

INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO TORNEAMENTO DE AÇO E ALUMÍNIO

Gerson Caetano de Sales Neto¹

Edson Roberto da Silva²

RESUMO

Este trabalho analisa o acabamento da parte superficial de duas peças usinadas (uma de Alumínio e outra de Aço ABNT 1045), onde se realizou uma análise de cada corpo de prova em um torno convencional com adição de fluidos de corte mais utilizados no mercado atualmente. Mesmo com o uso de ferramentas que suportam altas temperaturas e resistência ao atrito, a utilização do fluido ainda é necessário em alguns casos para obter resultados em alto nível de qualidade no produto. Os fluidos são aplicados em vários processos. Neste trabalho, é abordada a importância do fluido para pequenas usinagens em torno convencional. Após o torneamento, utilizou-se um rugosímetro para analisar o acabamento superficial da peça como critério de medição da eficiência do fluido. Para ter chegado as conclusões foi executado uma análise de variância, onde foram verificados os parâmetros: o tipo de material da peça e o tipo de fluido de corte. Os resultados obtidos por esta pesquisa chegou – se as seguintes conclusões: O material da peça tem forte influência sobre a rugosidade superficial das peças usinadas e conseqüentemente sobre o seu acabamento; O tipo de fluido de corte não exerceu influência entre eles sobre a rugosidade superficial; O efeito combinado entre fluido de corte e material da peça também não exerceram influência entre eles sobre o acabamento superficial das peças estudadas.

Palavras chave: Rugosidade superficial. Refrigeração. Lubrificação. Desgaste.

¹ Graduando de Engenharia Mecânica pela Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Mecânica.

² Orientador, Professor Mestre da Faculdade de Engenharia Mecânica.

1INTRODUÇÃO

Durante uma usinagem, acontece uma grande geração de calor gerado pelo atrito entre a peça e a ferramenta, ocasionando resultados insatisfatórios. E com isso, eleva-se os gastos na produção. Para diminuir ou dissipar parte desse calor produzido, utiliza-se fluidos de corte. Assim, os resultados podem melhorar tanto na peça usinada quanto no desgaste pré-maturo da ferramenta.

Com o passar do tempo, muitos experimentos foram realizados e novos lubri-refrigerantes surgiram como (óleos minerais, óleos emulsificantes e fluidos de corte) (LISBOA, MORAES e HIRASHITA, 2013).

Por mais que os fluidos tragam vantagem no processo, é necessário escolher com cautela, pois alguns fluidos têm derivados químicos, podendo ocasionar anomalias para a saúde e, se não descartados adequadamente, podem causar contaminação no solo, na água e no ar.

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise do acabamento superficial de dois diferentes materiais usinados por torneamento. Para tanto, um material em alumínio e outro em aço ABNT 1045 foram torneados com rotação e avanço constante, com dois tipos diferentes de fluidos de corte. Isso com a finalidade de verificar se o fluido e o material da peça influenciam no acabamento superficial.

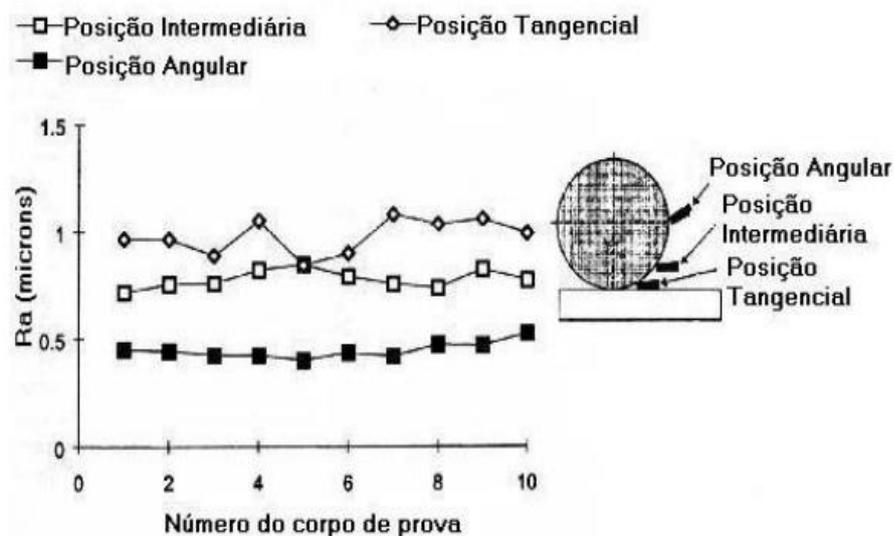
1.1 FLUIDOS DE CORTE

Os fluídos têm a capacidade da remoção de calor e lubrificar, melhorando o acabamento superficial, reduzindo o desgaste das ferramentas, ajudando na remoção dos cavacos da área usinada e protegendo todas as partes envolvidas da corrosão (RUNGE; DUARTE, 1989). Além disso, o fluido engloba outras funções, como prevenira soldagem cavaco-ferramenta, retirar cavaco da área usinada, proteger contra a corrosão, reduzir a dilatação (distorção) térmica da peça, evitando danos à estrutura superficial e o crescimento exagerado de tensões residuais na superfície da peça usinada principalmente em procedimentos de retificação (DINIZ; MARCONDES; COPPINI, 2000).

De acordo com Ebbrell et al. (1999), os benefícios ganhos com o uso de fluidos são a capacidade de refrigeração, lubrificação e a remoção de cavaco produzido, porém a sua aplicação pode acontecer de forma inadequada. Um bom exemplo de má aplicação é a dispersão de fluido no instante da usinagem, resultando em enormes perdas. A lubrificação e a refrigeração necessitam da penetração de fluido na área usinada, não necessitando de elevados volumes de fluido, mesmo que boa parte deste fluido não esteja penetrando na região de corte como desejado. Mas o tipo de posicionamento do bocal tem grande influência no momento do corte.

A Figura 1 mostra o efeito do posicionamento do bocal com relação à peça e à ferramenta na rugosidade média (Ra) da peça.

FIGURA 1 - Efeito do posicionamento do bocal com relação à rugosidade



Fonte: Ebbrell et al. (1999).

Observando a Figura 1, pode-se perceber o efeito da colocação do bocal com relação à rugosidade média da peça, no qual a posição angular constatou uma rugosidade menor em virtude da não lubrificação/refrigeração eficaz dos grãos abrasivos da ferramenta, deixando assim, um melhor acabamento superficial, o que causa maior desgaste na ferramenta. O fato contrário pode ser visto quando o posicionamento do bocal acontece de forma tangencial, no qual há uma melhor lubrificação/refrigeração resultando um menor desgaste da ferramenta.

Um jato de fluido utilizado de forma direta na área usinada tem a eficiência de reduzir a temperatura da peça. No entanto, elevadas velocidades do jato de fluido pede uma penetração mais efetiva na região de corte. Utilizando um bocal com formato circular (Figura

2a), obteve-se uma redução de temperatura na área usinada, fazendo comparação com o jato convencional (Figura 2b), onde é utilizado de forma dispersa e com menor velocidade (WEBSTER, 1995).

FIGURA 2-a)Bico especial arredondado; b) Bocal convencional

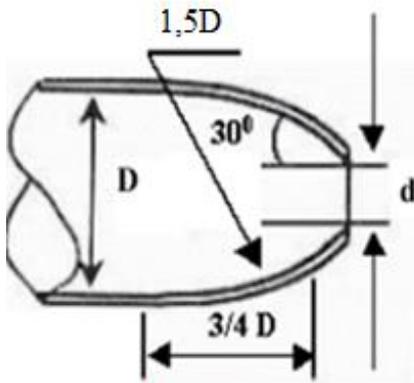


Figura 2a



Figura 2b

Fonte: Webster (1995).

1.2 FLUIDOS DE CORTE: CLASSIFICAÇÃO, FUNÇÕES

1.2.1 Classificação

Existem várias maneiras de classificar os fluidos de corte, porém não há uma padronização. Os fluidos podem ser distribuídos em três tipos conforme seu estado físico (FERRARESI, 1969).

Os tipos de fluidos são classificados da seguinte forma:

- a) Ar
- b) Tipo Aquosos: - água
- emulsões
- c) Óleos:- Óleos minerais
- Óleos graxos
- Óleos compostos
- Óleos de extrema pressão

Apesar de que a aplicação de fluidos gasosos e sólidos seja descrita na literatura técnica, os fluidos líquidos consistem na maioria das aplicações em uma usinagem. O fluido gasoso mais popular é o ar comprimido, pois ele é bem eficiente na expulsão dos cavacos na

área usinada. Mas sua capacidade refrigerante e lubrificante é mínima. Os lubrificantes sólidos são utilizados sobre a superfície de saída da ferramenta com o propósito de diminuir o coeficiente de atrito ferramenta/cavaco (MACHADO et al.,2009).

Na investida de unir as classificações existentes, retrata-se na Figura 3a classificação, composição e principais propriedades dos fluidos de corte.

FIGURA 3 - Classificação, composições e principais propriedades dos fluidos de corte

Classificação dos fluidos de corte	Sólido	Líquido			Gasoso
		Óleos puros	Óleos emulsionáveis	Fluidos químicos	
Principais composições	Grafite e bissulfeto de molibidênio.	Óleo mineral e/ou óleo graxo (Agentes EP: cloro, enxofre e fósforo).	Óleos, água e emulsificadores (Agentes EP, antioxidantes e umectantes).	Água, sais orgânicos e inorgânicos, (Agentes EP, anticorrosivos, antioxidantes, biocidas e umectantes).	Ar, dióxido de carbono, nitrogênio e vapor.
Principais propriedades	Lubrificação.	Lubrificação, Extrema-pressão, Anticorrosão.	Boa Refrigeração, Boa antioxidação, Baixa lubrificação, Boa anticorrosão, Extrema-pressão.	Excelente Refrigeração, Baixa lubrificação, Boa anticorrosão e antioxidação, Fácil remoção, Extrema-pressão.	Refrigeração.

Fonte: Ferraresi (1977) e Diniz (1999).

1.2.2 Funções de um fluido de corte

Segundo Motta e Machado (1995) e Runge e Duarte (1990), os fluidos podem realizar uma ou mais funções, entre as seguintes: refrigerar a ferramenta, o cavaco produzido e a peça usinada; lubrificar o local de contato peça-ferramenta, diminuir a fricção, reduzir a erosão e a deterioração da ferramenta, aumentando-se a sua vida útil e colaborando para uma minimização de calor produzido na área usinada; monitorando o surgimento da aresta postiça, no caso de ferramentas de geometria definida; certificar seu poder de lavagem, afastando os cavacos da área usinada e, no caso de execuções de retificação, reduzindo a tendência de obstruir os poros do rebolo no momento da operação de corte; fornecer uma proteção anticorrosiva. A influência relativa de cada uma das aplicações dependerá ainda do material usinado, do perfil de ferramenta utilizada (geometria definida ou indefinida), das possibilidades de usinagem, do acabamento superficial e do controle dimensional exigido.

1.3 SELEÇÃO DO FLUIDO DE CORTE

A escolha do fluido perfeito é trabalhoso devido à ampla diversidade de produtos disponíveis em um mercado altamente competitivo. O custo é elevado e a utilização de fluido deve ser injetado economicamente, isto é, os ganhos devem superar o investimento. Em fins de consumo industrial, os óleos emulsionáveis estão um passo à frente dos demais. Porém, os novos produtos, especialmente os sintéticos, estão conquistando cada vez mais o mercado consumidor.

Estudos de laboratório devem ser usados como norma para a seleção exata do tipo de fluido e dos aditivos, ainda que a maioria dos produtores oferecem tabelas e diagramas que auxiliam na seleção do produto. Normalmente, encontram-se na literatura informações precisas com a descrição do produto, concentração recomendada e material a usar. Essas informações são de grande importância e devem ser utilizadas como ponto de partida. No entanto, pelo menos três aspectos importantes devem ser analisados antes de se escolher um determinado fluido: o material da ferramenta, o material da peça, e a operação (MACHADO et al., 2009).

1.3.1 Material da ferramenta

A definição do material para as ferramentas utilizadas nos processos de usinagem é essencial para obter resultado na operação. Parte dos materiais são o aço rápido, o metal duro, a cerâmica e o diamante e devem conter as seguintes propriedades, segundo Ferraresi (1977) e Diniz (1999):

- Dureza elevada a quente;
- Dureza elevada a frio;
- Tenacidade;
- Resistência à desgaste por atrito;
- Estabilidade química;

Mas, não existe nenhum tipo de material que contenha todas essas propriedades. Em seguida, é necessário relacionar as propriedades principais e as secundárias que se quer ter (FERRARESI, 1977; DINIZ, 1999).

1.3.2 Material da peça

O conhecimento do material a ser torneado e a sua reação é muito relevante para a seleção certa do fluido. Neste modo, surge a definição de usinabilidade, que é a facilidade com que o material pode ser cortado, torneado, fresado ou furado sem prejuízo de suas propriedades mecânicas. Várias condições exercem a intervenção na usinabilidade dos materiais, como: mudança na constituição do material da peça, a que tanto deformou a frio, as propriedades mecânicas, entre outros. Os tipos de materiais da peça podem ser: aço, ferro fundido, magnésio e suas ligas, alumínio e suas ligas, cobre e suas ligas, e níquel e suas ligas (FERRARESI, 1977).

1.3.3 Operação de usinagem

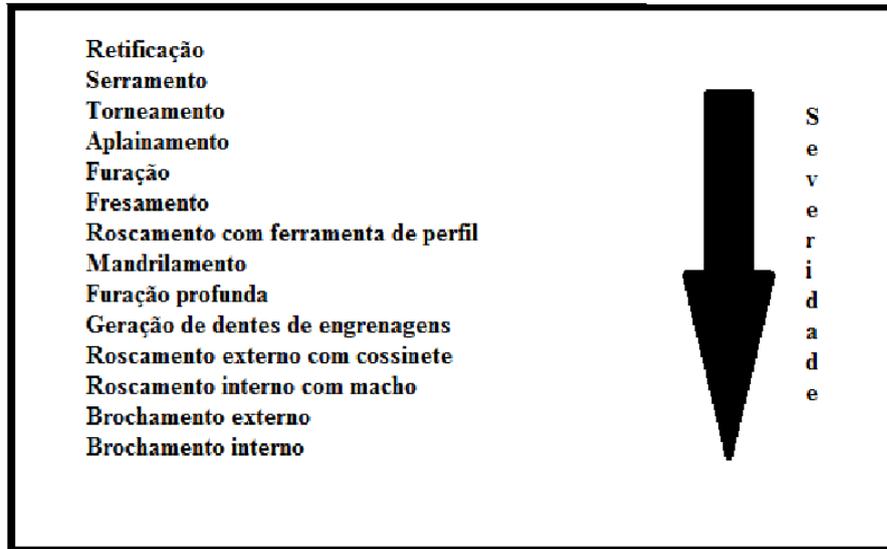
Toda operação de corte tem propósitos e parâmetros de usinagem distintos entre si. Desta maneira, cada processo utiliza o fluido mais adequado, levando-se em conta o objetivo da operação e o material da peça a ser usinada.

Algumas vezes, a escolha do fluido mais conveniente é realmente problemática, como no caso de células flexíveis de manufatura. Nessas células, muitas operações de usinagem são capazes de serem feitas em uma variedade de materiais. Não é fácil satisfazer todas as situações. O fluido deve suportar a rigidez dada pelas mais exigentes operações de corte em materiais de difícil usinagem, o que retrata o desperdício de potencialidades no caso de materiais de corte fácil e operações mais leves (NELSON;SHAIBLE, 1988).

As operações de usinagem quando severas altera desde a retificação mais leve até os mais pesados cortes de brochamento, A escolha do fluido pode alternar desde as emulsões de baixa concentração (altamente refrigerantes) até os mais ativos tipos de óleo integral (predominantemente lubrificantes).

A Figura4 apresenta a classificação das principais operações de usinagem em relação à sua severidade (FERRARESI, 1977).

FIGURA4 – Classificação das principais operações de usinagem quanto a sua severidade



Fonte: Machado et al. (2009).

1.4 RUGOSIDADE

É o conjunto de irregularidades, ocasionadas por riscos ou marcas expostas pela ferramenta que atuou sobre a parte superficial da peça.

As irregularidades produzidas na peça podem ser analisadas com aparelhos eletrônicos, a exemplo do rugosímetro. A rugosidade realiza um papel considerável no comportamento dos componentes mecânicos, atuando na capacidade de deslizamento, resistência ao desgaste, probabilidade de ajuste do acoplamento forçado, resistência à corrosão e à fadiga (TELECURSO 2000).

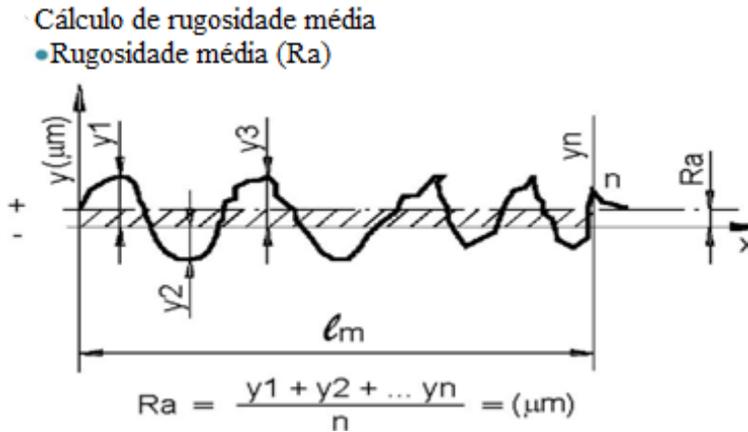
1.4.1 Rugosidade média (R_a)

O parâmetro R_a é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas do perfil medido em relação à linha média em um comprimento de amostragem.

Este critério de medição é o mais utilizado, pois trata-se de um parâmetro muito utilizado pelas indústrias e está disponível nos instrumentos mais simples. Como apresenta um valor médio, é um parâmetro contínuo, que não recebe interferência de efeitos ocasionais (TELECURSO 2000).

A Figura 5 mostra como é feito o cálculo de Ra.

FIGURA 5 - Cálculo de rugosidade média absoluta (Ra)



Fonte: TELECURSO (2000).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Para o processo de torneamento, foram selecionados 8 corpos de prova, sendo 4 em alumínio e 4 em aço ABNT 1045. Cada corpo de prova possui diâmetro de 7/8" x 250 mm.

Os corpos de prova foram torneados em um torno convencional da marca Nardini, modelo MS-175, e uma ferramenta de incerto metal duro WNMG 080404 NN da marca LAMINA TECHNOLOGIES, ambos pertencentes à oficina de Mecânico de Manutenção Industrial da Unidade Integrada SESI/SENAI Rio Verde.

Os fluidos utilizados na usinagem foram o óleo solúvel (Emulsificante) biodegradável da marca VONDER, utilizando na proporção 1:19 (1 litro de óleo solúvel misturado em 19 litros de água), e o óleo sintético biodegradável da marca DIMETIL.

O rugosímetro utilizado na análise da superfície usinada foi um rugosímetro modelo SJ - 201 da Mitutoyo, pertencentes a oficina de Mecânico de Manutenção Industrial da Unidade Integrada SESI/SENAI Rio Verde.

2.2 MÉTODOS

Inicialmente os corpos de prova foram enumerados, e a ordem do torneamento se deu através de sorteio.

Foram torneados 2 corpos de prova de aço ABNT 1045 com adição de fluido emulsificante, 2 corpos de prova de aço ABNT 1045 com adição de fluido sintético, 2 corpos de prova de alumínio com adição de fluido emulsificante e 2 corpos de prova de alumínio com adição de fluido sintético.

A Figura 6 mostra 2 dos corpos de prova usinados. O corpo superior se refere ao aço ABNT 1045 e o corpo inferior refere-se ao alumínio.

FIGURA 6 – Corpos de prova do aço ABNT 1045 e o alumínio



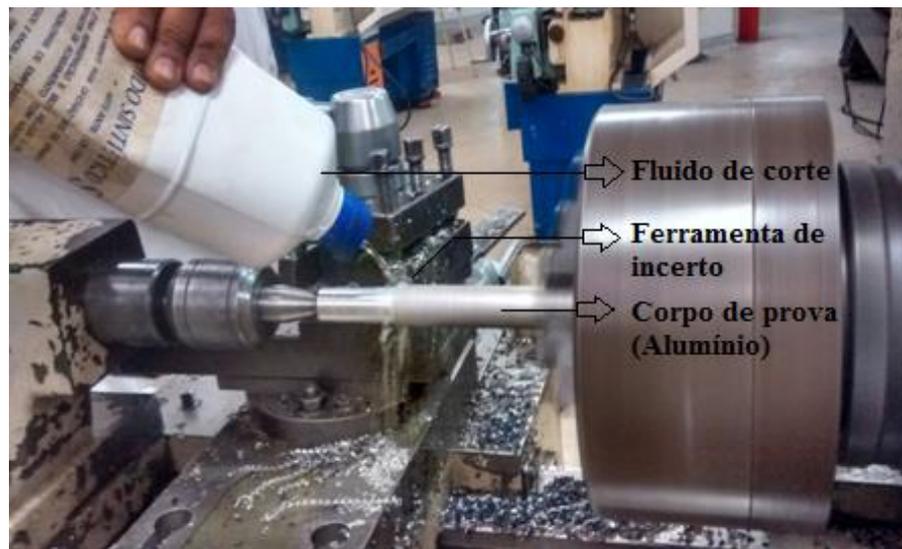
Fonte: Gerson Caetano de Sales Neto, 2016.

Em cada corpo de prova usinado foram efetuadas 2 medidas com o rugosímetro. O equipamento foi instalado em uma bancada de precisão, apoiado por dois blocos prismáticos magnéticos para servir de apoio para a peça e o rugosímetro.

Durante a usinagem, foi utilizado um avanço de 0,125 mm/rev, uma rotação de 1000 rpm e a profundidade de corte foi de 2,5/mm em todos os corpos de prova.

As Figuras 7 e 8 mostram os corpos de prova sendo usinados em um torno convencional com adição de fluido.

FIGURA 7 – Corpo de prova do alumínio



Fonte: Gerson Caetano de Sales Neto, 2016.

FIGURA 8 – Corpo de prova do aço ABNT 1045



Fonte: Gerson Caetano de Sales Neto, 2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para poder executar uma análise de variância (ANOVA), os fatores verificados foram divididos em dois parâmetros: o tipo de material da peça (fator A) e o tipo de fluido de corte (fator B).

Com isso, foram levantadas as seguintes hipóteses:

- H_{0A} : o tipo de material da peça não influencia na rugosidade superficial;
- H_{1A} : o tipo de material da peça influencia na rugosidade superficial;
- H_{0B} : o tipo de fluido de corte não influencia na rugosidade superficial;
- H_{1B} : o tipo de fluido de corte influencia na rugosidade superficial;
- H_{0AB} : a interação entre o material da peça e o tipo de fluido de corte não influenciam na rugosidade superficial;
- H_{1AB} : a interação entre o material da peça e tipo de fluido de corte influencia na rugosidade superficial;

A Tabela 1 mostra valores da rugosidade superficial, obtidos pelo rugosímetro através dos corpos de prova do aço ABNT 1045 e do alumínio.

TABELA 1 – Valores de rugosidade dos corpos de prova (μm)

Mat. pç	Fluido de corte				Soma
	EM	EM	ST	ST	
Aço	4,47	4,28	4,33	4,17	17,25
Al	2,15	2,15	2,19	2,18	8,67
Soma	13,05		12,87		25,92

Fonte: Gerson Caetano de Sales Neto, 2016.

Para chegar aos dados da Tabela 3, foram utilizados os dados da Tabela 1 através da análise de variância dos resultados do ensaio de limite de resistência a tração realizados em laboratório. Os valores de F_{0tab} . Foram extraídos do livro de Fonseca e Martins (1989), com significância $\alpha = 5\%$, podendo ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores calculados da análise de variância para o modelo de efeitos fixos com dois critérios de classificação

Variável	SQ	Fi	MQ	F0cal	F0tab	α	Resultado
A	9,2021	1	9,2021	1195,0779	7,71	5%	Influencia
B	0,0041	1	0,0041	0,5324	7,71	5%	Não Influencia
A×B	0.0127	1	0.0127	1,6493	7,71	5%	Não Influencia
Erro	0.0309	4	0,0077	-	-	-	-
Total	9,2498	7	-	-	-	-	-

Fonte: Gerson Caetano de Sales Neto, 2016.

Comparando os valores de $F_{0tab.}$ (7,71) com os valores de $F_{0calc.}$ (1195,0779), observa-se que para o fator A (tipo do material da peça) o valor de $F_{0tab.}$ é menor que o valor de $F_{0calc.}$, podendo-se afirmar que para um nível de significância de $\alpha = 5\%$ a hipótese H_{0A} é rejeitada, chegando-se a conclusão de que o tipo de material da peça influencia na rugosidade superficial. Pela grande diferença entre o F_{0ab} e o F_{0cal} , é possível afirmar que o material da peça tem forte influência no acabamento superficial das peças usinadas.

Analisando o fator B (tipo de fluido de corte), o valor de F_{0tab} (7,71) é maior que o valor de F_{0calc} (0,5324) considerando um nível de significância de $\alpha = 5\%$, o que não se rejeita a hipótese de H_{0B} , chegando a conclusão de que o tipo de fluido de corte não influencia na rugosidade superficial. Como o sistema de aplicação do fluido de corte foi feito de forma manual e as peças foram usinadas com passe único, talvez este seja o motivo de o fluido de corte não ter influenciado no acabamento superficial.

Verificando a interação entre os fatores A e B (tipo de material da peça e tipo de fluido de corte), o valor de $F_{0tab.}$ (7,71) é maior que o valor de $F_{0calc.}$ (1,6493). Portanto, a hipótese H_{0AB} não é rejeitada, para um nível de significância de $\alpha = 5\%$, chegando-se a conclusão de que a interação entre os fatores A (tipo de material da peça) e B (tipo de fluido de corte) não influenciam na rugosidade superficial. Como o material da peça teve forte influência e o fluido de corte praticamente não interviu como observado anteriormente, isso pode justificar a não influência do efeito combinado.

4 CONCLUSÕES

Em resposta aos objetivos proposto por esta pesquisa, chegou-se as seguintes conclusões:

1. O material da peça tem forte influência sobre a rugosidade superficial das peças usinadas e conseqüentemente sobre seu acabamento;
2. O tipo de fluido de corte não exerceu influência entre eles, sobre a rugosidade superficial;
3. O efeito combinado entre fluido de corte e material da peça também não exerceram influência entre eles sobre o acabamento superficial das peças estudadas.

*CUTTING FLUID INFLUENCE IN STEEL AND NON-FERROUS MATERIALS
TURNING*

ABSTRACT

This paper analyzes the surface of two machined pieces' trim (one made of aluminum and the other of ABNT 1045 steel). An analysis of each specimen was conducted in a conventional mechanical lathe with the addition of cutting fluids commonly used in the market today. Even with the use of tools that withstand high temperatures and frictional resistance, the fluid is still necessary in some cases to obtain high level results. The fluids are applied in various processes. In this paper, we discuss the importance of fluid for small machining operations on conventional lathe. After turning, a rugosimeter was used to analyze the pieces' surface trim as a criterion for measuring the fluid efficiency.

Keywords: Surface Roughness. Cooling. Lubrication. Wear Material.

REFERÊNCIAS

- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 3 ed. São Paulo: Artliber Editora, 1999.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 8. ed São Paulo: Artliber, 2000.
- EBBRELL, S. et al. The effects of cutting fluid application methods on the grinding process. International Journal of Machine Tools & Manufacture, School of Engineering, Liverpool John Moores University, Liverpool, jun./99.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: [s.n.], 1969.
- FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Blucher, 1977.
- FONSECA, J. S. da; MARINS, G. de A. **Curso de estatística**. São Paulo: Atlas, 1989.
- LISBOA, F. C. D.; MORAES, J. J. B. D.; HIRASHITA, M. D. A. **FLUIDOS DE CORTE: UMA ABORDAGEM GERAL E NOVAS TENDÊNCIAS**, Salvador, 11 outubro 2013. 2.
- MACHADO, Á. R. et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: [s.n.], 2009.
- MOTTA, M. F.; MACHADO, A. R., 1995, “Fluidos de corte: tipos, funções, seleção, métodos de aplicação e manutenção”. Revista Máquinas e Metais.
- NELSON, D.; SCHAIBLE, J. "Update: cutting fluids and related products" Cutting ToolEngi: aeering, outubro 1988.
- RUNGE P. R. F.; DUARTE G. N. **Lubrificantes nas Indústrias**. 1 ed. São Paulo, Triboconcept 1989.
- RUNGE, P. R. F.; DUARTE, G. N., 1990, “Lubrificantes nas indústrias – Produção, manutenção e controle” Triboconcept – Edições Técnicas.
- TELECURSO 2000 PROFISSIONALIZANTE. “**Metrologia**”. São Paulo. 151p.
- WEBSTER, J. Selection of coolant type and application technique in grinding. Supergrind, 1995.