

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM POR TORNEAMENTO NA RUGOSIDADE DA PEÇA

Ariel Rugiéri Dotto, ad001558@fahor.com.br¹
Anderson Cassiano Seimetz, as001601@fahor.com.br¹
Alexandro Cesar Carlin, ac001562@fahor.com.br¹
Henrique Klockner Führ, hf001544@fahor.com.br¹
Matheus Raí Gelatti, mg001545@fahor.com.br¹
Valtair de Jesus Alves, alvesvaltaird@fahor.com.br¹

¹Faculdade Horizontina – FAHOR, Rio Grande do Sul, Horizontina, Av. dos Ipês, 565

Resumo: Este trabalho apresenta resultados de ensaios de usinagem por torneamento para algumas variações de condições de corte. Foram realizados ensaios com a finalidade de avaliar a rugosidade com a variação de parâmetros de corte e uma breve observação dos cavacos gerados nos ensaios. O material usinado foi uma barra cilíndrica de aço ABNT 1045 com inserto TNMG 22 04 08-MM 2025. Notou-se que com a variação dos parâmetros houve variação na rugosidade no corpo de prova, e que há uma considerável relação desta com a velocidade e profundidade de corte onde aumentando a rotação e, diminuindo ou encontrando uma profundidade adequada tem-se uma menor rugosidade superficial.

Palavras chave: Rugosidade; Usinagem; Torneamento;

1. INTRODUÇÃO

Os processos de usinagem, que consistem em alterar as dimensões de uma peça, são extensamente utilizados em metalúrgicas e indústrias metal mecânicas. Sendo um dos equipamentos utilizados para a realização da usinagem, com a ampla aplicabilidade e larga utilização, o torno mecânico oferece flexibilidade e confiabilidade no produto manufaturado, levando em consideração o emprego do mesmo. Com isso, o torno se torna essencial para o setor de usinagem. Apresenta elevada importância no desenvolvimento da indústria mundial, pois têm características que se adequam facilmente para a fabricação seriada em larga escala. Nos dias atuais, qualquer aprimoramento, de máquina, ferramenta, material ou processo, pode converter-se em redução de custos de fabricação.

As superfícies dos componentes mecânicos devem ser adequadas ao tipo de função que exercem. Por esse motivo, a importância do estudo do acabamento superficial aumenta à medida que crescem as exigências do projeto. Este trabalho propôs a realização de ensaios experimentais para avaliar a rugosidade de uma peça com variações de velocidade e profundidade de corte, analisando a relação de cada um deste sobre o acabamento superficial final da peça e comprovando que muitas vezes pode-se usinar uma peça com acabamento superficial planejado, sem a necessidade de passar por um processo secundário. Assim, como já destacado a importância do processo para o setor metal mecânico, salienta-se também a importância do estudo e do conhecimento, o que justifica o estudo desta área, para a engenharia mecânica onde pode-se reduzir a variabilidade de processos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Torneamento

O torneamento é a operação por intermédio da qual um sólido indefinido é feito girar ao redor do eixo da máquina operatriz que executa o trabalho de usinagem – o torno – ao mesmo tempo que a ferramenta de corte lhe retira material perifericamente, de modo a transformá-lo numa peça bem definida, tanto em relação à forma quanto as dimensões. (CHIAVERINI, 1986).

Entre os parâmetros de corte, a velocidade de corte (V_c) é a velocidade tangencial instantânea resultante da rotação da ferramenta em torno da peça. O avanço (f) é a distância percorrida pela ferramenta por revolução da peça, e a profundidade de corte (a_p) é a espessura ou profundidade de penetração da ferramenta

medida perpendicularmente ao plano de trabalho, que é definido pelas direções de avanço e pela (V_c) da ferramenta.

2.2. Acabamento Superficial

Geralmente especificado em projetos mecânicos, o acabamento superficial, representado principalmente pela rugosidade, consiste em um conjunto de irregularidades, com espaçamento regular ou irregular, que tendem a formar um padrão ou textura característicos em uma superfície. Estas irregularidades estão presentes em todas as superfícies reais, por mais perfeitas que estas sejam. (AMORIM, 2002).

No processo de torneamento do aço, a qualidade e a integridade superficial são preocupações frequentes devido ao seu impacto na apresentação do produto, em termos de comportamento funcional e estabilidade dimensional. A importância do acabamento superficial justifica-se pela sua relação, entre outros, com fatores como: Resistência à corrosão; Precisão e tolerância; Escoamento de fluidos; Resistência à fadiga; Lubrificação.

2.3. Rugosidade

A rugosidade de uma superfície é definida pelas irregularidades finas ou erros micro geométricos da ação inerente ao processo de fabricação. A rugosidade superficial é utilizada para controlar o processo de fabricação, sendo avaliada com aparelhos eletrônicos, a exemplo do rugosímetro, em diversas considerações. (ESPANHOL, 2008)

Parâmetros de rugosidade são procedimentos usados para avaliar o acabamento superficial de um componente. Dentre todos os parâmetros, o mais utilizado é o da rugosidade média (R_a).

2.3.1. Rugosidade Média (R_a)

Média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição. Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual a soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição. Esse parâmetro é conhecido como R_a (rugosidade média) e é expressa em micrometro (μm). (AMORIM, 2002; ESPANHOL, 2008).

A rugosidade de uma peça manufaturada é afetada por diversos fatores, desde o processo de fabricação até a geometria da ferramenta, passando pelos parâmetros de corte. Dentre os parâmetros de corte, DINIZ (2008) cita o avanço (f) e raio de ponta da ferramenta (R_e) como os principais responsáveis pelo acabamento superficial e que ainda oferecem uma contribuição geométrica à rugosidade superficial da peça, dada pela seguinte equação:

$$R_{\max \text{ teor}} = \frac{f^2}{8r_e}$$

O aumento do raio de ponta torna a ponta da ferramenta mais resistente, mas também aumenta a vibração da ferramenta devido ao aumento do atrito, causado pela maior área de contato entre ferramenta e peça afetando de forma negativa a rugosidade (DINIZ, 2008).

A velocidade de corte (V_c) mostra, para valores baixos, forte relação com a rugosidade média, devido à formação da aresta postiça de corte. Para velocidades de corte superiores a 100 m/min a rugosidade média torna-se praticamente estável em relação à velocidade de corte. (FERRARESI, 1970).

2.3.2. Rugosidade Máxima (R_y)

Definida como o valor das rugosidades parciais (Z_i) que se apresentam no percurso de medição (l_m). Por exemplo, na Figura, o maior valor parcial é o Z_3 , que está localizado no 3º *cut off* (comprimento de medição), e que corresponde à rugosidade R_y .

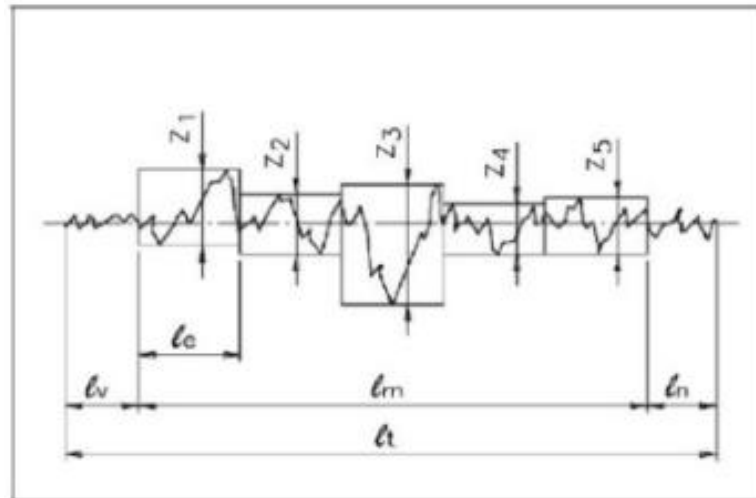


Figura 1: Gráfico de medições de rugosidade.

3. MATERIAIS E MÉTODO

O material selecionado para realização das análises foi uma barra cilíndrica de aço ABNT 1045 sendo suas dimensões desconsideráveis uma vez que não pretende-se obter uma forma específica para a peça. Como ferramenta de corte selecionou-se um inserto TNMG 22 04 08-MM 2025, conforme segue Figuras 2 e 3, respectivamente.



Figura 2: Barra de aço ABNT 1045 acoplada ao torno.

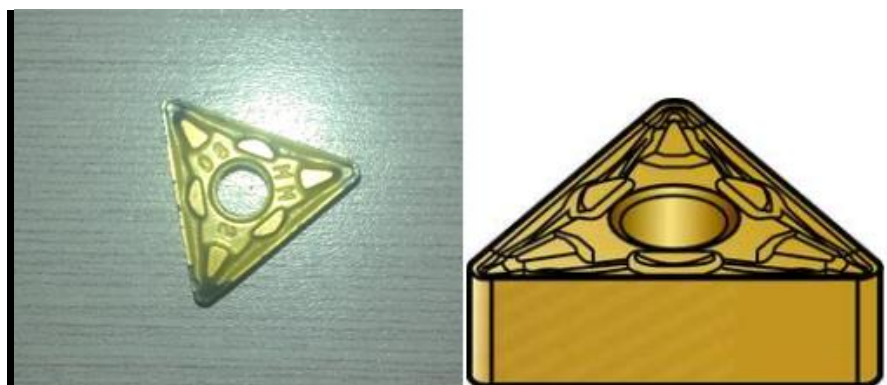


Figura 3: Inserto TNMG 22 04 08-MM 2025 utilizado nos experimentos.

Considerando o propósito da análise, decidiu-se por utilizar um torno convencional horizontal (Figura 4) para o processo de usinagem. Para obtenção dos valores de rugosidades obtidas nos ensaios de usinagem, utilizou-se um rugosímetro (Figura 5).



Figura 4: Torno convencional horizontal utilizado para os ensaios de usinagem e análise de rugosidade



Figura 5: Rugosímetro utilizado para medição da rugosidade nos ensaios de usinagem.

Considerando a finalidade do estudo, em obter a influência de alguns parâmetros de corte à rugosidade da peça, foi ensaiado o material com duas configurações de variação de parâmetros:



Figura 6: Corpo de prova acoplado ao torno em ensaio de rugosidade.

Na primeira variação foram fixadas a rotação e o avanço aos valores de 1000 RPM e 0,1 mm/rev. respectivamente, variando a profundidade em 3 (três) intervalos crescentes de 0,5 mm, sendo as profundidades testadas, 0,5mm, 1mm e 1,5mm.

Na segunda variação de parâmetros fixou-se a profundidade e o avanço nos valores de 0,5 mm e 0,1 mm/rev. respectivamente, e foram variados os valores de rotação, crescentemente em 250 RPM, 500 RPM e 1000 RPM, ou seja, para cada alteração de rotação o valor da velocidade é dobrado.

Os valores de profundidade observa-se que no diâmetro da peça representam o dobro, ou seja, no caso onde a profundidade foi 1 mm, o diâmetro da peça foi reduzido em 2mm. Para cada variação de parâmetros, em ambas variações deste, foram realizados 3 passes e para cada utilizou-se o rugosímetro para realização de leituras dos valores de rugosidade. Depois de realizadas as medições, os dados obtidos foram tabelados e organizados, realizando a média dos valores para cada variação de parâmetro. Em seguida desenvolveram-se gráficos para melhor visualização dos dados obtidos e análise dos mesmos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das medições e análises realizadas, obtiveram-se na a primeira configuração de parâmetros com rotação constante de 1000 RPM e avanço 0,1 mm/rev. os dados da Tabela 1. Através da formula $R_T = \frac{f^2}{8 \cdot R_f}$, realizou-se o cálculo da rugosidade com as informações de avanço e raio da ferramenta, obtendo um valor aproximado de 1,5625 μm .

Profundidade (mm)	Medições de Rugosidade - Ra/Ry (μm)								
	Ra 1	Ry 1	Ra 2	Ry 2	Ra 3	Ry 3	Ra Médio	Ry Médio	
1	0,5	2,36	2,97	2,86	3,46	2,56	3,31	2,593333	3,246667
2	1	2,37	2,95	2,35	3,03	2,36	2,87	2,36	2,95
3	1,5	3,46	4,00	2,75	3,35	2,94	3,5	3,05	3,616667

Tabela 1: Dados na primeira configuração de variação de parâmetros.

Depois de tabelados os dados, foram desenvolvidos gráficos para melhor visualização dos dados e análise. Percebe-se, na Tabela 1, que para uma mesma parametrização de corte, há diferenças nos valores de rugosidade.

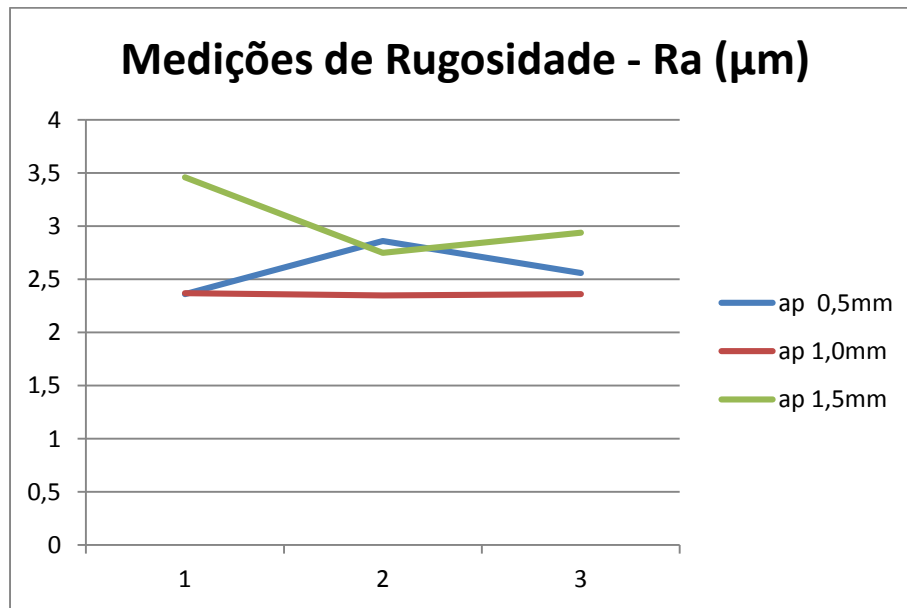


Gráfico 1: Gráfico de medições de rugosidade x variação de parâmetros.

Através do Gráfico 1, o qual foi desenvolvido utilizando os valores das 3 medições para cada variação, nota-se que as medições mais homogêneas foram quando utilizando profundidade igual a 1 mm, sendo esta também a configuração com menor rugosidade nos apresentada nos testes. Para as medições utilizando profundidade 1,5 mm e 0,5 mm obtiveram-se valores maiores de rugosidade, sendo para o primeiro (ap = 1,5) valores ainda maiores. Estes valores se devem a quantidade de material retirado, que quanto maior for este, menor a qualidade da superfície usinada, ou seja, maior a rugosidade.

No Gráfico 2, desenvolvido utilizando a média de cada variação de profundidade, é nitidamente perceptível o melhor acabamento superficial (menor rugosidade) para profundidade igual a 1 mm sendo o valor de rugosidade média 2,36 µm, rugosidade um pouco maior para 0,5 mm (2,593 µm) e maior ainda para a profundidade 1,5 (3,05 µm).

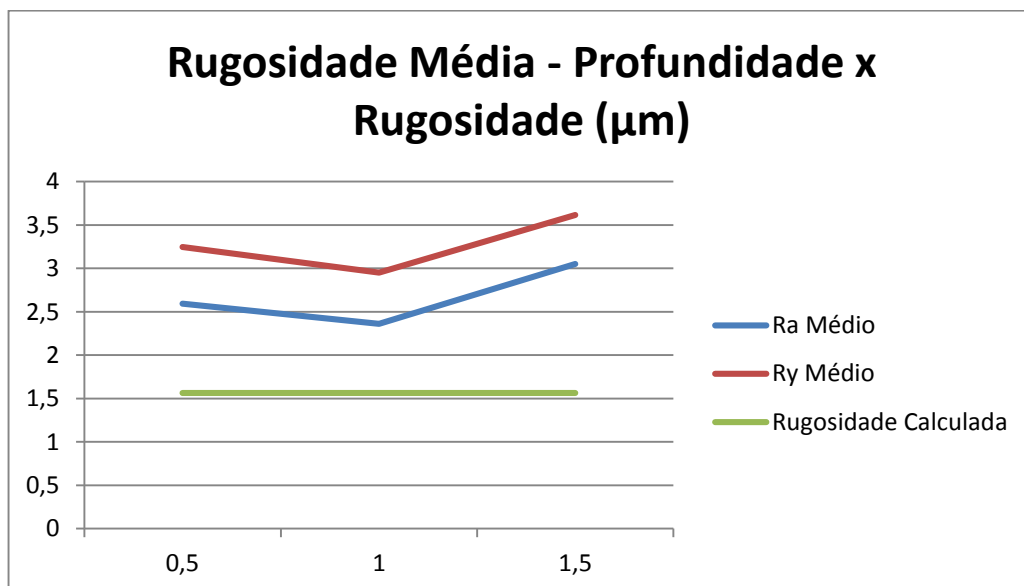


Gráfico 2: Rugosidade média para as três variações de parâmetros.

Na segunda variação de parâmetros foram obtidos nas medições de rugosidade para os ensaios, os valores da Tabela 2. Nesta etapa, também foi mantido avanço constante de 0,1 mm/rev., e fixou-se a profundidade em 0,5mm variando crescentemente a rotação de 250 RPM a 1000 RPM.

		Medições de Rugosidade - Ra/Ry (μm)							
	Velocidade (RPM)	Ra 1	Ry 1	Ra 2	Ry 2	Ra 3	Ry 3	Ra Médio	Ry Médio
1	250	5,65	7,03	5,63	6,9	5,75	7,11	5,677	7,013
2	500	5,75	6,78	6,32	7,57	6,31	7,7	6,127	7,35
3	1000	4,34	5,38	3,89	4,84	3,47	4,35	3,9	4,857

Tabela 2: Valores obtidos com a segunda variação de parâmetros de corte.

Na tabela 2, foram efetuadas as médias dos valores de rugosidade para cada configuração de parâmetros, onde pode-se observar que com o aumento da rotação obtém-se uma rugosidade menor, ocorrendo anomalia quando utilizado 500 RPM, o que pode ser devido a trepidações, folgas na máquina (torno) ou ainda mau posicionamento da peça ao torno. Depois de tabelados os dados, novamente desenvolveu-se análise através de gráficos para melhor visualização e análise de resultados.

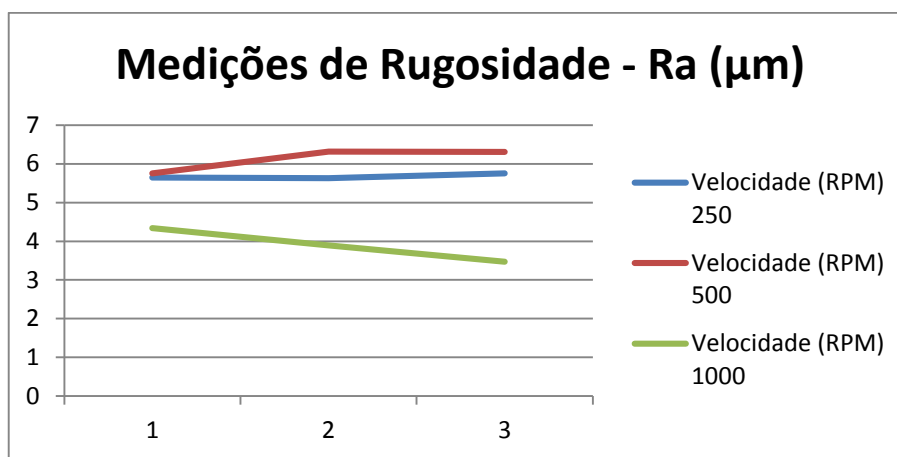


Gráfico 3: Rugosidade x RPM para três valores de medição.

Tem-se para o Gráfico 3, valores de três medições de rugosidade com a variação de parâmetros, onde através destas três medições é perceptível para uma mesma configuração, valores diferentes, porém estas variações são bastante pequenas uma vez que a rugosidade é medida em micrometros. Também observou-se uma alteração de rugosidade com a variação da velocidade.

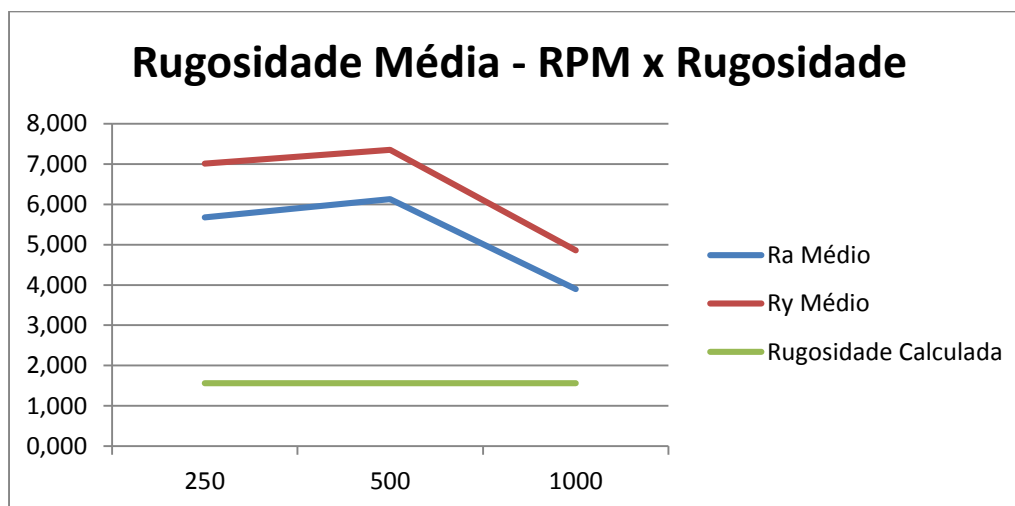


Gráfico 4: Rugosidade média x Velocidade (RPM)



**4ª Semana Internacional de
Engenharia e Economia FAHOR**
Horizontina - RS - Brasil
5 a 7 de Novembro de 2014



No gráfico 4, obtido com os valores de acabamento superficial médios de cada variação, nota-se que com o aumento da rotação, obteve-se um menor valor de rugosidade. Novamente, para a variação intermediária obteve-se um valor de rugosidade superior quando utilizado rotação de 500 RPM, o que pode ter ocorrido devido a folgas na máquina e/ou trepidações na peça. Porém se considerado as medições das extremidades é nítida a notação de proporcionalidade de rugosidade e velocidade (RPM).

Analisando os valores da Tabela 1 e 2, tem-se que para uma mesma configuração de parâmetros de corte em ambas as variações (Tabela 1 e 2), obtiveram-se valores de rugosidade diferentes. Este fato pode ser explicado devido principalmente ao desgaste da ferramenta de corte, variações na máquina (que já possui tempo de vida e uso bastante grande), variação de posicionamento da peça no torno entre outros fatores.

5. CONCLUSÕES

Através das análises realizadas com dados obtidos em ensaios práticos, pode-se concluir que, quanto maior a rotação e menor a profundidade, ou seja, menor a quantidade de material removido da peça, menor a rugosidade da superfície usinada.

Na análise dos dados, percebeu-se a variação dos valores obtidos não seguindo uma regra específica o que pode ser explicado pelo desgaste da ferramenta de corte, aquecimento da peça e ferramenta, folgas e/ou trepidações no torno utilizado e imprecisão do rugosímetro. Além da variação de parâmetros aplicada no ensaio realizado pelo grupo, observa-se que há mais outros fatores que influenciam no acabamento da peça podendo ser entre muitos, raio do inserto, avanço, material da peça e ferramenta de corte, angulação de corte, entre outros.

Pôde-se também, unir conhecimento teórico exposto em sala de aula, e conhecimento prático de laboratório proposto e possibilitado na disciplina de processos de fabricação I. Julga o grupo, este tipo de procedimento ser de extrema importância para o desenvolvimento acadêmico, pois possibilita e prepara para situações reais vivenciadas no cotidiano de um engenheiro onde este precisa optar por processos que sejam eficientes e garantam qualidade no produto final produzido.

6. REFERÊNCIAS

AMORIM, H. JOSÉ DE. **Estudo da relação entre velocidade de corte, desgaste da ferramenta, rugosidade e forças de usinagem em torneamento com ferramenta de metal duro**. Porto Alegre: UFRS, 2002, 113 p.

DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 6.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2008. 262 p.

ESPAÑHOL, V. **Análise dos esforços de corte e acabamento superficial no torneamento de aço com ferramenta de superfície lisa e com quebra-cavaco**. Porto Alegre: UFRS, 2008, 83 p.

FERRARESI, D. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970, 751 p.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia Mecânica**. Vol. II. São Paulo: McGraw-Hill, 1986, 193 p.

INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS FOR MACHINING ON PART'S ROUGHNESS

Ariel Rugiéri Dotto, ad001558@fahor.com.br¹

Anderson Cassiano Seimetz, as001601@fahor.com.br¹

Alexandro Cesar Carlin, ac001562@fahor.com.br¹

Henrique Klockner Führ, hf001544@fahor.com.br¹

Matheus Raí Gelatti, mg001545@fahor.com.br¹

Valtair de Jesus Alves, alvesvaltaird@fahor.com.br¹

¹Faculdade Horizontina – FAHOR, Rio Grande do Sul, Horizontina, Av. dos Ipês, 565

Abstract: This paper presents results of tests machining by turning to some variation of cutting parameters. Tests in order to evaluate the surface roughness in the range of cutting parameters and a brief observation of swarf generated in the assays were performed. The machined material was a cylindrical rod of AISI 1045 with insert TNMG 22-MM 04 08 2025. It was noted that with the variation of the parameters wasn't change in roughness on



**4ª Semana Internacional de
Engenharia e Economia FAHOR**
Horizontina - RS - Brasil
5 a 7 de Novembro de 2014



the specimen, and that there is considerable compared this with the speed and where increasing cutting depth and rotation, decreasing or finding a suitable depth has a lower surface roughness.

Keywords: *Roughness; machining; turning;*