

ANÁLISE DO EFEITO DOS PARÂMETROS DE CORTE NA RUGOSIDADE R_a NO TORNEAMENTO DO AL6351-T6 ATRAVÉS DE PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS

Pedro Henrique Fidélis

Carlos Renato Pagotto

Tales Humberto de Aquino Boratto

Universidade Federal de Juiz de Fora – Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica

Rua José Lourenço Kelmer, S/N – Campus Universitário – Bairro São Pedro – CEP: 36036-900 – Juiz de Fora -M.G.

pedro.henrique@engenharia.ufjf.br, crpagotto@engenharia.ufjf.br, tales.boratto@engenharia.ufjf.br

Resumo. A qualidade, o tempo de entrega e a produtividade de peças usinadas são os principais desafios da usinagem e que acarretam em um aumento do interesse na otimização das condições desse processo a fim de atender os requisitos de fabricação. Nas micro e pequenas empresas onde, em sua maioria, a dependência do operador é grande, a otimização do processo produtivo ainda é um desafio. Portanto, este trabalho teve a finalidade de investigar a influência da profundidade de usinagem, avanço, rotação, raio de ponta da ferramenta e fluido de corte na rugosidade R_a do alumínio 6351-T6, para observar a necessidade do uso do fluido de corte por questões ambientais. Para isso, foi utilizada a metodologia DOE (Design of Experiments) por ser mais barata e de fácil utilização por essas empresas quando comparada a outros métodos. A qualidade da superfície da peça pode ser considerado um dos fatores mais importantes na análise dos critérios de fabricação, portanto é utilizada como saída na metodologia DOE. Esta análise foi feita através de torneamento cilíndrico a seco e com fluido de corte utilizando, em ambos os casos, ferramentas de corte com raios de ponta 0,4mm e 0,8mm. Os resultados mostraram que o avanço e o raio de ponta foram as entradas que mais influenciaram nas rugosidades investigadas e o uso ou não do fluido de corte é não significativo estatisticamente. Com relação à otimização, os níveis dos fatores que garantiram os melhores resultados foram o avanço de 0,156mm/rev., profundidade de usinagem de 0,15mm e raio de ponta da ferramenta de 0,8mm, optando-se pelo não uso do fluido de corte. Além disso, no modelo de regressão encontrado para R_a obteve-se um confiabilidade de 99,75%. A rotação não teve influência para este caso.

Palavras chave: Torneamento. Rugosidade. DOE. Otimização.

1. INTRODUÇÃO

O aumento na qualidade do produto, tempo de entrega e qualidade das peças usinadas tem sido alguns dos principais desafios na indústria metal-mecânica e a rugosidade superficial é uma das mais importantes propriedades no processo de torneamento (Abbas *et al.* 2016; Asiltürk e Çunkas, 2011). Durante o processo de torneamento surgem problemas que influenciam na qualidade do produto em diversos tipos de materiais. Assim, a rugosidade é um indicador crítico de qualidade para as superfícies usinadas (Nascimento *et al.*, 2019).

Conseguir peças com acabamento superficial superior dispensando outros processos, além de reduzir custos de fabricação, pode-se poupar energia e horas de trabalho garantindo, desta forma, um processo mais eficiente com melhor taxa de fabricação. Portanto, os aspectos mais importantes na indústria de manufatura são medida e caracterização das propriedades superficiais dos produtos fabricados. As características da superfície usinada afetam a resistência à fadiga, a resistência à corrosão e as propriedades tribológicas dos componentes usinados (Arbizu e Pérez, 2003). Além disso, o controle da superfície usinada é essencial para operações seguras de torneamento (Felhö *et al.* 2015). No estudo da rugosidade verifica-se que vários parâmetros são importantes a serem estudados dentre os quais pode-se citar a rotação, profundidade de usinagem e avanço. Muitos autores correlacionam esses parâmetros de forma independente com a rugosidade. Porém, hoje em dia, pode-se utilizar ferramentas estatísticas e de planejamento de experimentos para correlacionar esses e outros parâmetros em conjunto para avaliar a rugosidade (Montgomery, 2013). A metodologia DOE é uma ferramenta que permite a melhoria da qualidade e produtividade auxiliando na tomada de decisões (Siveira *et al.* 2018). Vários trabalhos tem apresentado métodos para a otimização da rugosidade superficial como as técnicas de regressão múltipla linear, Taguchi, superfície de resposta e também de redes neurais e de Lógica Fuzzy (Abbas *et al.* 2016; Asiltürk e Çunkas, 2011; Asiltürk e Akkus, 2011; Arbizu e Pérez, 2003; Kumar e Chauhan, 2015; Barzani *et al.*, 2015; Dambatta *et al.* 2019).

Asiltürk e Çunkas, (2011), mediram a rugosidade durante o torneamento do aço AISI 1040 em diferentes condições de corte para taxa de avanço e profundidade de usinagem usando o projeto de experimento fatorial completo e

redes neurais artificiais, comparando os dois métodos, a fim de aumentar o limite de confiança e segurança aos dados experimentais. Asiltürk e Akkus (2011) focaram seus estudos na minimização da rugosidade do aço AISI 4140 para R_a e R_z , baseado no método Taguchi em teste de torneamento a seco. Este modelo também pode ser usado na indústria para determinar os parâmetros de corte ótimos para uma mínima rugosidade superficial. Abbas *et al.*, (2016), também usou a técnica de fatorial completo para investigar os efeitos dos parâmetros de usinagem nas rugosidades R_a e R_t , com os fatores rotação, taxa de avanço e profundidade de usinagem no fresamento de um aço tratado termicamente com ferramentas de corte de metal duro. Arbizu e Pérez, (2003), usaram a metodologia de superfície de resposta para otimizar o valor da rugosidade variando a velocidade de corte, a taxa de avanço e a profundidade de usinagem. Esses autores observaram que tanto a taxa de avanço quanto a profundidade de usinagem tem uma influência negativa na média da rugosidade superficial com o aumento dessas variáveis. Por outro lado estes autores observaram, nesse estudo, que a velocidade de corte tem gr influência na mínima rugosidade superficial. Kumar e Chauham, (2015), estudaram os efeitos velocidade de corte, taxa de avanço e ângulo de posição no torneamento de compósitos cerâmicos e híbridos do Al 7075, usando os métodos de superfície de resposta e redes neurais artificiais para validar os resultados obtidos durante os experimentos. Esses pesquisadores verificaram, a partir das análises feitas, que a taxa de avanço tem uma maior contribuição na rugosidade para ambos os materiais estudados comparada à velocidade de corte e ao ângulo de posição.

Barzani *et al.*, (2015) usaram Lógica Fuzzy para prever a performance da usinagem de uma liga fundida Al-Si-Cu-Fe tratada com diferentes fluidos de corte para melhorar a rugosidade superficial da liga. Neste trabalho foi usada a técnica de otimização Pareto-ANOVA para se conseguir a melhor combinação de parâmetros de usinagem com o intuito de melhorar a rugosidade superficial. Os resultados mostraram que a rugosidade superficial aumenta com o aumento da taxa de avanço e diminui com o aumento da velocidade de corte. Dambatta *et al.*, (2019) usaram o método Taguchi a fim de otimizar os parâmetros do processo de retificação, enquanto que para a previsão dos parâmetros de resposta foi utilizada a técnica de modelagem ANFIS. Para tal os pesquisadores usaram uma liga Al 6061-T6 e como parâmetros a profundidade de usinagem e a taxa de avanço, juntamente com a técnica MQL (Mínima Quantidade de Lubrificante), chegando a uma previsão de 98,5% de confiança para a rugosidade superficial ótima.

Neste trabalho foi usado a regressão múltipla linear para a otimização do processo produtivo minimizando a rugosidade R_a . Em se tratando de micro e pequenas empresas no Brasil o DOE é uma ferramenta barata quando comparado a outros métodos de otimização podendo tornar essas empresas competitivas em termos de custo, qualidade, tempo de entrega e preservação do meio ambiente Esta análise foi feita em torno convencional, que é a realidade de pequenas e micro empresas no Brasil, com torneamento cilíndrico a seco e com fluido de corte. Para tal usou-se ferramentas de corte de metal duro recobertas com raios de ponta 0,4 mm e 0,8 mm. Os fatores escolhidos para este trabalho foram a rotação do torno, a taxa de avanço e a profundidade de usinagem.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

O alumínio 6351-T6, dureza média 85HB, foi escolhido devido à sua ampla utilização. Pode-se citar construção naval, veículos e equipamentos e Engenharia estrutural. A Tabela 1 mostra a composição química deste material.

Tabela 1. Composição química do Al 6351-T6 (Império dos Metais)

% Mg	%Fe	%Cu	%Mn	%Al	%Zn	%Ti	%Si	%outros
0,4 – 0,8	0,5	0,1	0,4 – 0,8	96,5 - 99	0,2	0,2	0,7 – 1,3	0,05 – 0,15

Além do mais possui alta resistência mecânica e à corrosão e boa conformabilidade. Foi usado quatro corpos de prova cilíndricos com diâmetro inicial de 3 pol (76,2 mm) e 100mm de comprimento. Foram realizadas três medidas para cada condição de corte a fim de se obter uma média para uma melhor precisão dos resultados.

O fluido de corte utilizado foi o Quimatic 2 da Quimatic/Tapmatic®. Trata-se de um fluido sintético indicado para inúmeras operações de usinagem. Não contém alogenados logo não ataca a camada de ozônio. Esse fluido reduz significativamente o atrito ferramenta-peça-cavaco, aumentando, desta forma, a vida da ferramenta. Os ensaios foram realizados em um torno mecânico universal TIMEMASTER. Optou-se para usar, como ferramenta de corte, pastilhas de metal duro revestidas com TiN, modelo TNMG 160408 R e TNMG 160404 R, da fabricante Rocast Perfection, indicada para operações de torneamento tanto para desbaste quanto para acabamento. Neste trabalho foi usado um rugosímetro digital portátil da fabricante Instrutherm, modelo RP-100. Este aparelho é capaz de medir os parâmetros de rugosidade R_a . A faixa de R_a é de 0,5 a 10 μ m. Este instrumento também possui um comprimento de amostragem de 6 mm com velocidade de deslocamento da agulha de 1mm/s. Sua precisão é de classe 3, segundo a ISO 4297/1:1996, com captador do tipo piezoelétrico e ponta do traçador de diamante, cut-off de 2,5 mm. Foram feitas 3 medidas de rugosidade R_a . O resultado da Tab. 3 é a média dessas medidas. Não houve repetição das medidas na usinagem.

2.2. Metodologia para os ensaios

Optou-se por utilizar, como metodologia, o planejamento de experimentos fatorial completo, pois mede todas as combinações possíveis dos níveis dos fatores experimentais. Neste trabalho foram selecionados 5 parâmetros experimentais (fatores): rotação, avanço, profundidade de usinagem, raio de ponta e ambiente. Cada um desses fatores foi manipulado em dois níveis: alto (+1) e baixo (-1), representando um modelo fatorial completo 2^5 . A variável de resposta foi R_a . A Tabela 2 ilustra os valores de entrada definidos. Foi utilizado para os experimentos o software Minitab 19® (versão do estudante) e a Tab. 3 mostra a matriz experimental com os fatores dos ensaios e os valores de R_a .

Tabela 2. Valores dos parâmetros utilizados no ensaio

Parâmetro	Simbologia	Unidade	Nível (-)	Nível (+)
Rotação	n	rpm	460	1255
Avanço	f	mm/rev.	0,156	0,312
Profundidade	a_p	mm	0,15	0,3
Raio de ponta	R_p	mm	0,4	0,8
Ambiente	Amb.	-	A seco	Com fluido

Tabela 3. Matriz experimental com os fatores do ensaio e os valores de R_a

Teste	n	f	a_p	r	Amb.	R_a
1	-1	-1	-1	-1	-1	1,68
2	1	-1	-1	-1	-1	1,58
3	-1	1	-1	-1	-1	5,21
4	1	1	-1	-1	-1	5,22
5	-1	-1	1	-1	-1	1,80
6	1	-1	1	-1	-1	1,90
7	-1	1	1	-1	-1	5,36
8	1	1	1	-1	-1	5,55
9	-1	-1	-1	1	-1	1,19
10	1	-1	-1	1	-1	1,04
11	-1	1	-1	1	-1	2,84
12	1	1	-1	1	-1	2,79
13	-1	-1	1	1	-1	1,19
14	1	-1	1	1	-1	1,20
15	-1	1	1	1	-1	3,05
16	1	1	1	1	-1	3,00
17	-1	-1	-1	-1	1	1,73
18	1	-1	-1	-1	1	1,58
19	-1	1	-1	-1	1	5,39
20	1	1	-1	-1	1	5,37
21	-1	-1	1	-1	1	1,63
22	1	-1	1	-1	1	1,70
23	-1	1	1	-1	1	5,31
24	1	1	1	-1	1	5,24
25	-1	-1	-1	1	1	1,01
26	1	-1	-1	1	1	1,02
27	-1	1	-1	1	1	3,07
28	1	1	-1	1	1	3,05
29	-1	-1	1	1	1	1,23
30	1	-1	1	1	1	1,17
31	-1	1	1	1	1	2,72
32	1	1	1	1	1	3,02

3. RESULTADOS E ANÁLISES

Com a análise do modelo fatorial completo 2^5 , fornecido pelo Minitab, foram encontrados os fatores que influenciam nas respostas. Em seguida foi utilizada uma técnica de otimização de múltiplas respostas, oferecida pelo mesmo software, a fim de encontrar os níveis de cada variável de entrada capazes de otimizar a variável de resposta.

3.1. Modelo Matemático

Com os resultados experimentais é possível criar um modelo matemático da variação da resposta. Para isso foi utilizado o modelo de regressão linear. Esse modelo pode estimar a relação entre a variável de resposta e os parâmetros de controle no processo de torneamento do Alumínio 6351-T6, observado na Eq. (1).

$$R_a = 2,7762 + 1.3606.f + 0.0406.a_p - 0,7394.r_p - 0,4550.f.r_p - 0,0531.a_p.amb - 0,0400.f.a_p.amb \quad (1)$$

3.2. Análise gráfica do modelo

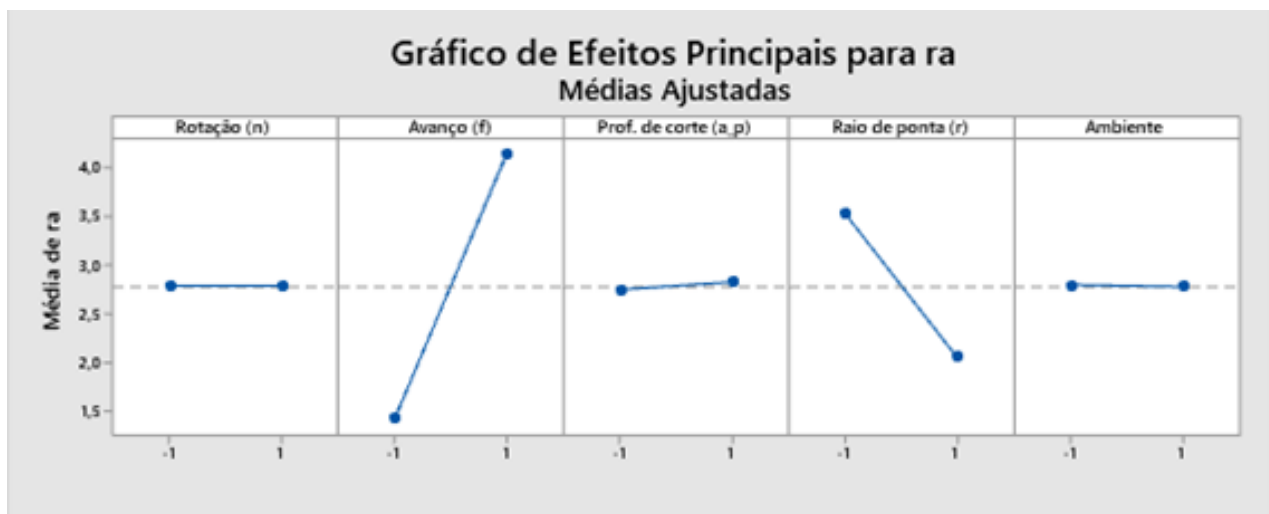


Figura 1. Gráfico dos efeitos principais para R_a

A análise gráfica dos efeitos ajuda a visualizar a variação de resposta. A Fig. 1 mostra o gráfico de efeitos principais para R_a . No eixo X tem-se as variações dos níveis dos fatores e no eixo Y a variação média da resposta. A distância entre os dois valores da rugosidade média de cada fator representa o efeito principal. Pode-se observar na Fig. 1 que o efeito que mais influencia na resposta é o avanço, seguido pelo raio de ponta. Como no avanço a inclinação é positiva, quando o fator avanço vai do nível -1 para o nível +1 a rugosidade aumenta. Com o raio de ponta acontece o inverso. Os outros efeitos principais causam uma mínima variação significativa na resposta. Percebe-se que a profundidade de usinagem a_p tem um pequeno aumento quando o esse fator vai do nível -1 para o nível +1.

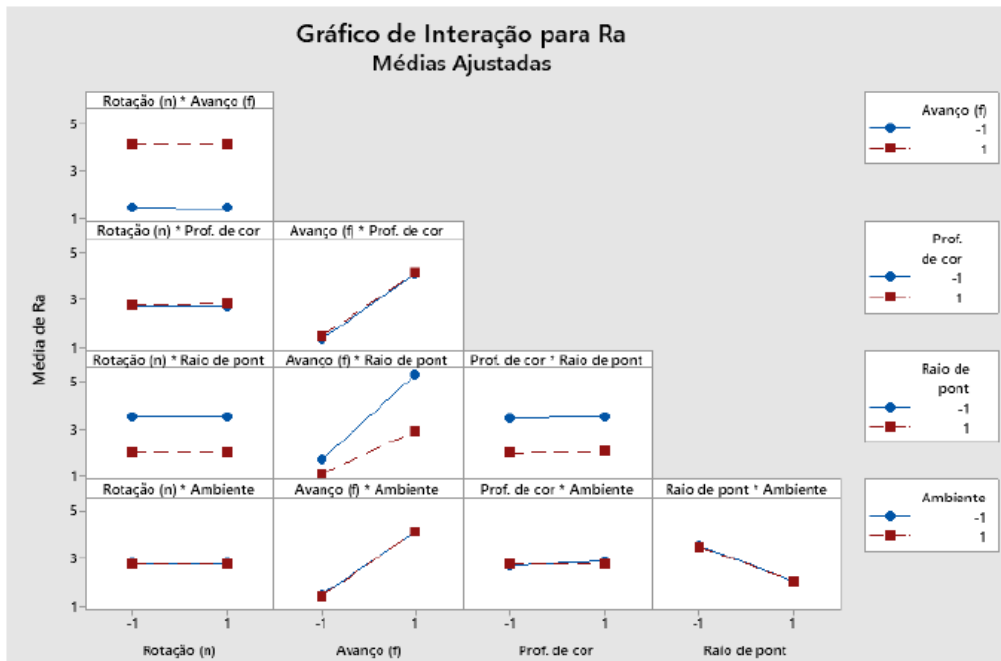


Figura 2. Gráficos dos efeitos de interação para R_a

Fazendo uma análise dos gráficos de efeitos principais da Fig. 2, percebe-se que o avanço, o raio de ponta e a interação avanço e raio de ponta novamente se mostram como sendo os mais significativos, fatores esses que afetam a rugosidade. O efeito principal da profundidade de corte e as interações profundidade de corte e ambiente, avanço e profundidade de corte e ambiente também estão acima da linha de referência, indicando que possuem pouca influência na resposta.

A Figura 3 representa o diagrama de Pareto dos efeitos para a variável de resposta R_a , que mostra o impacto das variáveis controláveis do processo e suas interações em R_a . Pode-se notar que as barras que ultrapassam a linha de $Lenght$ são os parâmetros significativos do modelo. Neste gráfico pode-se identificar quais termos contribuem para a variabilidade da resposta. A linha de referência para a significância estatística depende do nível de significância (α). Neste trabalho foi utilizado um $\alpha = 0,05$ (95% de confiabilidade).

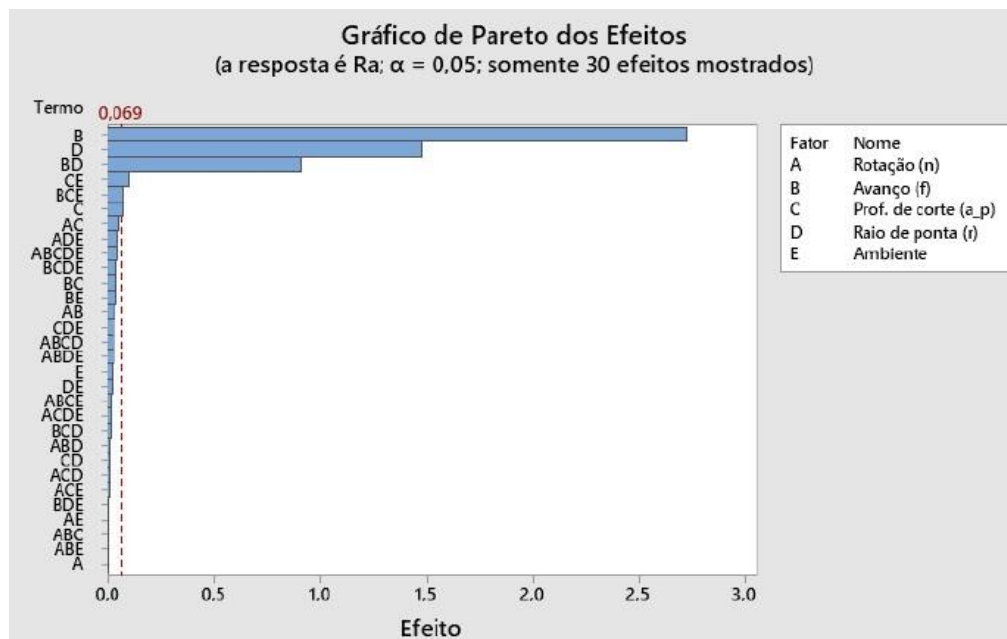


Figura 3. Diagrama de Pareto para a rugosidade R_a

Fazendo uma análise do diagrama de Pareto dos efeitos padronizados da Fig. 3, percebe-se que o avanço, o raio de ponta e a interação avanço e raio de ponta novamente se mostram como sendo os mais significativos, fatores esses que afetam a rugosidade. O efeito principal da profundidade de corte e as interações profundidade de corte e ambiente, avanço e profundidade de corte e ambiente também estão acima da linha de referência, indicando novamente que possuem pouca influência na resposta.

3.3 ANOVA

Para investigar os fenômenos significativos foi feita a análise da variância ANOVA para os fatores avanço, profundidade de usinagem, raio de ponta e ambiente com ou sem fluido de corte, chegando a interações de dois e três fatores. Para este modelo os valores R^2 e R^2 (ajustado) foram 99,8% e 99,75% respectivamente, mostrando que a variabilidade da rugosidade é bem explicada através das variáveis de controle usadas para o ensaio do torneamento do Alumínio 6351-T6. O modelo matemático apresentado na Eq. (1) é significativo, apresentando um Valor-P menor que o nível de significância de 5%, como mostrado na Tab.4. Porém pode-se notar, neste estudo, que a profundidade de usinagem e suas interações apresentaram uma significância baixa e a rotação do eixo árvore não teve nenhuma influência como mostrado nos gráficos dos efeitos principais e interações como mostrado nas Fig.1 e Fig.2. Isso pode se dever às altas velocidades de corte impostas no experimento, quando se analisa a rotação e o diâmetro inicial dos corpos de prova e baixas profundidades de corte, já que o material estudado tem boa usinabilidade.

Tabela 4. Análise da variância para a rugosidade Ra

Fonte	GL	SQ (Aj.)	QM (Aj.)	Valor F	Valor-P
Regressão	6	83,5543	13,9257	2043,09	0,000
f	1	59,2416	59,2416	8691,55	0,000
ap	1	0,0528	0,0528	7,75	0,010
rp	1	17,4936	17,4936	2566,55	0,000
f*rp	1	6,6248	6,6248	971,95	0,000
ap*amb	1	0,0903	0,0903	13,25	0,001
f*ap*amb	1	0,0512	0,0512	7,51	0,011
Erro	25	0,1704	0,0068		
Total	31	83,7247			

3.4 Validação dos resultados

Para validar o modelo de regressão (Dambatta *et al*, 2019), desesseis testes de confirmação foram conduzidos, usando diferentes parâmetros dentro da faixa de valores do modelo desenvolvido. Os valores das respostas medidas e previstas pelo modelo de regressão no experimento para Ra estão mostrados na Fig.4 abaixo.

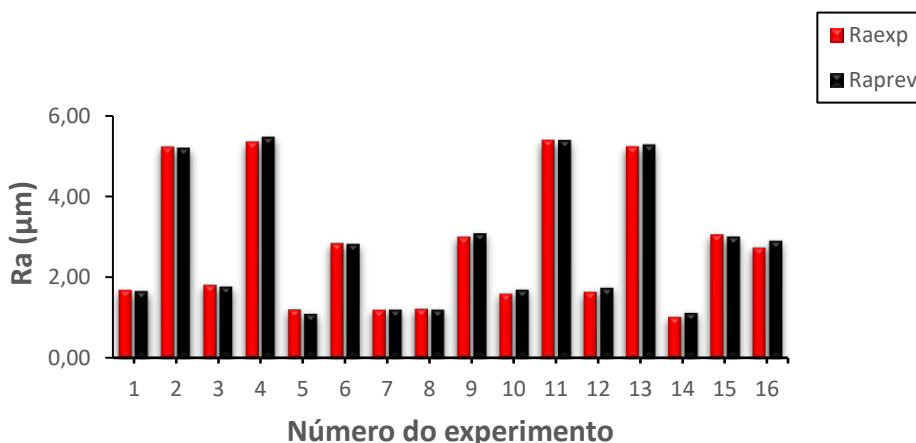


Figura 4. Comparação entre os resultados mensurados e os resultados previstos para a regressão linear para Ra

Analisando a figura percebe-se que o resultado da regressão linear múltipla representa bem os ensaios, pois há uma proximidade entre os resultados mensurados e os previstos pelo modelo. A precisão geral do modelo foi calculada usando-se a Eq. (2) abaixo. A média da precisão da validação do modelo para Ra foi de 96,75%.

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{V_{exp} - V_{previsto}}{V_{exp}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

Onde P é a precisão e N é o número de experimentos

4. CONCLUSÕES

O planejamento de experimentos utilizado mostrou-se eficaz para a modelagem da rugosidade Ra em função dos parâmetros de corte utilizados no torneamento cilíndrico do Alumínio 6351-T6. O modelo linear mostrou um ajuste de 99,75%.

Além disso, através da otimização da rugosidade foi mostrado estatisticamente que os níveis ótimos são avanço 0,156 mm/rev. (nível -1 no DOE), profundidade de usinagem 0,15 mm (nível -1 no DOE), raio de ponta 0,8 mm (nível +1 no DOE) e ambiente sem fluido de corte (nível -1 no DOE), mostrando que com ferramenta com raio de ponta maior, em pequenas profundidades de usinagem e avanços permitem uma maior estabilidade da máquina, influenciando no acabamento superficial. A Ra ótima para este estudo ficou em 1,01 µm.

Analisando os valores, percebeu-se que para este experimento a rotação do eixo árvore não influenciou na rugosidade superficial provavelmente devido a velocidades de corte altas aos baixos valores de profundidade de usinagem com o uso de um material de boa usinabilidade e raio de ponta maior, que comprovadamente melhora a qualidade superficial verificado na literatura. Deve-se observar que apesar de não ter sido utilizadas as velocidades de corte, esse parâmetro se manteve alto quando condicionado ao diâmetro inicial dos corpos de prova.

O que queria-se comprovar com este estudo também foi que o uso do fluido de corte não se faz necessário nesse caso, pois além de degradar o meio ambiente e o processo pode se tornar mais caro para a empresa, sendo que a qualidade necessária da superfície das peças produzidas foi satisfatória, mesmo os experimentos sendo feitos em torno convencional que é a realidade de pequenas empresas no Brasil.

Conclui-se, portanto, que uma pequena empresa pode sim ser competitiva no mercado, confeccionando peças de boa qualidade superficial reduzindo custos através da otimização de seu processo com uma ferramenta de custo baixo que é o Planejamento de Experimentos.

5. REFERÊNCIAS

- Abbas, A.D., Regab, A.E., Bahkali, E.A.A. e El Danaf, E.A., 2016. "Optimizing cutting conditions for minimum roughness in face milling of high strength". *Advances in Materials Science and Engineering*, Vol. 2016, p. 01-14.
- Asiltürk, I. e Akkus H., 2011. "Determining the effect of cutting parameters on surface roughness in hard turning using the Taguchi method". *Measurement*, Vol. 44, p. 1697-1704.
- Asiltürk, I. e Çunkas, M., 2011. "Modeling and prediction of surface roughness in turning operations using artificial neural network and multiple regression method". *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, p. 5826-5832.
- Barzani, M.M., Zalnezhad, E., Sarhan, A.A.D., Farahany, S. e Ramesh, S., 2015. "Fuzzy logic based model for predicting surface roughness of machined Al-Si-Cu-Fe die casting alloy using different additives-turning". *Measurement*, Vol. 61, p. 150-161.
- Dambatta, M.M., Sayuti, M., Sarhan A.A.D., Bin Ab Shukor, H.B.A., Derahman, N.A.B. e Manladan, S.M. 2019. "Prediction of specific grinding forces and surface roughness in machining of Al6061-T6 alloy using ANFIS technique". *Industrial Lubrification and Technology*, Vol. 71, N 2, p. 309-317.
- Felhö, C., Karpuschewski, B. e Kundrák, J., 2015. "Surface roughness modelling in face milling". In *15th CIRP Conference on Modelling of Machining Operations*, Vol. 31, p. 136-141.
- Império dos Metais < <https://www.imperiodosmetais.com.br/pdf/a-6351.pdf>>.
- Kumar, R. I. e Chauhan S., 2015. "Study on surface roughness measurement for turning of Al7075/10/SiCp and Al7075 hibryd composites by using response surface methodology (RSM) and artificial neural networking (ANN)". *Measurement*, Vol. 65, p. 166-180.
- Montgomery D.C., 2013. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons, New Jersey, 6ª edição.
- Nascimento, C.F., de Oliveira C.H., Vieira F.F.S., Frederico, P., de Brito, T.G. e de Paiva, E.J., 2019. "Análise da rugosidade Ra no torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750 utilizando planejamento de experimentos". In *Proceedings ABCM 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação -COBEF 2019*. São Carlos, Brazil.
- Pérez, C.J.L. e Arbizu, I.P., 2003. "Surface roughness prediction by factorial design of experiments in turning processes". *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 143-144, p. 390-396.
- Silveira, M.L., Rezende B.A., e Faria, P.E., 2018. "Planejamento de experimentos e usinagem de um material sanduiche". IV Seminário de Estudantes de Pós Graduação - SEP. Bambuí, Brazil.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.

ANALYSIS OF THE EFFECT OF CUTTING PARAMETERS ON ROUGHNESS Ra IN AL6351-T6 TURNING BY DESIGN OF EXPERIMENTS

Pedro Henrique Fidélis

Carlos Renato Pagotto

Talles Humberto de Aquino Boratto

Universidade Federal de Juiz de Fora – Faculdade de Engenharia – Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica

Rua José Lourenço Kelmer, S/N – Campus Universitário – Bairro São Pedro – CEP: 36036-900 – Juiz de Fora -M.G.

pedro.henrique@engenharia.ufjf.br, cpagotto@engenharia.ufjf.br, tales.boratto@engenharia.ufjf.br

Abstract. *The quality, delivery time and productivity of cut parts are the main challenges of cut and lead to an increased interest in optimizing the conditions of this process in order to catch up the manufacturing requirements. In micro and small companies where, for the most part, the operator's dependence is expressive, and the optimization of the production process is still a challenge. Therefore, this work aimed to investigate the influence of depth of cut, feed rate, rotation, tool nose radius and cutting fluid on the roughness R_a of aluminum 6351-T6, to investigate the need for using cutting fluid for environmental reasons. For this, the DOE (Design of Experiments) methodology was used because it is cheaper and easier to use by these companies when compared to other methods. The surface quality of the part can be considered one of the most important factors in the analysis of the manufacturing criteria, therefore used as an output in the DOE methodology. This analysis was done through dry cylindrical turning and cutting fluid using, in both cases, cutting tools with 0.4mm and 0.8mm tip radius. The results showed that the advance and the radius of the tip were the entries that most influenced the roughness investigated and the use or not of the cutting fluid is statistically negligible. Regarding optimization, the levels of the factors that guaranteed the best results were a feed rate of 0.156mm / rev., depth of cut of 0.15mm and tool tip radius of 0.8mm, opting for not using the cutting fluid. Furthermore, in the regression model found for R_a , a reliability of 99.75% was obtained. The spindle speed had no influence on this case.*

Keywords: turning, roughness, DOE, optimization

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.