

PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES DE USINAGEM NO TORNEAMENTO POR UM PROGRAMA COMPUTACIONAL

Durval Uchôas Braga - durval@ufsj.edu.br

Prof. Dr. Departamento de Mecânica - DEMEC

Universidade Federal de São João del Rei – Campus Santo Antônio, Pça. Frei Orlando 170, Centro
– cep 36307-352, São João del Rei – MG

Fone: (32) 3379 2605

Samuel Elias Ferreira - ferreirase@hotmail.com

Aluno Engenharia Industrial Mecânica AI/CNPq

Universidade Federal de São João del Rei – Campus Santo Antônio, Pça. Frei Orlando 170, Centro
– cep 36307-352, São João del Rei – MG.

Fone: (32) 3379 2605

Resumo:

Com o advento da globalização as indústrias, para continuarem competitivas, tem buscado cada vez mais aumentar sua produtividade, com a redução dos custos de produção, principalmente através da diminuição das perdas geradas durante o processo. Nos processos de usinagem, determinar os parâmetros de corte e realizar o planejamento das operações nem sempre é uma tarefa fácil. E isto pode ser realizado de várias formas, sujeito a ocorrência de erros e consequentemente perdas para o processo. Atualmente existem softwares que auxiliam no planejamento e otimização das operações de corte, mas o custo de aquisição deste tipo de software ainda é bastante significativo o que dificulta a aquisição dos mesmos em empresas de pequeno e médio porte. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um software para o planejamento das operações de usinagem em processo de torneamento, fornecendo ao usuário de forma rápida e fácil todos os dados necessários para que o mesmo possa executar a usinagem da peça. Este programa pode ter grande aplicação principalmente no “chão-de-fábrica”, em que a determinação dos parâmetros de corte é realizada com base em catálogos de fabricantes de ferramentas e na experiência do operador. Assim, pode-se através deste minimizar a ocorrência de erros ou o uso de parâmetros de corte conservadores o que causaria perdas para o processo, por não se utilizar dos recursos disponíveis, aumentando o custo final do produto.

Palavras-chave: Software, Parâmetros de corte, Planejamento da usinagem, Torneamento

1. Introdução

Atualmente, reduzir os custos de produção tem sido uma questão de sobrevivência para a indústria metal-mecânica competir neste mercado globalizado. Neste contexto, com o desenvolvimento acelerado da tecnologia, o uso da informática como uma ferramenta para o auxílio nas tarefas diárias tornou-se uma atividade comum. Hoje diferentes software aplicativos e avançados tem sido empregados nos diversos campos da ciência e tecnologia permitindo a racionalidade de uso dos recursos naturais através da otimização de processos de produção.

O uso de softwares especialistas que permitem o projeto adequado das operações de usinagem de forma rápida e eficiente, bem como em algumas vezes, otimizar o projeto da peça e das operações a serem realizadas, tem sido utilizado pelas indústrias. Mas mesmo com o desenvolvimento da tecnologia, o custo destes tipos de softwares ainda é bastante significativo, o que dificulta a utilização dos mesmos em empresas de pequeno e médio porte.

Nos processos de usinagem, como no torneamento, a determinação dos parâmetros de corte adequados para cada operação nem sempre é uma tarefa simples. Isso porque os parâmetros de corte

(velocidade de corte, avanço e profundidade de corte) dependem de algumas variáveis que não se correlacionam de forma linear. As condições de corte no torneamento dependem basicamente do tipo de operação, do material a ser usinado, da máquina-ferramenta, das condições de lubrificação e do tipo de ferramenta utilizada.

A utilização de softwares para o auxílio no planejamento das operações de usinagem, contribui para a redução de rejeitos em função de uma possível quebra da ferramenta por uso de parâmetros errados ou uma rugosidade acima da esperada ou ainda, evita perda da eficácia do processo pelo uso de parâmetros conservadores por parte do operador.

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um software para o planejamento das operações de usinagem em processo de torneamento. Este software fornece ao usuário de forma rápida e fácil todos os dados necessários para que o mesmo possa executar a usinagem da peça.

Por possuir uma interface amigável este programa pode ter grande aplicação principalmente no “chão-de-fábrica”, em que a determinação dos parâmetros de corte é realizada com base em catálogos de fabricantes de ferramentas e na experiência do operador. Assim, pode-se minimizar a ocorrência de erros ou o uso de parâmetros de corte conservadores o que causa uma sub-utilização dos recursos disponíveis elevando o custo do produto.

2. Metodologia Utilizada

O programa foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Visual Basic 5.0 com o objetivo de sugerir as condições de corte necessárias para a usinagem da peça em processo de torneamento bem como a estimativa de vida para a ferramenta, o consumo aproximado de potência, o quilowatt-hora gasto na usinagem, os tempos de desbaste, acabamento e passivos e, também, em quantos e como serão realizados os passes para a execução da peça.

Para a realização destes cálculos o software necessita que o usuário indique:

- Os dados referentes a geometria da peça;
- o ponto de troca da ferramenta e a velocidade de avanço rápida da máquina;
- se a operação será realizada com velocidade de corte ou rotação constante;
- o material da peça – o software possui um banco de dados com os materiais mais utilizados pela indústria metal mecânica
- o ângulo de ataque (χ_r) e o raio de ponta da ferramenta em desbaste;
- a rugosidade média esperada e o raio de ponta da ferramenta de acabamento;
- a potência, rendimento e rotação máxima da máquina.

O programa foi desenvolvido com base em dados para a utilização de ferramentas de metal duro, por serem muito utilizadas pela indústria de usinagem. Sendo que, para a operação de desbaste, os dados relativos a velocidade de corte foram obtidos considerando a pastilha tipo ISO P25, M25 ou K25 e para acabamento a pastilha tipo ISO P10, M10 ou K10 para uma vida de 15 minutos conforme norma ISO. Em função de uma eventual limitação da máquina, a vida pode atingir valores mais elevados.

A primeira etapa é definir quais operações serão realizadas e a ordem de execução das mesmas possibilitando ao software reconhecer a geometria da peça dentre as quatro operações básicas da usinagem, como: o faceamento, a interpolação linear, a interpolação circular e a operação de cilindrar. O usuário deve fornecer o diâmetro da peça em bruto, o ponto de troca da ferramenta e a velocidade rápida da máquina e indicar se a máquina possui rotação ou velocidade de corte constante. Após esta etapa o software disponibiliza para preenchimento de dados da peça as janelas referentes as operações na ordem que o mesmo forneceu. Os dados destas janelas serão utilizados para o cálculo do diâmetro equivalente da peça para o caso de uma operação com rotação constante, dos tempos ativos e passivos de desbaste e acabamento e dos passes a serem realizados.

Após a definição da geometria da peça, o software disponibiliza ao usuário uma janela destinada aos dados que serão utilizados no cálculo das condições de corte em desbaste e acabamento. Primeiramente, o usuário deve definir o material que será usinado e sua dureza caso a mesma seja diferente da especificada. Assim, o software preliminarmente identifica as velocidades de corte em

desbaste e acabamento para um avanço de 0,40 mm/volta para os aços carbono e inox e de 0,30 mm/volta para o ferro-fundido e a pressão específica de corte (K_s) para o valor de espessura do cavaco (h) de 0,40 mm.

Na operação de desbaste, o avanço máximo a ser utilizado é definido em função do raio de ponta da ferramenta e, com o ângulo de ataque, obtêm-se o cálculo da espessura do cavaco corrigindo ou não a pressão específica de corte.

Na operação de acabamento, a profundidade de corte é sugerida ao usuário em função do raio de ponta da ferramenta. Pois aconselha-se utilizar uma profundidade de corte no mínimo igual ao raio de ponta da ferramenta evitando um aumento da força passiva e, conseqüentemente, da rugosidade da peça. O avanço é calculado em função da rugosidade e do raio de ponta. Os avanços calculados (acabamento e desbaste) são também utilizados para corrigir as velocidades de corte se necessário, sendo que estas também podem ser corrigidas em função da dureza do material.

Em relação à máquina-ferramenta, os dados relativos a potência, bem como o seu rendimento e sua rotação máxima, serão utilizados para o cálculo da profundidade de corte em operação de desbaste, para a determinação do diâmetro crítico da peça (na caso da máquina ser de velocidade de corte constante) e para a verificação se com a geometria da peça a ser usinada a velocidade de corte em desbaste e em acabamento não ultrapassam a máxima que se pode atingir.

O programa possibilita ainda que o usuário interaja com o mesmo podendo modificar os valores de velocidade de corte, avanço e profundidade de corte em desbaste e em acabamento. Assim, o usuário pode testar a mesma peça em várias condições de corte, melhorando e adequando os resultados para sua situação.

3. Resultados

O programa foi testado pelos pesquisadores do Grupo de Fabricação – GRUFAB da Universidade Federal de São João del Rei para diversas configurações de, geometria de peça, máquina, material e ferramenta, sendo que em todos os testes os cálculos realizados pelo programa conferiram com os resultados obtidos pelos pesquisadores e um destes testes será mostrado como exemplo de aplicação do programa.

Considerando o torneamento do aço SAE 1045 com dureza Brinell de 170HB, utilizando pastilha de metal duro com raio de ponta de 04 para o desbaste e 08 para o acabamento. A máquina-ferramenta é o Centur 35II pertencente ao laboratório de Comando Numérico (LACON) do Departamento de Mecânica (DEMEC), cuja potência é de 8cv e rotação máxima de 2360rpm, esta máquina possui rotação constante e seu rendimento é de 75%. O desenho da peça usinada pode ser observado na Fig. (1).

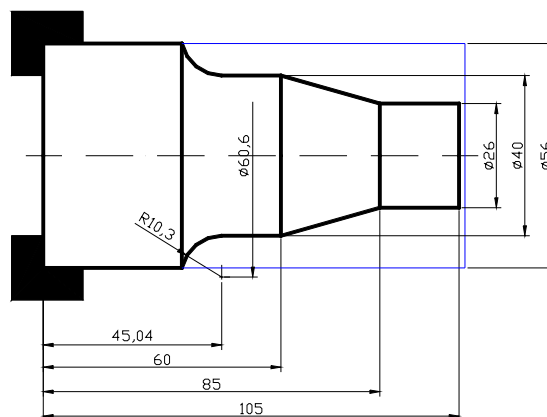


Figura 1 – Desenho técnico da peça utilizada.

Ao iniciar a execução do programa a primeira página de entradas de dados que é mostrada ao usuário pode ser vista na Fig. (2), onde os dados inseridos são referentes à peça da Fig. (1).

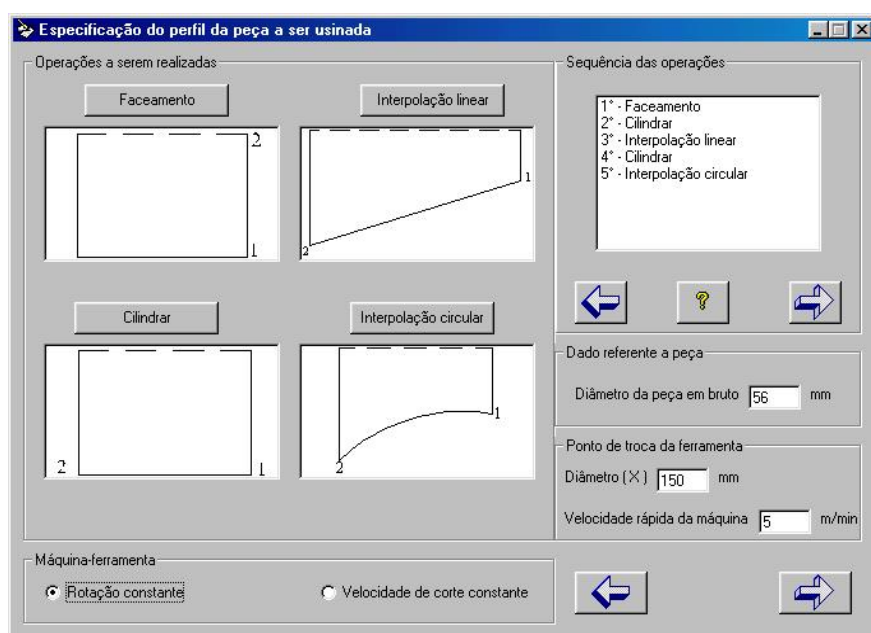


Figura 2 – Página de gerenciamento das operações de usinagem.

O usuário deve inserir as operações na ordem de execução das mesmas clicando sobre o botão que as representa. O diâmetro bruto ou o diâmetro inicial da peça deverá ser fornecido, este é um dado importante para o cálculo do número de passes a serem executados. Para que se possa calcular os tempos passivos devem ser fornecidos o ponto de troca da ferramenta em diâmetro e a velocidade de avanço rápido da máquina. O tipo de máquina utilizada, rotação constante ou velocidade de corte constante irá determinar como o programa irá calcular os tempos de corte para a execução da peça.

Após os dados desta página serem corretamente fornecidos o programa envia ao usuário as páginas referentes as operações a serem executadas na ordem fornecida pelo usuário. Nesta página, o botão que possui o símbolo de uma interrogação indica ao usuário como utilizar o software de forma correta. Na Fig. (3) pode-se observar a tela referente a operação de faceamento. No caso deste exemplo, trata-se de um faceamento sem furo na face mas o programa possui a opção “com furo na face” no caso da peça possuir um furo ou ainda ser uma peça que possua reentrância. Nesta janela o único dado necessário se refere ao diâmetro do faceamento.

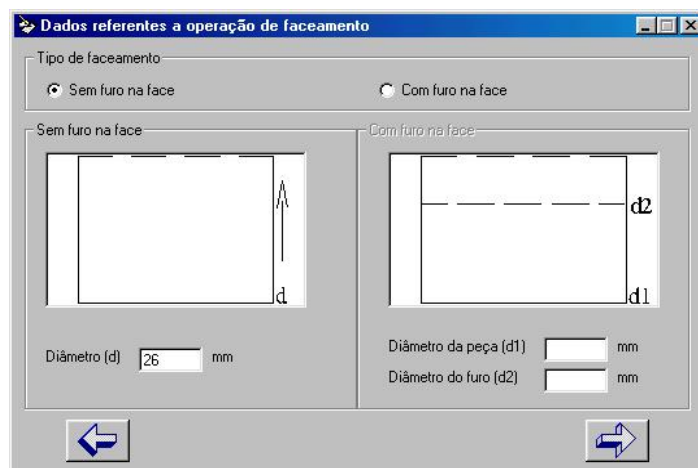


Figura 3 – Tela da operação de faceamento.

A janela subsequente pode ser vista na Fig. (4). Esta se refere a operação de cilindrar, onde os dados necessários são o diâmetro e o comprimento a ser usinado. Todos os dados fornecidos ao programa são testados para que o mesmo não realize os cálculos com dados incompatíveis, por exemplo, o diâmetro da operação de cilindrar tem que necessariamente ser o mesmo da operação de faceamento, caso contrário o programa emite uma caixa de aviso para que o usuário possa corrigir o erro.

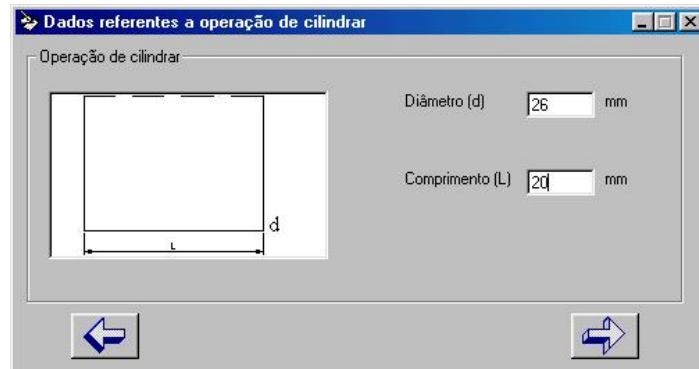


Figura 4 – Tela referente a operação de cilindrar.

A terceira operação é uma interpolação linear, como mostrado na Fig. (5). Para o caso desta operação devem ser fornecidos os diâmetros inicial, final e o comprimento (L). A quarta operação a ser realizada é novamente uma operação de cilindrar, como mostrado na Fig. (6).

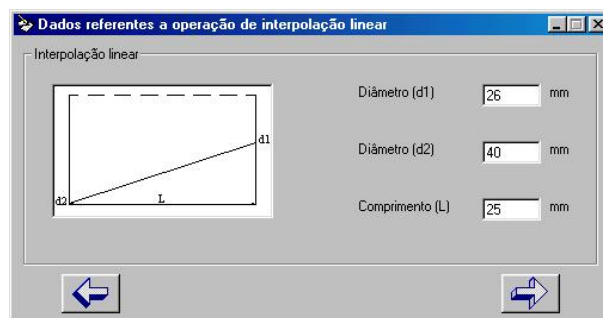


Figura 5 – Tela da operação de interpolação linear.

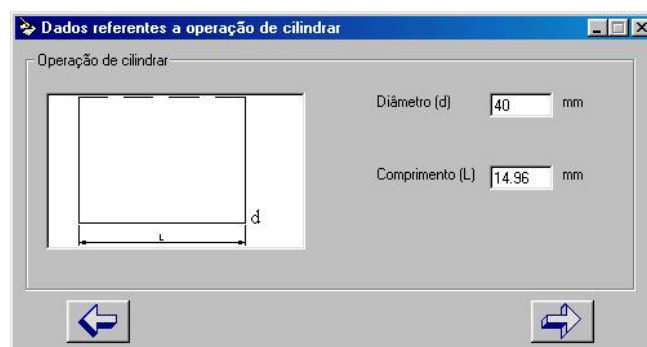


Figura 6 – Tela referente a quarta operação a ser realizada.

A operação posterior se refere a uma interpolação circular como pode ser observado na Fig. (7). Para esta operação pode-se ter quatro configurações diferentes. Esta pode ser de sentido anti-horário com diâmetro final maior ou menor que o inicial e de forma semelhante para o caso da mesma possuir sentido horário.

Dados referentes a operação de interpolação circular

Sentido da interpolação circular:
☐ Sentido horário
☒ Sentido anti-horário

O diâmetro (d2) é maior que o diâmetro (d1) ?
☒ Sim
☐ Não

Diâmetro (d1) mm

Diâmetro (d2) mm

Raio do círculo (R) mm

Diâmetro do centro do raio (Dc) mm

Comprimento do centro do raio (Lc) mm

Comprimento do ponto d1 (L1) mm

Navigation buttons: Previous (left arrow) and Next (right arrow).

Figura 7 – Tela referente a operação de interpolação circular.

Dados para o cálculo das condições de corte

Material a ser usinado:

<input checked="" type="radio"/> Aço carbono	<input type="text" value="1045"/>	Dureza Brinell (HB) 150	Dureza do material (HB) <input type="text" value="170"/>
<input type="radio"/> Aço inox	<input type="text" value="Aço inox"/>		<input type="text"/>
<input type="radio"/> Ferro fundido	<input type="text" value="Ferro fundido"/>		<input type="text"/>

Os materiais referenciados possuem a nomenclatura conforme a norma AISI/SAE

Dados para o desbaste:

Raio de ponta (Re) Ângulo de ataque da ferramenta (°) graus

Dados para o acabamento:

Rugosidade média (Ra) Raio de ponta (Re) Profundidade de corte (ap) mm

Profundidade de corte mínima sugerida 0.8 mm

Dados da máquina-ferramenta:

Potência ☒ cv ☐ kW Rendimento %

Máxima rotação da máquina rpm

Navigation buttons: Previous (left arrow) and Next (right arrow).

Figura 8 – Dados para o cálculo das condições de corte.

Após o término da especificação da geometria da peça, o programa permite que o usuário insira os dados referentes, ao material a ser usinado, às operações de desbaste e de acabamento e à máquina-ferramenta, como pode ser observado na Fig. (8). A profundidade de corte mínima no acabamento é sugerida em função do raio de ponta da ferramenta.

A Fig. (9) se refere a página do programa onde o usuário pode interagir com o mesmo adequando os resultados obtidos à sua realidade. Neste caso como as operações serão realizadas com rotação constante o usuário deve entrar com a rotação da máquina padronizada. Para ambas as operações a rotação calculada foi a máxima da máquina, em função da velocidade de corte para usinar este material nestas condições ultrapassar a velocidade máxima que se pode atingir nesta máquina.

Caso o usuário entre com novos valores para a velocidade de corte, o botão para o cálculo da nova rotação da máquina torna-se disponível para que o usuário possa então novamente padronizá-la. A profundidade de corte tanto em acabamento quanto em desbaste podem sofrer alterações durante o cálculo do número de passes a serem executados em função do algoritmo, neste caso limitou-se que a máxima profundidade de corte em desbaste seria 2,2 mm. O avanço em

acabamento foi limitado num valor menor que o encontrado, para garantir que a rugosidade média esperada seja obtida.

Finalmente, após realizadas as devidas correções pode-se obter os resultados como mostrado na Fig. (10). Consta desta página os dados referentes as condições de usinagem da peça, bem como os parâmetros de corte determinados, a estimativa de vida para a ferramenta e o consumo aproximado de potência. Neste caso a peça será confeccionada com sete passes em desbaste, onde a posição zero se refere a ponta da peça. Os tempos para cada passe de desbaste bem como para a operação por completo estão especificados, assim como o tempo necessário para a operação de acabamento, uma estimativa do tempo passivo, o tempo total de usinagem e também a energia que será consumida durante o corte.

Condições de corte no torneamento

Entre com a rotação da máquina que mais se aproxima da calculada

Desbaste
Rotação calculada **2360 rpm** Rotação da máquina rpm

Acabamento
Rotação calculada **2360 rpm** Rotação da máquina rpm

Diâmetro equivalente **31,0617 mm**

Resultados do desbaste - Caso deseje mudar entre com o novo valor na respectiva caixa

Velocidade de corte **230 m/min** m/min

Avanço **0,2 mm/volta** mm/volta

Profundidade de corte máxima **2,24 mm** mm

Resultados do acabamento - Caso deseje mudar entre com o novo valor na respectiva caixa

Velocidade de corte **230 m/min** m/min

Avanço máximo **0,134 mm/rev.** mm/volta

Profundidade de corte **1,0 mm** mm

Figura 9 – Condições de corte obtidas no torneamento.

Planejamento das operações de usinagem no torneamento

Salvar Fechar Sair

Torneamento do aço carbono AISI/SAE 1045 nas seguintes condições:

Máquina-ferramenta com rotação constante

Potência 8,00 cv Rendimento 0,75 % Rotação máxima 2360 rpm Diâmetro equivalente 31 mm

Dados do desbaste: Raio de ponta da ferramenta 0,4 mm Ângulo de ataque da ferramenta 95 °

Dados do acabamento: Rugosidade média 0,58 Raio de ponta 0,8 mm Profundidade de corte 1 mm

Condições de corte no desbaste

Velocidade de corte	230 m/min	Rotação da máquina 2360 rpm	
Avanço	0,2 mm/rev.	Consumo aproximado de potência	7,15 cv
Profundidade de corte	2, mm	Estimativa de vida	60,0min

Condições de corte no acabamento

Velocidade de corte	230 m/min	Rotação da máquina 2360 rpm	
Avanço	0,13 mm/rev.	Consumo aproximado de potência	2,63 cv
Profundidade de corte	1,0 mm	Estimativa de vida	60,0min

Planejamento das operações

7 passes em desbaste com ap de 2, mm e 1 passe em acabamento com ap de 1, mm

2° - Da posição zero a posição 67,109, diâmetro 48,00 mm e tempo de 8,53 s

3° - Da posição zero a posição 65,059, diâmetro 44,00 mm e tempo de 8,27 s

4° - Da posição zero a posição 44,000, diâmetro 40,00 mm e tempo de 5,59 s

5° - Da posição zero a posição 36,857, diâmetro 36,00 mm e tempo de 4,69 s

6° - Da posição zero a posição 29,714, diâmetro 32,00 mm e tempo de 3,78 s

7° - Da posição zero a posição 22,571, diâmetro 28,00 mm e tempo de 2,87 s

Tempo em desbaste	42,41 s	Tempo total	74,12 s
Tempo em acabamento	17,89 s		
Tempo passivo estimado	13,82 s	Kwh estimado	0,1030 kWh

Figura 10 – Planejamento das operações de usinagem.

4. Conclusão

O programa “Tornear” pode ser utilizado de forma fácil, rápida e eficiente como auxílio na difícil tarefa de determinação dos parâmetros de corte adequados bem como no planejamento das operações de corte. Através de sua interface amigável permite que o usuário interfira nos parâmetros de corte calculados possibilitando que o mesmo obtenha um resultado mais satisfatório testando diversas configurações.

5. Referências Bibliográficas

- Diniz, A. E.; Marcondes, F. C.; Coppini, N. L., 2000; “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”; Ed. Art Liber, São Paulo, Brasil, 244p.
- Ferraresi, D., 1970; Fundamentos da Usinagem dos Metais; ed. Edgard Blucher, São Paulo – SP.
- Holzner, Steven, 1994; Visual basic for windows: versao 3.0; ed. Campus, Rio de Janeiro- RJ, 673p.
- Paiva, L. F., 1997; Microsoft Visual Basic, Enterprise Edition Version 5.0 (SP3); Microsoft Corporation;.
- Sandvik Coromant, Catálogo de Ferramentas para o Torneamento.

6. Direitos Autorais

Os autores Durval Uchôas Braga e Samuel Elias Ferreira são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído neste trabalho.

Planning of machining operations in turning by a computer program

Durval Uchôas Braga - durval@ufsj.edu.br

Prof. Dr. Mechanical Department - DEMEC

Universidade Federal de São João del Rei – Campus Santo Antônio, Pça. Frei Orlando 170, Centro – cep 36307-352, São João del Rei – MG

Phone: 55 (32) 3379 2605

Samuel Elias Ferreira - ferreirase@hotmail.com

Estudant of Mechanical Engineering AI/CNPq

Universidade Federal de São João del Rei – Campus Santo Antônio, Pça. Frei Orlando 170, Centro – cep 36307-352, São João del Rei – MG.

Phone: 55 (32) 3379 2605

Abstract

With the advent of the globalization the industries, to continue competitives, it's searched increase its productivity, with the reduction of the production costs, mainly through the decrease of the losses create during the process. In the machining process, establish the cut parameters and make the planning of the operations sometimes it's difficult. And can be accomplished in several ways, so can occur fails and consequently losses for the process. Nowadays software that aid in the planning and optimization of the cut operations, exist but the cost of acquisition of this software type is still quite significant what makes difficult the acquisition of ones in companies of small and medium load. This work had as objective the development of a software for the planning of the machining operations in turnning, supplying for the user of a fast and easy way all the necessary data so that the same one can execute the machining of the piece. This program can have great application mainly in the "ground-of-factory", in that the determination of the cut parameters is

accomplished with base in manufacturers of tools catalogs and in the experience of the operator. So the utilization of this program can minimize the occurrence of mistakes or the use of conservatives cut parameters that it would cause losses for the process increasing the final cost of the product.

Key-words: Software, Cutting Parameters, Machining Planning, Turnning