produzir itens com qualidade e preços atraentes ao consumidor. Para isto prioriza a utilização de todos os seus recursos da maneira mais eficiente possível.

Desta maneira, a referida utilizará de máquinas adequadas, funcionários qualificados e ferramentas (softwares, catálogos, insumos, etc) que a tornem ainda mais competitiva.

2.1 A Função Produção

Para Slack (2002, p.5): "A função de produção (ou simplesmente função produção) na organização representa a reunião de recursos destinados à produção de seus bens e serviços", ele ainda diz que: "A função produção é a central para a organização porque produz os bens e serviços que são a razão da sua existência, mas não é a única nem, necessariamente, a mais importante. É, entretanto, uma das três funções centrais de qualquer organização."

"Administração da produção: é a função relativa à transformação das matérias-primas e dos conhecimentos em produtos e serviços a serem colocados no mercado" (OLIVEIRA, 2009, p.38)

A função produção, entendida como o conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em um outro com maior utilidade, acompanha o homem desde sua origem. Quando polia a pedra a fim de transformá-la em utensílio mais eficaz, o homem pré histórico estava executando uma atividade de produção. Nesse primeiro estágio, as ferramentas e os utensílios eram utilizados exclusivamente por quem os produzia, ou seja, inexistia o comércio, mesmo que de troca ou escambo. (LAUGENI; MARTINS, 2005, p.2)

2.2 Sistemas de Produção

A palavra sistema denota um conjunto de elementos interdependentes e interagentes ou um grupo de unidades combinadas que formam um todo organizado. Sistema é um conjunto de coisas ou combinações de coisas ou partes, formando um todo complexo ou unitário. (Chiavenato, 2000, p. 545)

Qualquer entendimento da ideia de sistema compreende:

- * Um conjunto de entidades chamadas partes, elementos ou componentes.
- * Alguma espécie de relação ou interação das partes.
- * A visão de uma entidade nova ou distinta, criada por essa relação, em um nível sistêmico de análise."

Segundo Laugeni e Martins (2005, p 12): " Sistemas de produção são aqueles que têm por objetivo a fabricação de bens manufaturados, a prestação de serviços ou o fornecimento de informações;".

"Todos os sistemas que produzem algo lhes adicionando valor e atendendo aos objetivos predefinidos pela organização são denominados de sistemas produtivos" (NEUMANN, 2013, p.5).

Segundo Motta (2006, p 186): podem ser divididos os sistemas produtivos em três grandes grupos: "Essa subdivisão, em sua versão final, tomou a seguinte forma:

a) Sistemas de produção unitária e de pequenos lotes

1. Produção de unidades segundo especificações dos consumidores.
2. Produção de protótipos.
3. Produção por etapas de grandes equipamentos.
4. Produção de pequenos lotes sob encomenda dos consumidores.
5. Trabalho executado do início ao fim pelos mesmos trabalhadores, alto grau de envolvimento destes com a organização, baixo índice de complexidade da tecnologia.

b) Sistemas de produção de grandes lotes e em massa

1. Produção de grandes lotes.
2. Produção de grandes lotes em linha de montagem.
3. Produção em massa, índice de complexidade médio da tecnologia, fábrica.

c) Sistemas de produção por processo

1. Produção intermitente de produtos químicos em fábricas multi-funcionais.
2. Produção de fluxo contínuo de líquidos, gases e substâncias cristalinas, tecnologia com alto grau de complexidade."

"Embora as operações sejam similares entre si na forma de transformar recursos de input em output de bens e serviços, apresentam diferenças em quatro aspectos importantes:

* volume de output;

* variedade de output;

* variação da demanda do output;

* grau de "visibilidade" (contato com o consumidor) envolvido na produção do output. (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.16)".

Esse trabalho adotará o conceito definido por Slack (2002, p 16).

2.2.1 Dimensão Volume

Podemos dizer que o conceito de Dimensão Volume está diretamente ligado a produção em massa, ou seja, com o intuito de produzir grandes proporções de itens, mas com baixa variabilidade, isso faz com que os custos sejam mais fáceis de serem mensurados, tornando-se possível a busca constante de baixar os custos por item e também torna-se viável a especialização de pessoas e máquinas.

Existem inúmeras empresas que se destacam nesse tipo de produção, entre elas podemos citar redes de fast food.

"Tomemos um exemplo familiar: a produção e a venda de hambúrguer. O melhor exemplo de produção de hambúrguer em grande volume é o da cadeia McDonalds, que serve milhões deles diariamente em todo o mundo. " (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.48)".

2.2.2 Dimensão Variedade

As empresas que optam pela variedade devem ser mais flexíveis, no que se diz a adaptar-se de acordo com o cliente, isso faz com que elas consigam atender uma diversidade maior de

clientes, todavia isso implica em menor especialização dos profissionais, das máquinas e ferramentas do processo, tornando mais complexo o controle dos custos e de mesurar as situações futuras.

Uma empresa de taxi oferece grande variedade de serviços. Pode restringir-se ao transporte de pessoas e bagagens, estando preparada para buscá-las de qualquer lugar a outro. Pode ainda (a determinado preço) fazer o roteiro que você escolher. Para isso, ela deve ser relativamente flexível. (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.49).

2.2.3 Dimensão Variação

Empresas que optam pela dimensão variação normalmente são capazes de alterar não só o trabalho de curto prazo ou do dia a dia, mas sim alterar toda a estrutura de negócio de acordo com o meio externo ou novas possibilidades, ou seja se adaptam a sazonalidade, a mudança de produto, a mudança de público alvo, em muitos casos podemos citar como exemplo empresas de eventos, hotéis, sorveterias que no inverno se transformam trazendo outros produtos, etc.

Segundo Slack (2002), um exemplo de dimensão variação seria, por exemplo, um hotel resort, cujo "pico" se dá nas férias de verão e que sabendo disso decide contratar funcionários extras e temporários para o dado período, porém caso essa estratégia seja bem sucedida e esse aumento de capacidade gere resultado positivo, o mesmo poderia até optar por não abrir nos períodos de baixa, ou reduzir drasticamente sua capacidade, isso mostra uma determinada flexibilidade do uso dos recursos, porém acarretará um aumento de custos no período de alta temporada, pois os novos funcionários deverão ser treinado e haverá também outros custos provenientes da decisão.

2.2.4 Dimensão Visibilidade

Quanto a Dimensão Visibilidade pode-se dizer que é o tipo de produção na qual o cliente “faz parte” do processo, ou seja, ele consegue visualizar as etapas produtivas, ou pelo menos ter

uma noção de quais são, existem algumas implicações quanto a esse tipo de produção, pois os clientes acompanham normalmente a qualidade do serviço e seu tempo de execução, isso faz com que eles sejam ainda mais críticos quanto a esperar e a qualidade final dos itens produzidos.

"Significa quanto das atividades de uma operação é percebido pelo consumidor, ou quanto da operação é "exposto" aos consumidores" (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.50)

A operação da loja de "tijolos e cimento" tem alta visibilidade à medida que seus consumidores experimentam a maior parte de suas atividades de "agregação de valor". Os consumidores desse tipo de operação têm grau de tolerância à espera relativamente baixo. Sairão da loja se não forem atendidos em tempo razoável. (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.50).

2.2.5 Operações Mistas

Assim como o próprio nome diz, as operações mistas são uma junção de dois ou mais tipos de sistemas produtivos, normalmente é a mais utilizada pelas empresas por se tratar de aliar as melhores qualidades dos outros sistemas. Entretanto assim como os outros sistemas de produção, também deve ser avaliada sua eficiência e a escolha pelas Operações Mistas.

"Algumas operações possuem microoperações de alto e de baixo contato dentro da mesma macrooperação. Isso serve para enfatizar a diferença que faz o grau de contato com o consumidor." (CHAMBERS; JOHNSTON; SLACK, 2002, p.51).

Como exemplo de operações mistas Slack (2002, p. 19) cita, como exemplo, um aeroporto, onde existem inúmeras e diferentes atividades, com níveis de contato distinto entre os clientes e os funcionários.

2.2.6 Manufatura Enxuta

Conhecida também como Lean Manufacturing é uma filosofia de gestão focada na redução dos sete tipos de desperdícios (super-produção, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação e defeitos). Eliminando esses desperdícios, a qualidade melhora e o tempo e custo de produção diminuem. Utilizam-se de estratégias que em muitos casos eram ou são utilizadas separadamente, porém quando associadas tornam-se poderosas podendo trazer grandes benefícios as empresas que adota essa mentalidade, podemos utilizar dentro da Manufatura Enxuta o Kaizen, Kanban, Poka-yoke, redução de set up, entre outros.

A maior parte dos custos são calculados na fase do projeto de um produto, pois normalmente o planejamento consiste de boa parte do tempo da criação do produto, levando-se ainda em conta que é possível utilizar de indicadores e ferramentas que integrem-se a todos os processos, causando dessa maneira uma maior iteração interna (processos e pessoas) e consequentemente facilitando a resolução de problemas.

Os pontos chave do Lean são: Qualidade total imediata (zero defeito), Melhoria contínua, processos pull (os produtos deixam de ser “empurrados”), Flexibilidade (fácil e rápida mudança de fabricação de produtos, melhorando o mix da empresa).

2.3 Processos de Fabricação por Usinagem

As atividades pertinentes aos processos de fabricação por usinagem

Os processos de transformação de metais e ligas metálicas em peças para a utilização em conjuntos mecânicos são inúmeros e variados: pode-se fundir; soldar; utilizar a metalurgia em pó; ou usinar o metal a fim de obter a peça desejada. Evidentemente, vários fatores devem ser considerados quando se escolhe um processo de fabricação. Como por exemplo: forma e dimensão da peça, material a ser empregado e suas propriedades, quantidade de peças a serem produzidas, tolerâncias e acabamento superficial requerido custo total do processamento. (SOUZA, 2011, p.5).

Como operações de usinagem entendemos aquelas que, ao conferir à peça a forma, ou as dimensões ou ao acabamento, ou ainda uma combinação qualquer desses três itens, produzem cavaco. Definimos cavaco, a porção de material da peça, retirada pela ferramenta, caracterizando-se por apresentar forma geométrica irregular. Além dessa característica, estão envolvidos no mecanismo da formação de cavaco alguns fenômenos particulares, tais como o recalque, a aresta postiça de corte, a craterização na superfície de saída da ferramenta e a formação periódica do cavaco (FERRARESI, 2003, p. XXV)

Ainda segundo Souza (2011): Processos de usinagem envolvem operações de corte que permitem remover excessos de um material bruto com auxílio de uma ferramenta até que este resulte em uma peça pronta que, posteriormente, irá compor algum engenho mecânico que, por sua vez, farão parte de bens duráveis. Nestas operações de corte são geradas aparas que se costumam chamar de cavacos. Assim, processos de usinagem, invariavelmente, implicam na geração de cavacos.

Em relação aos movimentos de Usinagem Diniz (1999, pag. 13) diz: "Os movimentos entre a ferramenta e a peça durante a usinagem são aqueles que permitem a ocorrência do processo de usinagem. Tais movimentos são considerados durante o projeto de fabricação das máquinas-ferramentas que os realizarão. Por convenção, os movimentos sempre estarão ocorrendo supondo-se a peça parada e, portanto, todo o movimento sendo realizado pela ferramenta. Esse procedimento permite padronizar sinais algébricos aos movimentos, sempre tendo como referência a peça. Além disso facilita o estudo dos movimentos, principalmente quando a usinagem ocorre com ferramentas com geometrias complexas. Os movimentos podem ser classificados como ativos ou passivos."

2.3.1 Processos Ativos e Passivos de Usinagem

Segundo Diniz (1999, pag. 14), os movimentos ativos são aqueles que promovem a remoção de cavaco, podendo ser classificados em:

* Movimento de corte - é o movimento entre a ferramenta e a peça que, sem a ocorrência concomitante do movimento de avanço, provoca remoção de cavaco durante uma única rotação ou um curso da ferramenta

* Movimento de Avanço - é o movimento entre a ferramenta e a peça que, juntamente com o movimento de corte, possibilita uma remoção contínua ou repetida do cavaco, durante várias rotações ou cursos da ferramenta. O movimento de avanço pode ser contínuo, como no caso do torneamento e da furação, ou intermitente, como no caso do aplainamento.

* Movimento efetivo de corte - é o movimento entre a ferramenta e a peça, a partir do qual resulta o processo de usinagem. Quando o movimento de avanço é contínuo, o movimento efetivo é o resultante da composição dos movimentos de corte e de avanço. Quando o movimento de avanço é intermitente, o movimento efetivo é o próprio movimento de corte.

Diniz (1999, pag. 14) caracteriza os movimentos passivos como: "são aqueles que, apesar de fundamentais para a realização do processo de usinagem, não promovem remoção de material ao ocorrerem, são eles:

* Movimento de ajuste - é o movimento entre a ferramenta e a peça, no qual é predeterminada a espessura da camada de material a ser removida. Nos processos de sangramento, furação e brochamento, esse movimento não ocorre, pois a espessura de material a ser removida está definida pela geometria da ferramenta.

2.3.2 Conceito Básico Sobre Torneamento

TORNEAMENTO - Processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo.

Quanto a forma da trajetória, o torneamento pode ser retilíneo ou curvilíneo. (FERRARESI, 2003, p. XXVI)

Ainda segundo Ferraresi (2003) os tipos de torneamento podem ser classificados em:

I) Torneamento retilíneo - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea. O torneamento retilíneo pode ser:

I.I) Torneamento cilíndrico - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória paralela ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo (Figura 1) ou interno (Figura 2).

Quando o torneamento cilíndrico visa obter na peça um entalhe circular, na face perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina, o torneamento é denominado sangramento axial (Figura 3).

I.II) Torneamento cônico - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, inclinada em relação ao eixo principal de rotação da máquina. Pode ser externo (Figura 4) ou interno (Figura 5).

I.III) Torneamento radial - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea, perpendicular ao eixo principal de rotação da máquina. Quando o torneamento radial visa a obtenção de uma superfície plana, o torneamento é denominado torneamento de faceamento (Figura 6). Quando o torneamento é radial visa a obtenção de um entalhe circular, o torneamento é denominado sangramento radial (Figura 7).

I.IV) Perfilamento - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória retilínea radial (Figura 8) ou axial (Figura 9), visando a obtenção de uma forma definida, determinada pelo perfil da ferramenta.

II) Torneamento curvilíneo - Processo de torneamento no qual a ferramenta se desloca segundo uma trajetória curvilínea (Figura 10)

Quanto à finalidade, as operações de torneamento podem ainda ser classificadas como de desbaste e de acabamento. Entende-se por acabamento a operação de usinagem destinada a obter a peça nas dimensões finais, ou um acabamento superficial específico, ou ambos. O desbaste é a operação de usinagem, anterior a de acabamento, visando a obter a peça a forma e dimensões próximas as finais.

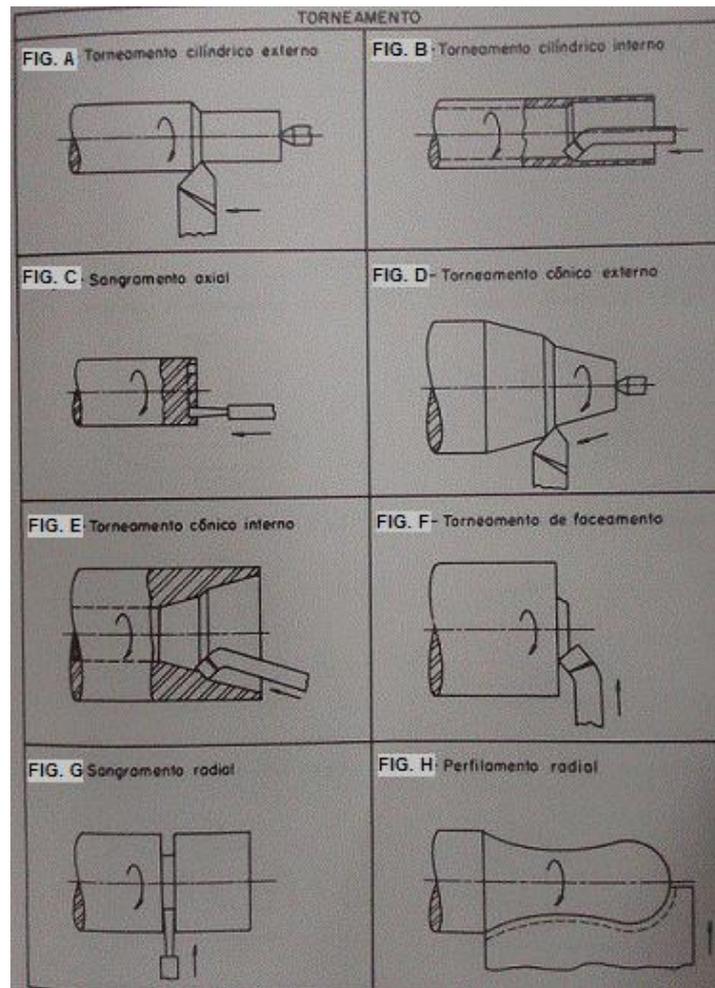


Figura 1 - Tipos de torneamento
Fonte: Ferraresi

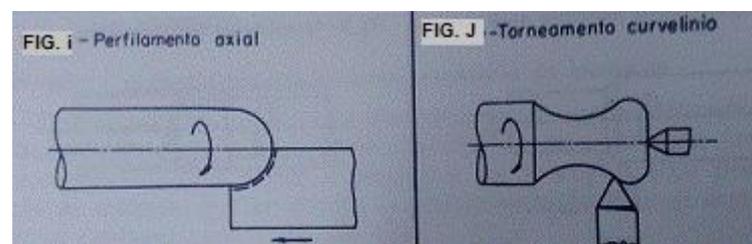


Figura 2 - Outros tipos de torneamento
Fonte: Ferraresi

2.3.2.1 Propriedades Básicas para Torneamento CNC

Pode-se definir CNC (Controle Número Computadorizado) como um equipamento eletrônico que recebe informações da forma em que a máquina vai realizar uma operação, por meio de linguagem própria, denominado programa CNC, processa essas informações, e devolve-as ao sistema através de impulsos elétricos.

Os sinais elétricos são responsáveis pelo acionamento dos motores que darão à máquina os movimentos desejados com todas as características da usinagem, realizando a operação na sequência programada sem a intervenção do operador.

Vale ressaltar que o resultado disso é uma maior agilidade e precisão no processo de usinagem.

Um outro benefício que podemos citar é a flexibilidade

Componentes importantes de um torno CNC: Componentes Mecânicos, controle, acionamentos e sistemas de medição;

Parâmetros para movimentos: Posições, trajetórias, velocidade de corte, avanço, profundidade de corte, forças e momentos. Todos eles podem ser ajustados automaticamente usando-se o controle por computador.

Torno CNC é basicamente um torno com controle numérico computadorizado construído inicialmente para produção de peças de revolução ou cilíndrica que vem dotado de duas bases as quais são chamadas de barramento sobre as quais correm dois eixos sendo um o eixo X (eixo que determina o diâmetro da peça) e outro o eixo Z (eixo que determina o comprimento da peça), a fixação da peça é feita por castanhas fixada em uma placa que vem aclopada ao eixo central da máquina o qual é chamado de eixo arvore, e também podemos usar o ponto que é fixado em um corpo que normalmente fica no barramento do eixo Z na posição contraria a placa e a luneta que fica entre a placa e ponto que é geralmente usada para fixar peças longas. (<http://www.mundocnc.com.br/basic11.php>)

Vantagens:

- _ Redução do refugo;
- _ Profundidade de corte perfeitamente controlável;
- _ Maior controle sobre o desgaste das ferramentas;
- _ Possibilidade do uso de equipamentos periféricos computacionais;
- _ “Display” para a operação;
- _ Tempos de “setup” muito curtos;
- _ Maior segurança para o operador;
- _ Redução de fadiga do operador.

Desvantagens:

- _ Investimento inicial elevado;
- _ Manutenção exigente e especializada;
- _ Não elimina completamente os erros humanos;
- _ Necessita de operadores mais especializados;
- _ Não tem vantagens tão evidentes para séries pequenas e muito pequenas.



Figura III - Comando CNC

Fonte:

(http://www.romi.com/fileadmin/Editores/MF/CATALOGOS_2014_PORT_OUTUBRO/cat_romi_centur_po_aj_final_bx.pdf)

2.3.2.2 Melhorias Aplicadas a Torneamento CNC

Nesse projeto abordaremos melhorias relacionadas a escolha de insumos (ferramentas e fluidos), e de conceitos matemáticos referentes a intervalo de máxima eficiência, que é caracterizado por informações pertinentes a velocidade econômica de corte e velocidade máxima produtiva. O qual abordaremos no decorrer do projeto.

2.3.2.3 Insumos de Usinagem em Torneamento CNC

Segundo Beulke (2006, p. 16), os Insumos podem ser divididos em três tipos, Insumos reais, Insumos normais e Insumos padrão, no trabalho proposto será utilizado o insumo real.

Insumo Real: Envolvem os insumos de materiais e os insumos operacionais efetivamente ocorridos num determinado período.

Suas principais características são:

- _ Permitem que se conheça o desempenho físico de determinado período, identificando seu rendimento e eficácia real;
- _ Têm utilização limitada à constatação de um fato passado.

O trabalho proposto separará insumo de matéria-prima, vale ressaltar ainda que será considerado insumo ferramentas de corte e fluido de corte, pois isso facilitará o estudo e abordará a tecnicidade desses itens.

2.3.2.3.1 Fluido de Corte

“A utilização de fluidos de corte na usinagem dos materiais foi introduzida por F. W. Taylor em 1890, que utilizou água para resfriar a ferramenta, depois uma solução água e soda, ou água e sabão para evitar a oxidação da peça e/ou da ferramenta.” (DINIZ, A. E., 2013, p. 176)

Pode-se dizer que as principais funções do fluido de corte são lubrificar e/ou resfriar a ferramenta e a peça, pois as altas temperatura ocasionadas pelo processo de usinagem costuma causar danos as ferramentas e peças, diminuindo consideravelmente a precisão de medidas e tolerâncias do produto e também aumentando excessivamente o consumo de ferramentas de corte.

* Classificação:

- _ Integral (Mineral ou Vegetal);

_ Miscíveis em água (Emulsão: base óleo mineral, base óleo vegetal, semi sintético;
Solução: semi sintético ou sintético)

* Viscosidade:

A viscosidade de um fluido pode ser dita como a propriedade que determina o valor de sua resistência ao cisalhamento. Sendo considerada por alguns a propriedade principal de um lubrificante, estando diretamente relacionada com a capacidade de suportar cargas. Quanto mais viscoso for o óleo, maior será a carga suportada.

* Lubricidade:

Pode ser definida como a capacidade que o Fluido de corte possui para repelir determinadas substancias, dessa forma o atrito direto, minimizando assim desgastes de ferramentas.

* Ponto de Fulgor:

É definido como a capacidade em temperatura de o fluido de corte entrar em ebulição, ou seja, um fluido de corte com ponto de fulgor baixo, além de sofrer de super aquecimento também poderá ser perigoso.

2.3.2.3.2 Ferramentas de Corte

São responsáveis por realizar o corte do material, sendo fabricados em aço carbono granulado, possuem alta dureza, tenacidade e resistência a temperatura, possuem cobertura que aumentam ainda mais suas características, fazendo com que seu rendimento de uso seja maior e mais adequado a cada tipo de produto que será usinado.



Figura 3 - Tipos de pastilhas de corte
Fonte: Kennametal

Em relação a essas ferramentas de corte, existem diferentes motivos que justifiquem a troca por uma nova, as figuras 4, 5, 6 e 7 demonstram essas razões, seguidamente vem o motivo para o ocorrido e sua possível solução.

Desgaste de flanco



Tipo de desgaste preferido em todas as aplicações

Proporciona vida útil da ferramenta previsível e estável.

- Velocidade de corte muito alta
- Classe muito tenaz
- Resistência ao desgaste insuficiente
- Falta de refrigeração.
- Reduza a velocidade de corte
- Selecione uma classe mais adequada de acordo com a exigência por tenacidade ou resistência ao desgaste
- Adicione refrigeração.

Desgaste tipo entalhe



- Materiais pastosos e/ou endurecidos por trabalho
- Uso de ângulo de posição de $\sim 90^\circ$
- A geometria é muito negativa
- Selecione uma aresta mais viva
- Diminua o ângulo de posição
- Selecione uma classe com cobertura CVD, ex. 4325 (para maior resistência ao desgaste)
- Selecione uma classe com cobertura PVD, ex. 1125 (para resistência à escamação e aresta postiça)
- Varie a profundidade de corte.

Craterização

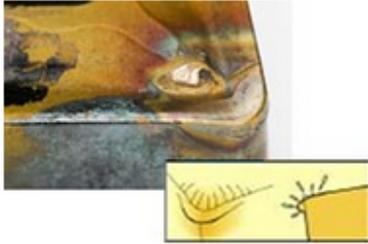


- Velocidade de corte e/ou avanço muito alto
- Classe muito tenaz
- Quebra-cavacos muito estreito
- Reduza a velocidade de corte ou o avanço
- Selecione uma classe mais resistente ao desgaste
- Selecione uma geometria mais aberta/positiva.

Figura 4 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (I)

Fonte: (http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general_turning/troubleshooting-tool-wear/pages/default.aspx).

Deformação plástica, depressão/impressão



Depressão



Impressão

- Carga de calor e pressão altas, temperatura de corte muito alta
- Classe muito tenaz
- Falta de refrigeração
- Diminua a carga de calor e pressão reduzindo a velocidade de corte e/ou avanço
- Se houver depressão da aresta, reduza o avanço primeiro
- Se houver depressão do flanco, reduza a velocidade primeiro
- Selecione uma classe mais resistente ao desgaste/calor
- Selecione uma geometria mais aberta/positiva
- Melhore a refrigeração.

Aresta postiça (B.U.E)



- Temperatura de corte muito baixa
- Solda do cavaco na pastilha
- Material pastoso
- Geometria muito negativa
- Aumente a temperatura de corte aumentando a velocidade ou o avanço
- Selecione uma classe com cobertura PVD, ex. 1125 (menos arestas postizas nas coberturas PVD)
- Selecione uma geometria mais positiva.

Figura 5 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (II)

Fonte: (http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general_turning/troubleshooting-tool-wear/pages/default.aspx).

Lascamento fora da zona de corte



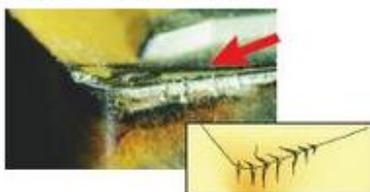
- Entupimento de cavacos devido à usinagem de encontro a cantos a 90 graus
- Os cavacos são desviados contra a aresta de corte
- Direção do avanço ou avanço não otimizados
- Mude o percurso da operação (para evitar ir de encontro a cantos a 90°)
- Mude o avanço
- Mude para uma classe PVD, ex. 1125
- Selecione uma geometria de pastilha que altere o fluxo dos cavacos.

Lascamento na aresta



- Condições instáveis
- Classe muito dura/quebradiça
- Torne as condições da máquina mais estáveis
- Selecione uma classe mais tenaz
- Selecione uma geometria mais robusta

Fissuras térmicas

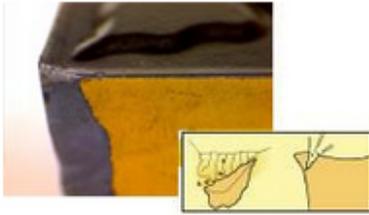


- Temperaturas variadas na aresta de corte
- Refrigeração e cortes intermitentes
- A classe é sensível a variações de temperatura
- Desligue a refrigeração ou aplique refrigeração constante para obter um nível de temperatura uniforme
- Reduza a velocidade de corte

Figura 6 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (III)

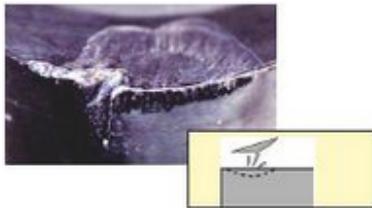
Fonte: (http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general_turning/troubleshooting-tool-wear/pages/default.aspx).

Quebra



- Desgaste excessivo
- Classe muito tenaz (deformação e quebra)
- Classe muito dura
- Usine em operações mais curtas (tempo em corte): verifique como o desgaste começa e qual o tipo de desgaste dominante
- Altere os dados de corte
- Selecione uma pastilha/geometria mais adequada

Fratura em camadas - cerâmica



- Pressão da ferramenta excessiva.
- Reduza o avanço.
- Selecione uma classe mais tenaz.
- Selecione uma pastilha com chanfro menor ou use outra geometria para mudar a direção da força de corte.

Figura 7 - Tipos de desgaste e avarias, motivo do problema e solução (IV)

Fonte: (http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/general_turning/troubleshooting-tool-wear/pages/default.aspx).

2.4 Determinação das Condições Econômicas de Usinagem

A condição econômica de usinagem dá-se quando é encontrado o ponto de equilíbrio entre a utilização da velocidade em prol do aumento da vida útil da ferramenta (velocidade de corte baixa) e a utilização da velocidade em prol da alta produtividade (velocidade de corte alta), devemos levar em conta também outros parâmetros como a profundidade de corte, acabamento superficial do produto, material a ser usinado e a utilização mais adequada das ferramentas e acessórios.

2.4.1 Generalidades

Existe sempre, por parte dos gestores de usinagem, a pergunta: Como faço para conseguir o menor custo de produção? Isso sempre passa pela cabeça do responsável pelo processo pelo seguinte fato de que caso ele queira aumentar os parâmetros de corte a ferramenta dura menos e a máquina para mais para a realização de constantes substituições desses ferramentais, fazendo com que o tempo que o produto fica na máquina seja baixo, entretanto o tempo em

que a máquina fica parada passando por trocas de ferramentas e também outros tempos passivos, sejam elevados. Caso o gestor opte por economizar ferramentas, pois considera um gasto a ser evitado, ele tende a diminuir os parâmetros de corte e conseqüentemente a produtividade cai, ou seja, o tempo que a máquina processa o produto passa a ser elevado, em contra partida o tempo em que a máquina fica parada devido a substituição de ferramentas torna-se reduzido. Embora o equilíbrio desses dois conceitos pareça uma situação complexa e que se apresente variável, o mesmo pode ser calculado de acordo com testes, características dos materiais, especificidades das ferramentas e máquina, e também sobre outros aspectos, como fluido de corte, sendo dessa forma mensurável o melhor conjunto de parâmetros e insumos a serem utilizados.

2.4.2 Ciclos e Tempos

Para Ferraresi (2003, pag. 647) o ciclo de usinagem pode ser dividido em fases:

Colocação e fixação da peça em bruto ou semi-acabada na máquina-ferramenta;

Aproximação ou posicionamento da ferramenta para início do corte;

Corte propriamente dito;

Afastamento da ferramenta;

Inspeção se necessário e retirada da peça usinada;

Preparo da máquina-ferramenta para a execução de Z peças, que só ocorre no início da mesma;

Remoção da ferramenta do seu suporte, para afiação ou substituição;

Afiação da ferramenta;

Recolocação e ajustagem da ferramenta no seu suporte.

Em relação a esse trabalho, não consideraremos a afiação de ferramentas, pois iremos trabalhar com ferramentas de corte comumente chamadas de “pastilhas” ou “inserto”, as quais são indexadas e de fácil substituição.

2.4.3 Intervalo de Máxima Eficiência

A curva de vida da ferramenta está intimamente ligada ao estudo de custos da usinagem, onde o cálculo que aborda isso foi elaborado por Taylor, no início do século XX, em que resumidamente é dada através da equação (1):

$$T = k \cdot (V_c)^{-x} \quad (1)$$

Onde,

T = Tempo de vida da ferramenta

V_c = Velocidade de corte da ferramenta

k e x são constantes do material para determinadas condições

De acordo com Ferraresi (2003, pag. 652) a Velocidade de Corte para Máxima Produção (v_{cmxp}) é dada por:

$$v_{cmxp} = [(k) / ((x-1) \cdot t_{ft})]^{1/x} \quad (2)$$

Onde,

v_{cmxp} = Velocidade de Corte para Máxima Produção

t_{ft} = Tempo de troca da ferramenta

E ainda, de acordo com Diniz (2013, pag. 143) a Velocidade de Corte de Mínimo Custo (v_{co}), é dada por:

$$V_{co} = [(C_2 \cdot K) / (60 \cdot (x-1) \cdot C_3)]^{1/x} \quad (3)$$

Onde,

C_2 : soma das despesas com mão de obra e com máquina (R\$ / hora)

C_3 : constante de custo relativo a ferramenta

O Intervalo de Máxima Eficiência (IME) é considerado entre a Velocidade de Corte para Máxima Produção (v_{cmxp}) e a Velocidade de Corte de Mínimo Custo (v_{co}).

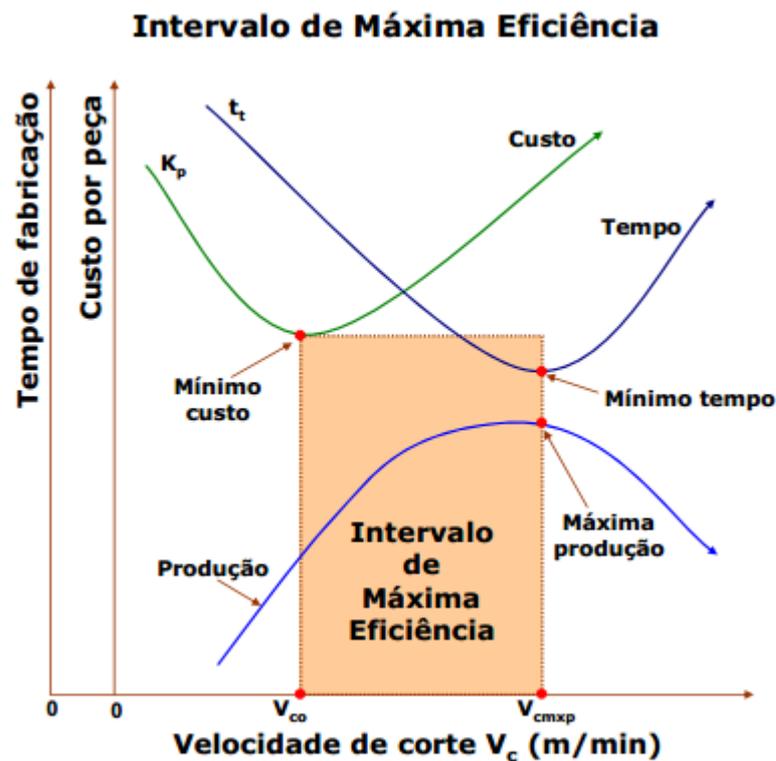


Figura 8 - Intervalo de Máxima Eficiência (IME)
Fonte: Ferraresi

Na figura 8 K_p equivale a custo total de usinagem por peça e t_t ao tempo total de confecção da peça. Notando-se ainda que os “picos” das curvas equivalem a formação do retângulo do IME, e que a dentro desse intervalo obtêm-se os melhores resultados.

Vale ressaltar que mesmo a velocidade de corte estando dentro do IME, como trata-se de um intervalo, pode-se escolher valores diferentes para um mesmo processo, todavia o que deve

ser levado em conta é o momento da empresa no período de estudo, ou seja, em um período onde a produção está precisando ser elevada, esse valor de velocidade de corte deve ser o da v_{cmax} , mas nunca ultrapassá-lo, em contra partida em tempos que a produção não necessita de altos índices de confecção de peças, essa velocidade de corte deve ser a mais próxima da v_{co} , todavia nunca menor do que ela.

Em célula ou linha de produção, a máquina gargalo deve trabalhar próximo a condição de máxima produção, enquanto as demais próximas a condição de mínimo custo.

Outro ponto importante que deve-se levar em conta é o takt time, ou seja o tempo que uma fábrica leva para produzir um produto deve atender a demanda do mercado, se fizer antes disso irá gerar estoques, em caso inverso gerará atraso.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Metodologia

3.1.1 Características da empresa

Devido a uma solicitação da empresa a mesma será chamada por um nome fictício de ABC, a mesma está situada na cidade de Londrina PR, seu ramo de atuação é o metal mecânico, principalmente no segmento de peças usinadas. Essa empresa é de pequeno porte, possui um quadro de 52 funcionários, está no mercado há 15 anos, fabrica peças para autos, e tem 20 tornos CNC, os quais trabalham em 2 turnos.

3.1.2 Apresentação do Problema

Apesar da indústria trabalhar em pleno vapor, com poucas paradas desnecessárias, o Gerente de Produção decidiu testar novos fornecedores de ferramentas, e lhe foi sugerido esse trabalho, o qual em princípio ficou motivado, porém reticente quanto a aumentar os parâmetros das máquinas, pois acreditava que isso além de poder ocasionar quebras das mesmas, ainda poderia aumentar em muito o consumo dos insumos, esses últimos controlados exclusivamente por uma pessoa.

3.1.3 Procedimento experimental

O material a ser usinado foi o aço SAE/ABNT 52100 com dureza aproximada de 54 a 56 HRC da Villares, o tarugo media 49mm de diâmetro x 50 mm de comprimento, a peça final deveria chegar em um diâmetro de 46 mm, foi utilizado um torno CNC com 8 cv e com 4000 RPM , as pastilhas foram utilizadas da marca Sandvik modelo de geometria CNGA 120408 de classe GC6050.

Início 0:

$V_c = 200\text{m/min}$

$f_n = 0.07\text{ mm/ver}$

$a_p = \text{de } 0.25\text{ mm}$

Entretanto notou-se que estava forçando demais a aresta da pastilha e foi necessário fazer uma troca “precoce” com 118 peças produzidas, assim sendo chegou-se junto ao técnico da empresa a sugestão de diminuir o f_n (avanço) e o a_p (profundidade de corte), e o teste deveria ser reiniciado.

Início 1:

$V_C = 200\text{ mm/min}$

$f_n = 0.05\text{ mm/ver}$

$a_p = 0.15 \text{ mm}$

as seguintes condições de usinagem foram definidas:

tamanho do lote de peças Z (unid)	1000
tempo de troca da ferramenta tft (min)	1
tempo de preparo da máquina tp (min)	60
custo HH + custo HM (R\$/h)	80
Custo da pastilha (R\$)	50

Tabela 1 - Dados de iniciais

Utilizando as equações definidas anteriormente chegamos as velocidades de corte para mínimo custo V_0 e Velocidade para máxima produção conforme a tabela 2, dessa forma fica definido o Intervalo para Máxima Eficiência (IME) que corresponde entre as velocidades de 162m/min até 247m/min.

	Vc (m/min)	tt (min)	T (min)	Kp (R\$/peça)
V_0	162	10	49	15,8
catalogo	200	8,6	15	17,81
V_{cmax}	247	8	4,6	27,35

Tabela 2 – IME

Onde v_0 tem um K_p de 15.8 R\$/pç e V_{cmax} tem um custo de 27.35 R\$/pç

Podemos notar também a diferença de tempos T(min) é bastante grande, demonstrando que somente essa análise por parâmetros que é usual nas indústrias não é o suficiente. Dessa maneira coube fazermos uns testes de amostragens de peças com parâmetros diferentes, entretanto dentro do IME, conforme a tabela 3

n	Vc (m/min)	fn (mm/rot)	a_p (mm)	T (min)	passes	tc (min)	tt (min)	Kp (R\$/pç)
1	200	0,05	0,15	16,75	10	7,7	8,82	17,59
2	162	0,05	0,15	49	10	8,7	10	15,8
3	200	0,05	0,3	11,5	5	3,85	4,84	10,71
4	200	0,1	0,3	8,2	5	1,92	2,82	6,74
5	240	0,05	0,15	11,5	10	6,41	7,63	17,26
6	240	0,1	0,15	8,5	10	3,21	4,24	10,45
7	240	0,05	0,3	7,45	5	3,21	4,3	11,2

8	240	0,1	0,3	6,25	5	1,6	2,52	6,62
9	220	0,075	0,225	6,8	7	3,11	4,23	11,44
10	220	0,075	0,225	8,6	7	3,11	4,13	10,1

Tabela 3 - testes dentro do IME, para levantamento de Kp Real

De acordo com a tabela 3, podemos notar que o menor custo real por peça se deu na coleta (n) 8 com uma Vc de 240 m/min e um Kp de 6,62 R\$/pç.

De acordo com esses dados pode-se notar que dentro do IME, porém próximo a velocidade de máxima produção obtêm-se os melhores resultados, mas ainda restou uma dúvida, e se colocássemos acima do IME, foi então feito um novo teste, conforme a tabela 4.

n	Vc (m/min)	fn (mm/rot)	ap (mm)	T (min)	passes	tc (min)	tt (min)	Kp (R\$/pç)
1	252	0,075	0,225	7,6	7	2,71	3,72	9,49
2	260	0,075	0,23	6,9	7	2,5	3,44	10,12

Tabela 4 - testes acima do IME

Pode-se notar que em relação ao resultado fornecido pela tabela 3 a tabela 4 nos mostrou que devemos trabalhar dentro do IME

3.1.4 Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados dos dados e dos cálculos possibilitam algumas análises.

De acordo com a tabela 2 pode-se observar que o procedimento padrão adotado nas empresas de apenas se levar em conta os parâmetros de corte independentemente do IME é equivocado, pois ele mascara o resultado, ou seja ele faz com que a empresa chegue a conclusão equivocada de que vale a pena ir mais lento com a velocidade de corte, pois acredita-se que assim obtêm-se os melhores resultados, todavia a tabela 3 mostrou que o ideal é achar um equilíbrio entre a velocidade de mínimo custo e a velocidade de máxima produção, e que dentro dessa faixa é possível realizar testes e verificar perto de qual dessas duas velocidades nominais deve-se trabalhar para a obtenção dos melhores resultados.

Isso faz com que o custo por peça seja o menor possível e conseqüentemente a empresa lucra

mais, ainda levando-se em conta essa tabela 3, pode-se notar que não basta apenas observar a velocidade de corte, ou o tempo de processo, pois isso faz com que o custo individual por peça seja equivocado, todavia quando levamos em conta um lote de peças o ideal é trabalhar dentro do IME e quanto maior esse lote mais preciso serão os resultados.

Pra finalizar essa análise o responsável questionou sobre aumentar a velocidade de corte acima do IME, isso foi demonstrado na tabela 4, que determinou que o resultado satisfatório encontra-se dentro do IME, pois quando ficou com uma velocidade de corte acima da de dentro do intervalo o custo aumentou, devido a uma série de fatores, devemos ainda frisar que conforme você aumenta muito a velocidade de corte ou o avanço ou ainda a profundidade de corte a tendência é prejudicar o desgaste da ferramenta e também o aspecto visual da peça.

4 CONCLUSÃO

Após identificar quais são foram as melhores velocidades de corte, associadas aos avanços e profundidades de cortes, todos eles permitidos pelo fabricante dos insumos e também adequados a máquina, lembrando ainda que o fluido de corte foi definido como o de uso que era um solúvel em água, de base mineral, com alta lubricidade e índice de refração 1, os resultados obtidos foram apenas referentes ao IME, que demonstrou ser uma ferramenta simples e eficiente para apoio em resultados em torneamento CNC, valendo-se de dados obtidos através de testes realizados, pode-se notar que quanto mais próximo da velocidade máxima de produção menores são os custos de produção por peça, pois os custos com insumos são uma pequena parte do “pacote” de custos, isso fez com que caísse por terra duas características bastante usadas na empresa em análise, a primeira delas é que os funcionários preocupavam-se excessivamente com o consumo das ferramentas, fazendo com que as velocidades de corte fosse baixas a segunda é que muitos para que não precisem realizar cálculos e testes, optam diretamente para os valores medianos descritos pelo fabricante, os quais determinam devido a uma segurança relativa que julgam ter que cumprir para que o primeiro motivo descrito nessa conclusão ainda não esteja tão distante da velocidade nominal de corte dos fabricantes.

Assim o resultado que mostrou-se satisfatório tende a ser o que produz mais rápido a peça, ou seja, aproxime-se da velocidade de corte para a máxima produção, desde que a velocidade de

corte esteja dentro do IME.

Pode-se ainda dizer que existem outros pontos que podem ser estudados para melhoria, podendo ser toda a fábrica atendida, e em relação ao projeto desenvolvido, podem ser realizados testes e aplicá-los dentro do IME, dentre as possibilidades pós melhoria, pode ser estudado um fluido de corte integral, outras classe de isertos, etc.

5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 334p.

BEULKE, R.; BERTÓ, D. J. **Gestão de custos**. 1. ed. São Paulo: EDITORA SARAIVA, 2006. 390p.

BLASER SWISSLUBE DO BRASIL. Disponível em:
<<http://www.blaser.com/index.cfm?type=start&land=br>> Acesso em: 14 set. 2013

CAMPOS, V. F. **TQC controle da qualidade total no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: INDG, 2004. 256p.

CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; SLACK, N. **Administração da produção**. 2. ed. SÃO PAULO: ATLAS S.A., 2002. 747p.

CHIAVENATO, I. **Comportamento organizacional: A dinâmica do sucesso das organizações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010. 537p.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferro fundidos**. 7. ed. SÃO PAULO: ABM, 2008. 599p.

CIMM. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico> Acesso em: 12 set. 2013

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 690p.

CURY, A. **Organização e métodos: uma visão holística**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 600p.

DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. 2. ed. Estados Unidos e Canadá: Marques-Saraiva, 1990. 367p.

DINIZ, A. E. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 8. ed. SÃO PAULO: ARTLIBER, 2013. 270p.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. 11. ed. SÃO PAULO: EDIGARD BLUCHER LTDA, 2003. 751p.

GROOVER, M. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. São Paulo: PEARSON, 2010. 581p.

JOHANN, S. L. **Gestão da cultura corporativa**. 1. ed. São Paulo: SARAIVA, 2004. 183p.

KENNAMETAL. Disponível em:
<<http://www.kennametal.com/kennametal/pt/promotions/kennametal-master-catalog-2013.html>> Acesso em: 12 set. 2013

LAUGENI, F. P.; MARTINS, P. G. **Administração da produção**. 2. ed. SÃO

PAULO: SARAIVA, 2005. 562p.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração: da revolução urbana à revolução digital**. 7. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012. 468p.

MEREDITH, J. R.; SHAFER, S. M.; UNIVERSITY, W. F. **Administração da produção para MBAs**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 391p.

NEUMANN, C. **Gestão de sistemas de produção e operações: produtividade, lucratividade e competitividade**. 1. ed. RIO DE JANEIRO: Elsevier Editora Ltda, 2013. 248p. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=tSxHAAAQBAJ&pg=PT264&dq=produ%C3%A7%C3%A3o+slack&hl=pt-BR&sa=X&ei=5IM2Uuf_EorU8wS_x4C4DQ&ved=0CGkQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 2 set. 2013

OLIVEIRA, D. P. R. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. 18. ed. São Paulo: EDITORA ATLAS S.A., 2009. 480p.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade**. 2. ed. SÃO PAULO: Atlas, 2004. 339p.

ROCHA, A. **Teoria da usinagem dos materiais**. 2. ed. UBERLÂNDIA: EDGARD BLUCHER, 2011. 397p.

Romi. Disponível em: <<http://www.romi.com.br>> Acesso em: 11 agosto. 2014

SOUZA, P. D. A. J. **Processos de fabricação por usinagem**. 2011. 89f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em:
<http://www.chasqueweb.ufrgs.br/~ajsouza/ApostilaUsinagem_Parte1.pdf> Acesso em: 16 set. 2013

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 701p.

TORNO CNC - Conceitos Básicos. Disponível em:
<<http://www.mundocnc.com.br/basic11.php>> Acesso em: 20 nov. 2014

VASCONCELOS, I. G.; MOTTA, F. C. P. **Teoria geral da administração**. 3. ed. São Paulo: THOMSON LEARNING EDIÇÕES Ltda, 2006. 428p.

**Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**