

EFEITO DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM DO TORNEAMENTO (FACEAMENTO) E DO MÉTODO DE MEDIÇÃO DA RUGOSIDADE NOS PARÂMETROS R_p E R_v

Walter dos Santos Motta Neto, waltermottaneto@hotmail.com¹

Rosenda Valdés Arencibia, rosenda.arencibia@ufu.br¹

Luciano José Arantes, ljarantes@femec.ufu.br¹

Eder Silva Costa, edercosta@ufu.br¹

¹Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121 - Bairro Santa Mônica - Uberlândia/MG

Resumo: Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito dos fatores material (M), tipo de medição (TM), profundidade de corte (a_p) e avanço (f), nos valores dos parâmetros de rugosidade R_p e R_v , em amostras fabricadas em alumínio comercial (Al), aço carbono SAE 1020 (AC) e ferro fundido cinzento (FF), obtidas pelo processo de torneamento (faceamento por torneamento ou torneamento radial ou torneamento de faceamento) usando quatro regimes de corte diferentes (E1, E2, E3 e E4). Os parâmetros de rugosidade foram obtidos por meio de um rugosímetro eletromecânico com ponta de diamante de raio igual a 2 μm . Para efeitos comparativos, as amostras também foram medidas por interferometria de luz branca, de modo que os resultados encontrados na medição por interferometria foram utilizados como referência. A incerteza associada à medição foi estimada aplicando o método GUM (Guia para a Expressão da Incerteza de Medição). A análise dos resultados foi efetuada por meio da análise de variância (ANOVA). Conforme os resultados obtidos, se observou que os valores dos parâmetros R_p e R_v foram influenciados de forma estatisticamente significativa pelo material da peça, pelo avanço da ferramenta e pelo tipo de medição utilizado, sendo o parâmetro de pico R_p o que sofreu maior influência.

Palavras-chave: rugosidade, medição com contato, medição sem contato, ANOVA.

1. INTRODUÇÃO

Pode-se enfatizar que uma operação realizada por meio dos processos de fabricação mecânica fundamentalmente objetiva produzir componentes intercambiáveis. O sistema de peças intercambiáveis, bem interpretado, aumenta a qualidade dos produtos e reduz os custos (Agostinho et al., 1977). A contínua diminuição nos limites das tolerâncias dimensionais e de forma, aliada às exigências técnicas funcionais cada vez maiores, têm levado os projetistas a utilizarem e aplicarem, com maior intensidade, conceitos e normas técnicas associados à tecnologia de superfícies em seus respectivos estudos e trabalhos.

As superfícies, ainda que rigorosamente trabalhadas, apresentam desvios de forma macrogeométricos e microgeométricos. No primeiro caso, incluem-se as divergências de ondulações, a retitude, a planeza e a circularidade. Já os desvios microgeométricos, conhecidos também como rugosidade, surgem em função do processo de fabricação das peças, afetando e definindo o modo como as superfícies irão trabalhar e interagir entre si (Marco Filho, 1996). Os desvios macro e microgeométricos de forma apresentam-se superpostos na superfície real da peça, conforme indicado na Fig. (1). Observa-se que os sinais de rugosidade apresentam maiores frequências e menores amplitudes quando comparados com os desvios macrogeométricos e as ondulações.

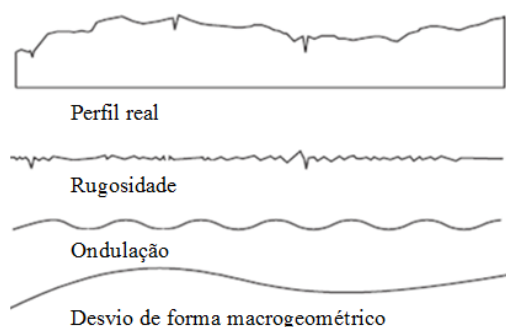


Figura 1. Composição da superfície (ABNT, 2002).

Segundo Agostinho, Rodrigues e Lirani (1977), a rugosidade é a soma das diferenças de forma de 3ª a 5ª ordens resultantes da ação inerente ao processo de usinagem. Essas diferenças de forma se repetem, regular ou irregularmente, sendo que a distância entre elas é um múltiplo reduzido de sua profundidade. Todavia, salienta-se que este conceito pode ser visto de forma mais genérica, não apenas sendo inerente ao processo de usinagem.

A qualidade do acabamento superficial de peças fabricadas pode ser avaliada por meio da rugosidade. Os parâmetros de rugosidade existentes são valores numéricos resultantes de integrações ou de operações matemáticas simples das ordenadas de picos e/ou vales dos perfis amostrais de superfícies, bem como dos valores de espaçamento, ou da combinação de ambos. A medição da rugosidade é usualmente efetuada usando métodos de medição com contato (Chand et al, 2011; Bhushan, 2000; Leach, 2001), na qual a ponta de um apalpador entra em contato físico com a superfície avaliada. Destaca-se que dentre limitações da medição da rugosidade com contato está a impossibilidade de se obter o perfil real. Esta limitação está relacionada com as dimensões da ponta do apalpador, como pode ser visualizado na Fig. (2). Por menor que seja o raio da ponta do apalpador, a mesma não pode reconhecer as irregularidades da superfície que forem menores do que o seu raio. Sendo assim, sempre ocorre uma distorção entre os perfis reais e efetivos.

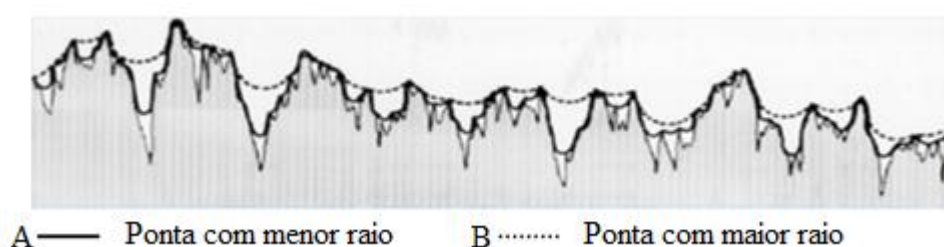


Figura 2. Influência das dimensões da ponta do apalpador na obtenção do perfil de rugosidade (Bhushan, 2000).

Ressalta-se outra limitação nesse tipo de medição. Uma ponta de apalpador muito fina, mesmo sob cargas baixas, poderá resultar em uma área de contato pequena, em que a pressão local pode ser alta o suficiente para causar a deformação elástica da superfície de medição (Chand et al, 2011; Vorburger et al, 2007). Para materiais dúcteis ou de reduzido módulo de elasticidade como alguns aços, prata, ouro, chumbo, polímeros e elastômeros podem ser observados riscos na superfície após a medição (POON, BHUSHAN, 1995; BHUSHAN, 2000) como mostra a Fig. (3).

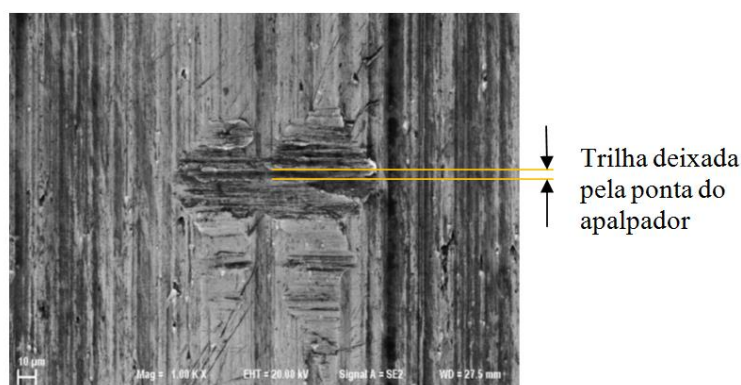


Figura 3. Deformação de uma amostra de alumínio torneada, observada no MEV, após a medição de rugosidade por meio de um rugosímetro eletromecânico, com ponta de diamante com raio de 2 µm (DOBES et al., 2017).

Desta forma, destaca-se a necessidade da escolha adequada das dimensões e da geometria da ponta. A forma ideal da ponta é um cone com a ponta esférica (forma conesférica). O tipo esférico tem geralmente um ângulo de cone de 60° ou 90° com um raio típico de 2 µm, 5 µm ou 10 µm (LEACH, 2001), como pode ser visualizado na Fig. (4).

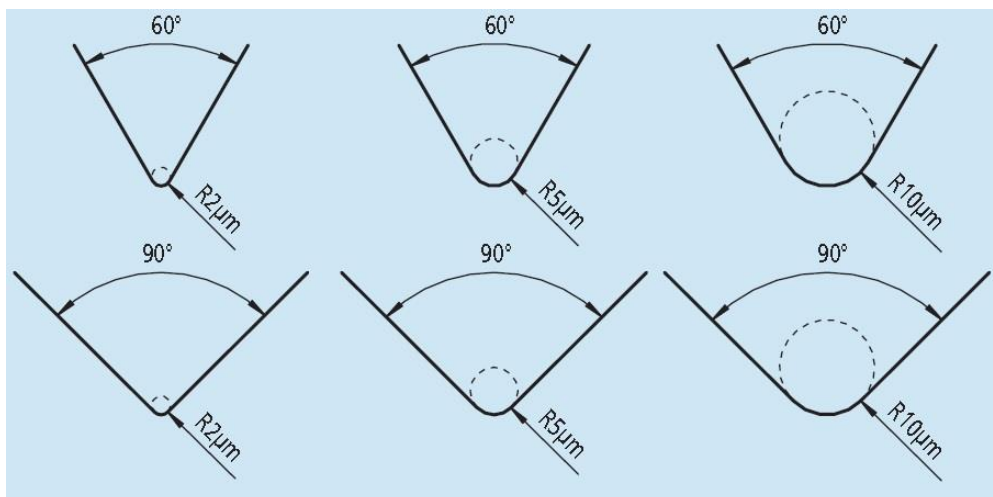


Figura 4. Geometria cônica e ponta esférica do apalpador com diferentes valores de raio e ângulo de cone (MITUTOYO, 2016).

No contexto anteriormente descrito, surgiu a proposta deste trabalho que tem como objetivo avaliar o efeito dos fatores material (M), tipo de medição (TM), profundidade de corte (ap) e avanço (f), nos valores dos parâmetros R_p e R_v , em amostras fabricadas em alumínio comercial (Al), aço carbono SAE 1020 (AC) e ferro fundido cinzento (FF), obtidas pelo processo de torneamento (faceamento por torneamento) usando quatro regimes de corte diferentes (E1, E2, E3 e E4). Também foram comparados os valores de rugosidade obtidos por meio da medição com contato e sem contato. Na medição com contato foi utilizado um rugosímetro eletromecânico com ponta de diamante de raio de 2 µm, enquanto que a medição sem contato foi efetuada por interferometria por luz branca.

2. METODOLOGIA

Para a obtenção das amostras torneadas, com valores de rugosidade diferentes, foi proposto um planejamento fatorial completo 3x2x2, em que três fatores (variáveis) foram avaliados, um em três níveis e os outros dois em dois níveis. A Tab. (1) mostra a matriz de planejamento dos ensaios, estando em conformidade com os 12 experimentos que foram executados. Para cada teste foram feitas três repetições. A variável material considerou: alumínio comercial (-1), ferro fundido cinzento (0) e aço carbono SAE 1020 (1). O avanço foi estimado em: (-1) 0,1 mm/rotação e (1) 0,2 mm/rotação. Por sua vez, a variável profundidade de corte foi avaliada em: (-1) 0,5 mm e (1) 1 mm.

Tabela 1. Matriz de planejamento de experimento fatorial completo 3x2x2.

TESTE	Material	Avanço (f)	Profundidade (ap)
1	-1 (Al)	-1 (0,1 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
2	-1 (Al)	-1 (0,1 mm/rotação)	1 (1,0 mm)
3	-1 (Al)	1 (0,2 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
4	-1 (Al)	1 (0,2 mm/rotação)	1 (1,0 mm)
5	0 (FF)	-1 (0,1 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
6	0 (FF)	-1 (0,1 mm/rotação)	1 (1,0 mm)
7	0 (FF)	1 (0,2 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
8	0 (FF)	1 (0,2 mm/rotação)	1 (1,0 mm)
9	1 (AC)	-1 (0,1 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
10	1 (AC)	-1 (0,1 mm/rotação)	1 (1,0 mm)
11	1 (AC)	1 (0,2 mm/rotação)	-1 (0,5 mm)
12	1 (AC)	1 (0,2 mm/rotação)	1 (1,0 mm)

A operação de torneamento (faceamento) foi realizada no Laboratório de Usinagem Convencional na Universidade Federal de Uberlândia, utilizando um torno CNC, modelo Multiplic 35D de fabricante ROMI. A ferramenta de corte utilizada foi uma pastilha quadrada de metal duro ISO SPUN 12 03 08 H1P, com suporte para facear a 75° modelo CSKPR 2525 M12.

A velocidade de corte foi mantida constante durante o processo de torneamento (faceamento) e foi adotada como 80 m/min. O faceamento da superfície foi programado para ser realizado até a distância de 5 mm do centro da amostra (circunferência de diâmetro igual a 10 mm) afim de se evitar altas forças de usinagem no centro da peça.

Os doze blocos cilíndricos foram torneados (faceados por torneamento). Após o processo de faceamento, realizado com as condições de corte de acordo com as especificações contidas na Tab (1), foram retirados pequenos discos, com espessura aproximada de 5 mm, com uma serra elétrica, contendo a superfície torneada. Em seguida, foram produzidas a réplica e a tréplica dos experimentos. Dessa forma, foram obtidas 36 amostras torneadas, as quais foram identificadas e armazenadas para posterior análise da qualidade superficial.

Uma vez obtidas as amostras, para a medição da rugosidade foi utilizado um rugosímetro portátil Surtronic 3+, eletromecânico, digital, do fabricante Taylor Hobson, modelo 112/1590, Fig. (5). Este equipamento possui resolução de 0,01 μm . Utilizou-se um apalpador com ponta de diamante com raio igual a 2 μm . O comprimento de amostragem (*cut-off*) selecionado foi de 0,8 mm para a maioria das peças. Em poucos casos, em que os valores de R_a foram maiores do que 2 μm , o valor do *cut-off* adotado foi de 2,5 mm. O filtro utilizado para a retirada das ondulações do perfil foi o Gaussiano. Destaca-se, ainda, que o apalpador possuía um filtro mecânico conhecido como sapata ou *skid*. A largura da sapata é de 3 mm, o diâmetro igual a 6 mm e sua distância até a ponta de diamante é igual a 3 mm.



Figura 5. Rugosímetro portátil Surtronic 3+ da Taylor Hobson.

O certificado de calibração do rugosímetro declara uma incerteza expandida associada à calibração de 0,02 μm para k igual a 2,23 e probabilidade de abrangência de 95%. A rugosidade das amostras foi medida cinco vezes. O rugosímetro e a peça objeto de medição foram posicionados em um despenho de granito, de modo a minimizar o efeito da vibração mecânica transmitida pelo solo. A rugosidade foi analisada a partir dos valores dos seguintes parâmetros: R_p (Altura Máxima do pico do Perfil) e R_v (Profundidade Máxima do vale do Perfil).

Todas as medições foram conduzidas à temperatura ambiente controlada de $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$. Um termo-higrômetro digital com resolução de 0,1 $^\circ\text{C}$ e faixa nominal de $(-20 \text{ a } 60) ^\circ\text{C}$ foi utilizado para medição da temperatura. Este equipamento possui uma incerteza expandida para a temperatura de 0,3 $^\circ\text{C}$ para k igual a 2,00 e infinitos graus de liberdade.

Visando avaliar as diferenças entre os diferentes métodos de medição da rugosidade e analisar a influência do tipo de medição adotado, as amostras também foram medidas por meio de um interferômetro modelo TALYSURF CLI 2000 fabricado pela Taylor Hobson. A incerteza expandida associada à calibração do interferômetro é de 0,016 μm para k igual a 2,16, para 95,45% de probabilidade de abrangência.

Durante a medição por interferometria foi utilizada luz branca, que permite medições com resolução de 0,01 μm . Foram efetuados cinco ciclos de medição para cada amostra avaliada, utilizando os mesmos comprimentos de amostragem, mesmo filtro no processamento dos dados e mesma condição ambiental definidos anteriormente na medição com contato.

Para o cálculo da incerteza de medição foi adotado o método proposto no GUM (INMETRO, 2012). Para a medição com contato, o modelo matemático considerado pode ser visualizado na Eq. (1). Já para a medição sem contato, o modelo pode ser visto na Eq. (2).

$$P_{Rug} = \bar{x}(L_{Rug}) + \Delta R_{Rug} + \Delta IC_{Rug} + \Delta A_R + \Delta D \quad (1)$$

Na Equação (1), P_{Rug} representa o parâmetro de rugosidade medido; $\bar{x}(L_{Rug})$ a média aritmética dos valores indicados pelo rugosímetro; ΔR_{Rug} a correção associada à resolução do rugosímetro; ΔIC_{Rug} a correção associada à

incerteza de calibração do rugosímetro; ΔA_R a correção associada ao raio da ponta do apalpador; e ΔD a correção associada à deformação do material durante a medição.

$$P_{Rug} = \bar{x}(L_{INT}) + \Delta R_{INT} + \Delta IC_{INT} \quad (2)$$

Na Equação (2) P_{Rug} é o parâmetro de rugosidade medido; $\bar{x}(L_{INT})$ é a média dos valores indicados pelo interferômetro; ΔR_{INT} é a correção associada à resolução do interferômetro; e ΔIC_{INT} é a correção associada à incerteza de calibração do interferômetro.

Integralizando a metodologia analítica, os dados recorrentes do planejamento fatorial foram analisados utilizando a análise de variância ANOVA, por meio do *software* Statistica 7.0, buscando identificar a influência do fator tipo de medição na produção de efeitos significativos nas variáveis de resposta. Para tanto foi adotada a distribuição *F* (Fischer-Snedecor) na qual para que o fator considerado produza efeitos significativos nos parâmetros de rugosidade, estes devem apresentar um valor de probabilidade de significância (*p*-valor) menor que 0,05 (nível de significância de 5%). Complementando essa análise, foi determinada a diferença percentual entre os resultados da medição com e sem contato, em que a medição sem contato foi adotada como referência.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores médios de R_p e R_v obtidos na medição sem contato e com contato são apresentados nas Figs (6) e (7), respectivamente.

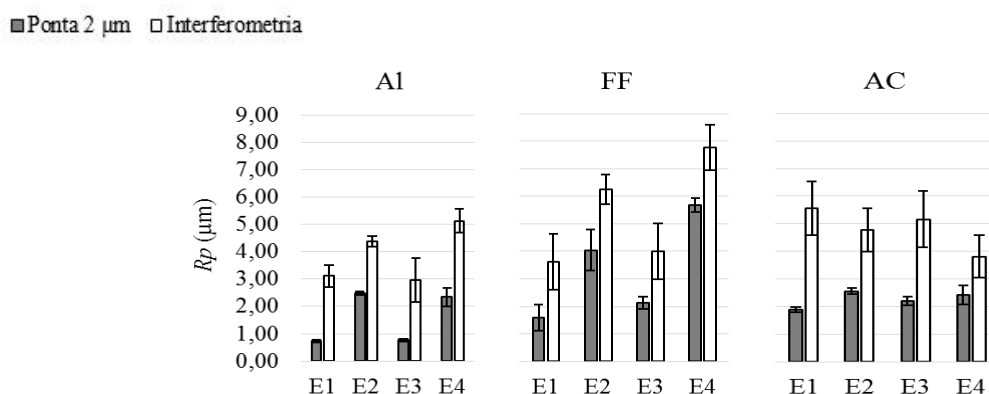


Figura 6. Valores médios do parâmetro R_p para as amostras torneadas (faceadas) nas condições de corte investigadas, com barra de erros associada à incerteza expandida (95%).

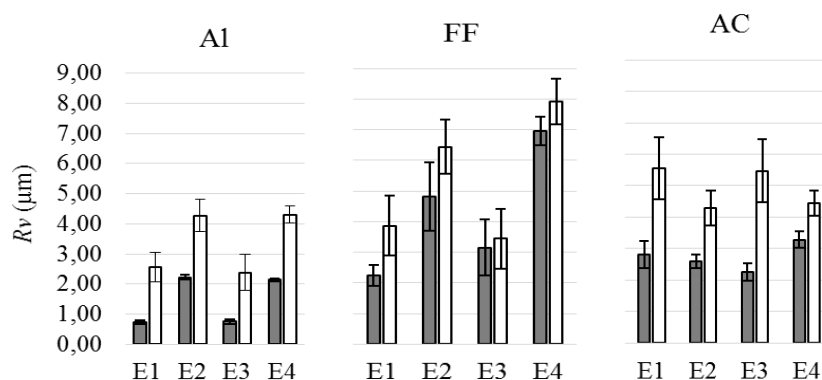


Figura 7. Valores médios do parâmetro R_v para as amostras torneadas (faceadas) nas condições de corte investigadas, com barra de erros associada à incerteza expandida (95%).

As barras em cor cinza e branca mostram os valores resultantes da medição com contato e medição sem contato, respectivamente. São mostrados ainda os valores de incerteza expandida (95%) associados à medição como sendo a barra de erros. O experimento E1 refere-se à condição $ap = 0,5$ mm e $f = 0,1$ mm/rot; E2 à $ap = 0,5$ mm e $f = 0,2$ mm/rot; E3 à $ap = 1,0$ mm e $f = 0,1$ mm/rot; e E4 à $ap = 1,0$ mm e $f = 0,2$ mm/rot.

Em ambas as figuras, os valores médios de R_p e R_v obtidos por meio da medição por interferometria foram maiores do que aqueles obtidos pela medição com contato. Desta forma, fica evidente que a ponta do apalpador influencia os valores dos parâmetros de rugosidade constituindo uma fonte de erros significativa. Este fato pode ser atribuído à dificuldade em detectar irregularidades que sejam menores do que o valor do seu raio.

Os maiores valores de R_p e R_v foram encontrados para as amostras de FF. A usinagem deste material, em função de sua porosidade, é caracterizada por fornecer cavacos descontínuos, no qual o cavaco rompe em pequenos segmentos em função da presença da grafita, produzindo uma descontinuidade da microestrutura e reduzindo a qualidade superficial.

As condições de corte, avanço e profundidade, também influenciaram significativamente os valores de R_p e R_v sendo que o avanço é mais influente. A altura dos picos e a profundidade dos vales das marcas da ferramenta tendem a aumentar com o aumento do avanço (Machado e da Silva, 2004).

Com relação aos valores de incerteza expandida, a medição sem contato apresentou valores maiores do que a medição com contato, resultando em menor repetibilidade. Essa menor repetibilidade pode ser atribuída à reflexão da luz. Quando a reflexão da luz acontece em superfícies rugosas, ocorre uma distorção da luz refletida, em função das irregularidades presentes neste tipo de superfície quando comparada com a “ideal”. Logo, superfícies geradas em situações diferentes, com parâmetros de corte distintos, causam efeitos desiguais na luz refletida (Marchiori, 2013). Pode-se acrescentar, ainda, que alterações microsuperficiais como microtrincas oriundas dos processos de usinagem, são capazes de influenciar o resultado da medição sem contato por ser um método de medição mais sensível.

A Figura (8) apresenta a diferença percentual entre os valores médios de R_p encontrados na medição com e sem contato. A Tabela (2) mostra os resultados decorrentes da análise de variância considerando os valores médios encontrados para o parâmetro em questão nas amostras de Al, FF e AC, em cada condição investigada, considerando quatro fatores como variáveis independentes para a obtenção do referido parâmetro são eles: material (M), tipo de medição (TM), profundidade de corte (ap) e avanço (f), sendo o material avaliado em três níveis (alumínio comercial, ferro fundido cinzento e aço carbono 1020) e os demais em dois níveis (tipo de medição - com contato e sem contato; ap - igual a 0,5 mm e igual a 1,0 mm; f - igual a 0,1 mm/rot e igual a 0,2 mm/rot). Para o R_v , tais informações são exibidas na Fig. (9) e na Tab. (3).

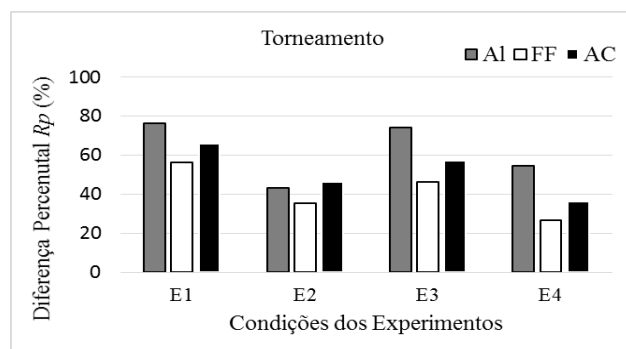


Figura 8. Diferença percentual na medição sem e com contato do R_p para as amostras torneadas (faceadas) de Al, FF e AC nas condições de corte investigadas.

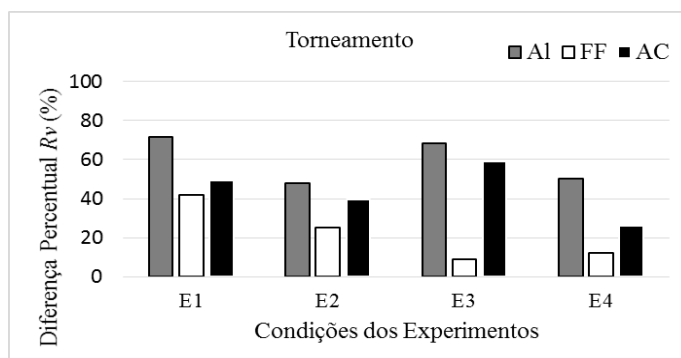


Figura 9. Diferença percentual na medição sem e com contato do R_v para as amostras torneadas (faceadas) de Al, FF e AC nas condições de corte investigadas

Tabela 2. ANOVA do parâmetro R_p de rugosidade para as amostras torneadas (faceadas).

Fator	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F-valor	p-valor
M	7,9599	1	7,95995	12,3251	0,000811
TM	95,7644	1	95,76444	148,2811	0,000000
ap	0,9885	1	0,98852	1,5306	0,220405
f	35,5351	1	35,53513	55,0224	0,000000
Erro	42,6248	67	0,64583		

Tabela 3. ANOVA do parâmetro R_v de rugosidade para as amostras torneadas (faceadas).

Fator	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	F-valor	p-valor
M	26,5745	1	26,57451	33,92077	0,000000
TM	76,5427	1	76,54267	97,70213	0,000000
ap	0,3893	1	0,38928	0,49689	0,483351
f	31,4692	1	31,46925	40,16861	0,000000
Erro	51,7063	67	0,78343		

Pelas Tabelas (2) e (3), comprovou-se que os fatores material (M), método de medição (TM), e avanço (f) considerados provocaram efeitos estatisticamente significativos nos valores médios dos parâmetros R_p e R_v . O fator profundidade de corte (ap) não provocou tais efeitos. Segundo Bonifácio (1983), não há influência marcante da profundidade de corte para valores menores que 1 mm.

O parâmetro R_p exibiu valores de diferença percentual maiores que o R_v (Figs. (8) e (9)), indicando que há limitações não apenas na detecção dos vales por parte da ponta do apalpador, mas também na detecção de picos, cujos raios podem ser aumentados como comentado por Bhushan (2000). Observa-se ainda que o efeito da ponta do apalpador é função dos materiais avaliados e das condições de corte investigadas. As amostras de FF apresentaram as menores diferenças percentuais ao passo que as amostras de Al exibiram, em geral, as maiores. Para este último material, os resultados obtidos para os parâmetros R_p e R_v são similares e próximos de 75%, 45%, 70% e 50%, de acordo com as condições de corte E1, E2, E3 e E4, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Ao finalizar o presente trabalho as seguintes conclusões podem ser formuladas:

- Os valores dos parâmetros de rugosidade R_p e R_v são influenciados de forma estatisticamente significativa pelo tipo de medição, evidenciando que o raio da ponta do apalpador constitui uma fonte significativa de erros. Adicionalmente, se observou que estes parâmetros de rugosidade dependem dos materiais avaliados e do avanço utilizado.

- O parâmetro de pico R_p exibiu valores de diferença percentual maiores que o parâmetro de vale R_v , indicando que há limitações não apenas na detecção dos vales por parte do apalpador, mas também na detecção dos picos.

- Os valores de incerteza expandida associados à medição sem contato, em geral, foram maiores do que os associados à medição com contato. Tal fato pode ser atribuído à distorção da luz refletida quando incidente em superfícies rugosas durante a medição por interferometria associada à sensibilidade deste tipo de medição em identificar alterações microsuperficiais oriundas dos processos de usinagem, bem como poros.

- Os valores de diferença percentual encontrados para as amostras torneadas de Al, FF e AC variaram de forma significativa com as mudanças nas condições de corte. Esta diferença tendeu a ser maior para as condições E1 e E3 que foram executadas com o menor avanço. Para o Al, os resultados obtidos para os parâmetros R_p e R_v são similares e próximos de 75%, 45%, 70% e 50%, de acordo com as condições de corte E1, E2, E3 e E4, respectivamente. Para o FF e o AC não foi possível estimar uma tendência definida em função da expressiva variabilidade nos valores de diferença percentual nos valores desses parâmetros de rugosidade obtidos nas diferentes condições de corte investigadas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica e às instituições CNPq, CAPES e FAPEMIG pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 4287, 2002, Especificações geométricas do produto (GPS) - Rugosidade: Método do perfil - Termos, definições e parâmetros da rugosidade. 18p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 4288, 2008, “Especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil-regras e procedimentos para avaliação de rugosidade”. 10p.
- Agostinho, O. L.; Rodrigues, A. C. S.; Lirani, J., 1997, “Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões. Edgard Blücher”. 295p.
- Bhushan, B., 2000, “Modern Tribology Handbook”, Volume One. Chapter 2 Surface roughness analysis and measurement techniques. Pp. 49-120.
- Chand, M.; Mehta, A.; Sharma, R.; Ohja, V.N.; Chaudhary, K.P., 2011, “Roughness Measurement Using Optical Profiler with Self-Reference Laser and Stylus Instrument — A Comparative Study”. Indian Journal of Pure & Applied Physics, V. 49 (May): 335–339.
- DOBES, J.; LEAL, J. E.S.; PROFETA, J.; SOUZA, M.M., LÉPORE-NETO, F.P.; PIRATELLI-FILHO, A.; ARENCIBIA, R.V. Effect of mechanical vibration on Ra, Rq, Rz and Rt roughness parameters. Artigo aprovado para publicação in The International Journal of Advanced Manufacturing Technology em Fevereiro 2017.14p.
- INMETRO, 2012, “A estimativa da incerteza de medição pelos métodos do ISO GUM 95 e de simulação de Monte Carlo”. INMETRO-DIMCI-DIMEC-LAPRE INMETRO. Nota técnica. 34p.
- Leach, R., 2001, “The measurement of surface texture using stylus instruments”. Measurement Good Practice Guide No. 37 National Physical Laboratory Teddington, Middlesex, United Kingdom, 97 p.
- Machado, A. R.; da Silva, M.B., 2004, “Usinagem dos metais”, apostila 8ª versão, EDUFU, Uberlândia, 257p.
- Marchiori, M.M., 2013, “Estudo de um sistema de medição a laser na análise da textura da superfície gerada por torneamento”. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, 82 p.
- Marco Filho, Flávio de, 1996, “Apostila de metrologia”. Rio de Janeiro: UFRJ, Sub-Reitoria de Ensino de Graduação e Corpo Discente/SR-1. 106 p. – (Cadernos Didáticos UFRJ; 29).
- MITUTOYO. Guia rápido para instrumentos de medição de precisão. 2016, L-17/18.
- Vorburger, T.V., Rhee, H.G., Renegar, T.B., Song, J.F., Zheng, A., 2007, “Comparison of Optical and Stylus Methods for Measurement of Surface Texture”. International Journal Advances Manufacturing Technology 33: 100.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EFFECT OF TURNING MACHINING (FACING) CONDITIONS AND ROUGHNESS MEASUREMENT METHOD ON THE PARAMETERS R_p AND R_v

Walter dos Santos Motta Neto, waltermottaneto@hotmail.com¹

Rosenda Valdés Arencibia, rosenda.arencibia@ufu.br¹

Luciano José Arantes, ljarantes@femec.ufu.br¹

Eder Silva Costa, edercosta@ufu.br¹

¹Federal University of Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121 - Neighborhood Santa Mônica - Uberlândia/MG

Abstract: The aim of this work is to evaluate the effect of material (M), type of measurement (TM), depth of cut (ap) and feed rate (f) on the values of the roughness parameters R_p e R_v in samples made of commercial aluminum (Al), SAE 1020 carbon steel (AC) and gray cast iron (FF) obtained by the face turning process using four different cutting regimes (E1, E2, E3 and E4). The roughness parameters were obtained by means of an electromechanical rugosimeter with diamond tips of radius of 2 μm . For comparative purposes, the samples were also measured by white light interferometry, so that the results found in the measurement by interferometry were used as reference. The uncertainty associated with the measurement was estimated using the GUM method (Guide to the Expression of the Measurement Uncertainty). The analysis of the results was performed through analysis of variance (ANOVA). According to the obtained results, it was observed that the values of the parameters R_p and R_v were influenced in a statistically significant way by the material of the sample, by the feed rate of the tool and by the type of measurement used, being the parameter of peak R_p was the most influenced.

Keywords: roughness, contact measurement, non-contact measurement, ANOVA.