

OTIMIZAÇÃO DOS PARAMETROS DE USINAGEM NO TORNEAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL SUPER DUPLEX UNS S32750 UTILIZANDO METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E FUNÇÃO *DESIRABILITY*

Carlos Filipe Nascimento
Tarcísio Gonçalves de Brito
Carlos Henrique de Oliveira
Emerson José de Paiva

IEI-UNIFEI-Universidade Federal de Itajubá. Campus Avançado de Itabira. Rua Irmã Ivone Drummond, nº 200. CEP:35903-087. Itabira-MG

e-mails: carlosfelipen8@gmail.com; tgbrito@unifei.edu.br; carlos.henrique@unifei.edu.br; emersonpaiva@unifei.edu.br.

Resumo. Os avanços tecnológicos vem exigindo das indústrias manufatureiras grandes desafios para se tornarem competitivas devido ao atual cenário mundial. Produzir com alta qualidade, baixo custo e alta produtividade são tendências cada vez mais presentes no cotidiano dessas empresas que necessitam de processos de fabricação eficazes, inclusive a operação de torneamento. Com aumento de demanda no mercado de petróleo e gás, devido às propriedades mecânicas e à corrosão, o torneamento do aço inoxidável super duplex vem sendo estudado e a otimização de seus parâmetros se torna necessário a fim de aumentar a qualidade e produtividade, pois trata-se de um material de difícil usinabilidade. Este artigo tem como objetivo otimizar os parâmetros de usinagem no processo de torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750, empregando a função *desirability* para aumento de qualidade e produtividade, aplicando a metodologia de superfície de resposta (MSR), análise de variância (ANOVA), no processo de torneamento empregando insertos de metal duro revestido pelo processo de deposição química a vapor (CVD) e sem fluido. O estudo apresentou o valor de *desirability* para a otimização bi-objetiva 0,9682 atingindo um valor intermediário entre qualidade e produtividade.

Palavras chave: Otimização. Aço inoxidável super duplex UNS S32750. Metodologia de superfície de resposta (MSR). Qualidade. Função *Desirability*.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Gouarir et al. (2018) a usinagem, que se caracteriza como um processo de remoção progressiva de material sob a forma de cavaco, é a técnica de manufatura mais empregada para a fabricação de peças.

Dentre os processos de usinagem, o torneamento é o processo mais empregados na fabricação de peças o que demonstra sua relevância, versatilidade e qualidade (Diniz, et al., 2014; Sarikaya et al., 2016; Prasath et al., 2018).

Frequentemente surgem problemas durante o processo de torneamento que influenciam na qualidade e na produtividade para os diferentes tipos de materiais. O aço inoxidável super duplex UNS S32750 tem essas características, devido à sua elevada ductilidade e baixa condutividade térmica que provocam um aumento de temperatura na interface ferramenta-peça e causa desgaste prematuro do inserto e formação de aresta postiça de corte. Nessas condições de fabricação, os valores de rugosidade superficial e o número de trocas com ferramentas de corte aumentam significativamente (Benardos e Vosniakos, 2003; Arbizu e Pérez, 2003; Diniz, et al., 2014; Khare et al., 2018).

A dificuldade em usinar o aço inoxidável super duplex UNS S32750, desencadeou diversas pesquisas que foram realizadas para modelar e prever o comportamento dos insertos na usinagem deste material. Airão et al. (2018) desenvolveram um modelo matemático para prever a rugosidade R_a , utilizando regressão múltipla. Nascimento et al. (2019) utilizaram o planejamento de experimentos para modelar a rugosidade R_a e taxa de remoção de material. Portanto, compreender como o aço inoxidável super duplex UNS S32750 se comportam durante o processo de torneamento é importante. Para isso, a busca por parâmetros ótimos, com a finalidade de determinar as melhores configurações das variáveis de controle a fim de obter uma melhor qualidade e produtividade dos produtos usinados torna-se fundamental, seja para as pesquisas acadêmicas ou empresariais (Nomani et al., 2017; Gamarra e Diniz, 2018).

Segundo Box e Draper (2007) as técnicas de modelagem possibilitam a inter-relação entre as variáveis de entrada (inputs) e saída (outputs) de qualquer processo e como consequência um modelo matemático é estabelecido. Os métodos de otimização são aplicados em conjunto com as ferramentas estatísticas para melhor compreensão do comportamento de um processo e determinar as condições que favoreçam o máximo desempenho de acordo com os indicadores quantitativos e qualitativos (outputs). De acordo com Paiva et al. (2007) a melhoria de um processo auxilia as empresas em sua competitividade, assegurando produtos conforme as exigências do mercado e com menor custo.

Segundo Montgomery (2013) o planejamento de experimentos (DOE) é uma estratégia eficaz para analisar e identificar a magnitude de várias fontes de variação que influenciam em um processo. Dentre as técnicas de planejamento de experimentos a metodologia de superfície de resposta (MSR) utiliza-se de ferramentas estatística com a finalidade de modelar problemas relacionados aos processos influenciados por dois ou mais fatores, além de fornecer a otimização do modelo (Myers e Montgomery, 2002; Montgomery, 2009; DING et al., 2004). Os modelos lineares e quadráticos são capazes de representar a maioria dos problemas relacionados a MSR (Montgomery, 2013). Com base em pesquisas anteriores sobre otimização de parâmetros de usinagem, sabe-se que a curvatura está presente na região que contém o ponto ótimo. Assim, um modelo de segunda ordem descreve o comportamento do sistema com melhor ajuste conforme Eq. (1).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=2}^k \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (1)$$

Desenvolvida originalmente por Harrington (1965) e em 1980, modificada por Derringer e Suich. O método *desirability* tem sido amplamente utilizada na indústria para busca de otimização de processos em busca das configurações ideais dos parâmetros de trabalho. Esta função é baseada na ideia de que a qualidade de um produto ou processo que tem muitos recursos é completamente inaceitável, se um deles estiver fora de um limite "desejável" (HEE HAN, 2015). O método *desirability* é composto de duas etapas. Primeiro, cada resposta é convertida em uma função de conveniência individual (d_i) que varia de 0 a 1. O valor de d_i aumenta à medida que a resposta se aproxima das restrições definidas. Em seguida, os valores individuais são combinados em uma função *desirability geral* (D), calculando sua média geométrica de diferentes valores de d_i conforme Eq. (4)

$$D = (d_1^{v_1} \times d_2^{v_2} \times \dots \times d_n^{1/n})^{1/n} = (\prod_{i=1}^n d_i)^{1/n} \quad (2)$$

Este artigo tem o objetivo de estudar o comportamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750 durante o processo de torneamento utilizando planejamento de experimentos (DOE), análise de variância (ANOVA) e para otimização a função *desirability* em 3 cenários distintos: 1- Minimização da rugosidade R_a ; 2- Maximização da taxa de remoção de material (MRR); 3- Otimização biobjetiva levando-se em consideração o ponto ótimo de trabalho para as duas respostas. Os experimentos foram realizados com inserto de metal duro, revestido pela técnica CVD (TiCN, Al_2O_3 e TiN) e sem fluido de corte.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a coleta dos dados foi utilizado o arranjo fatorial de 2^3 com 3 pontos centrais e 6 pontos axiais totalizando 17 experimentos para as variáveis de controle, juntamente com os seus respectivos níveis de operação conforme tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros utilizados no processo de torneamento (Sandvik Coromant, 2018)

Fatores	Nível -1	Nível 0	Nível +1
Velocidade de corte (v_c)[m/min]	160	170	180
Profundidade de corte (a_p)[mm]	0,40	0,75	1,10
Avanço (f)[mm/rot]	0,10	0,15	0,20

Os experimentos foram realizados no torno CNC de marca CYK613 com 15 kW de potência e rotação máxima de 10.000 rpm. O material usinado foi o aço inoxidável super duplex UNS S32750 e sua composição química conforme Tabela 2. O corpo de prova foi confeccionado com 51 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento. Para os ensaios utilizou-se a ferramenta de corte ISO MWLNR-2525M08 e inserto de metal duro ISO WNMG 08 04 08-PM 4225 revestido pela técnica CVD com TiCN+ Al_2O_3 +TiN (Sandvik Coromant, 2018).

Tabela 2. Composição química aço UNS S32750 (IMOA, 2012)

Elementos	C	Cr	Cu	Fe	Mo	Mn	N	Ni	P	S	Si	W
Mínimo	0	24	0,5	Restante	3	0	0,2	6	0	0	0	0,5
Máximo	0,03	26	10		4	1	0,3	8	0,03	0,01	1	1

Com os parâmetros definidos, realizaram-se os ensaios conforme o planejamento experimental. A rugosidade R_a foi medida utilizando o rugosímetro portátil Mitutoyo SJ-201P (com *cut-off* de 0,8mm), em três pontos equidistantes 120° no corpo de prova, considerando-se o valor médio entre as leituras. Após a medição de rugosidade, os dados foram

compilados na matriz experimental conforme tabela 3, a taxa de remoção de material foi calculada de acordo com a Eq. (3).

$$MRR [cm^3/min] = v_c \left(\frac{m}{min} \right) \times f \left(\frac{mm}{rot} \right) \times a_p (mm) \quad (3)$$

Tabela 3. Matriz experimental e valores de rugosidade R_a e MRR para o torneamento do UNS S32750

Ordem	Fatores controláveis			Resultados	
	Profundidade de corte	Avanço	Velocidade de corte	R_a	MRR
	[mm]	[mm/rot]	[m/min]	[μm]	[cm ³ /min]
1	0,75	0,15	170,00	1,28	19,13
2	0,40	0,10	160,00	0,89	6,40
3	0,40	0,20	160,00	1,26	12,80
4	1,10	0,10	180,00	0,52	19,80
5	1,10	0,20	160,00	2,01	35,20
6	0,16	0,15	170,00	0,77	4,11
7	1,10	0,20	180,00	1,56	39,60
8	0,40	0,20	180,00	1,89	14,40
9	0,75	0,15	170,00	1,04	19,13
10	0,75	0,15	186,81	0,82	21,02
11	0,75	0,15	153,18	1,05	17,23
12	0,75	0,07	170,00	0,74	8,40
13	0,75	0,23	170,00	2,40	29,85
14	1,34	0,15	170,00	1,00	34,14
15	0,40	0,10	180,00	0,31	7,20
16	1,10	0,10	160,00	1,85	17,60
17	0,75	0,15	170,00	1,27	19,13

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Modelo matemático

Com resultados experimentais foi possível determinar as funções objetivo utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários (OLS). O modelo matemático foi estabelecido para estimar a relação entre a resposta de interesse e as variáveis de controle no processo de torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750 conforme Eq. (4).

$$R_a = -8,5 + 13,24.a_p - 96,1.f + 0,146.v_c - 0,609.a_p^2 + 67.f^2 - 0,0005622.v_c^2 - 5,30.a_p.f - 0,0654.a_p.v_c + 0,522.f.v_c \quad (4)$$

3.2. Análise de variância (ANOVA)

A determinação dos parâmetros que afetam R_a foi verificado pela ANOVA e os cálculos foram realizados utilizando o software MINITAB ® conforme a tab. 4. O modelo desenvolvido apresentou R^2 (adj) de 87,02%. O resultado apresentado determina que a variabilidade da rugosidade R_a é explicada pelas variáveis de controle do processo de torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750.

Tabela 4. Análise de variância para rugosidade R_a

Fonte de variação	Graus de liberdade	SS	MS	Valor F	Valor P
Modelo	9	4,819	0,535	12,920	0,001
Linear	3	3,204	1,068	25,760	0,000
a_p	1	0,291	0,291	7,010	0,033
f	1	2,585	2,585	62,340	0,000
v_c	1	0,328	0,328	7,920	0,026
Quadrado	3	0,584	0,195	4,700	0,042
a_p^2	1	0,063	0,063	1,520	0,258
f^2	1	0,316	0,316	7,630	0,028

Continuação tabela 4. Análise de variância para rugosidade R_a					
v_c^2	1	0,036	0,036	0,860	0,385
Interação	3	1,031	0,344	8,290	0,011
$a_p \cdot f$	1	0,069	0,069	1,660	0,238
$a_p \cdot v_c$	1	0,419	0,419	10,100	0,016
$f \cdot v_c$	1	0,544	0,544	13,120	0,008
Erro	7	0,290	0,041		
Total	16	5,110			
$R^2 = 94,32\%$ $R^2(\text{Pred.}) = 60,37\%$ $R^2(\text{Adj.}) = 87,02\%$					

3.2. Análise de resíduos

A fim de verificar se os resíduos seguem uma distribuição normal, foi realizado o teste de normalidade de Anderson Darling. O *P-Value* foi 31,3 % para R_a , portanto, maior que o nível de significância de 5%, o que permite afirmar que os resíduos são normalmente distribuídos. Isto mostra que o modelo está bem ajustado, explicando a variabilidade dos parâmetros de corte para a rugosidade R_a conforme figura 1.

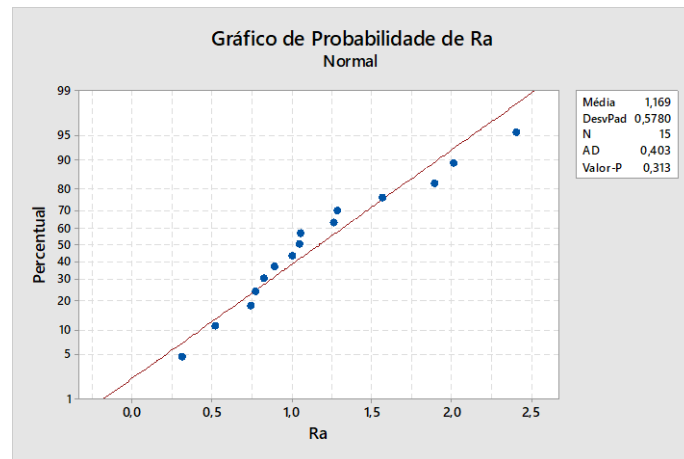


Figura 1. Teste de normalidade para R_a

3.3. Efeitos principais

Os efeitos principais dos parâmetros de usinagem sobre a rugosidade R_a são demonstrados na figura 2. Foi possível identificar que o fator mais influente sobre a resposta é o avanço (f) com valor observável para aumento de qualidade 0,07 mm/rot.

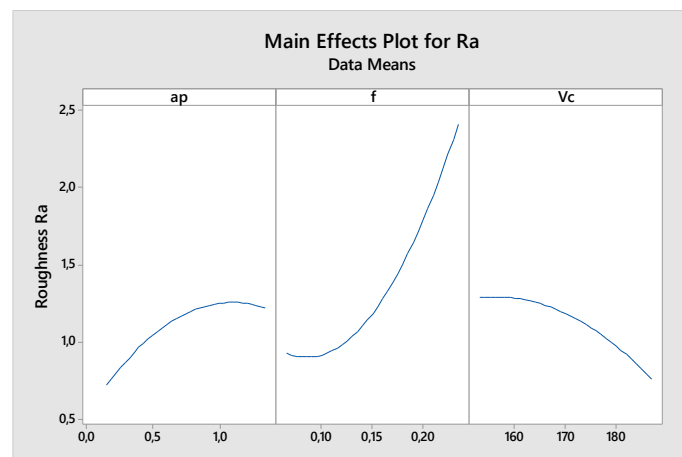


Figura 2. Efeitos principais para rugosidade R_a

3.4. Superfície de resposta e gráfico de contorno

A figura 3 apresentar a superfície de resposta e gráfico de contorno para a rugosidade R_a em 0,15 mm/rot. Foi possível identificar que há duas combinações que geram menores valores de rugosidade. Primeiro, a combinação de valores mais baixos de ambos os fatores, profundidade de corte e velocidade de corte, resultando em um aumento de qualidade. Em segundo lugar, a combinação de maiores valores de velocidade de corte e menores valores de profundidade de corte, nestas condições percebe-se um aumento de produtividade com conseqüente aumento de rugosidade R_a .

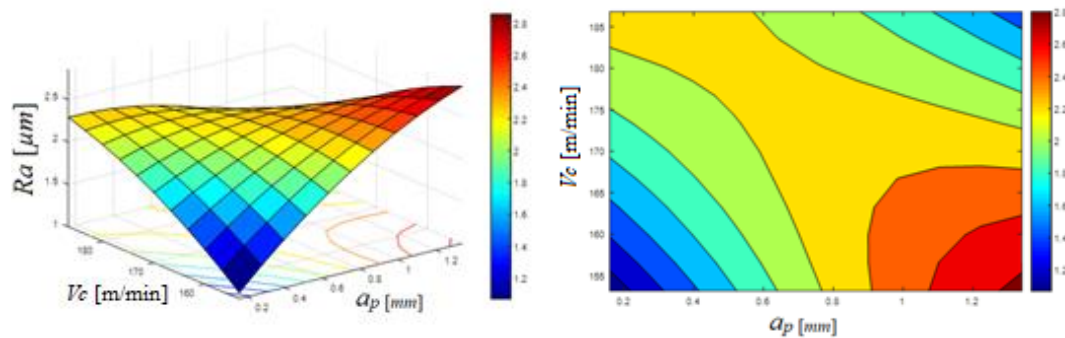


Figura 3. Superfície de resposta e gráfico de contorno $v_c \times a_p$

A figura 4 ilustra o gráfico de contorno e superfície de resposta para a rugosidade R_a e seu comportamento. Pode-se observar que menores valores para R_a é obtido para maiores valores de v_c e menor valor de f , o que representa maior qualidade do produto usinado

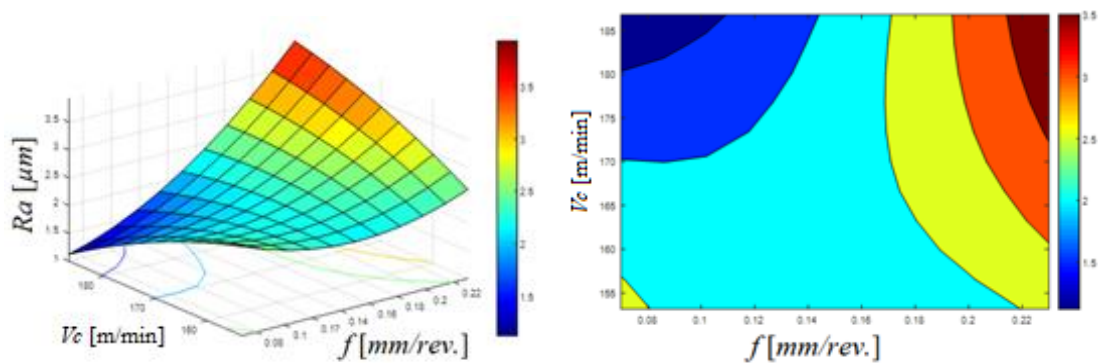


Figura 4. Superfície de resposta e gráfico de contorno $v_c \times f$

3.5. Otimização

A fim de propor a otimização necessária utilizou-se a função de conveniência. As análises ocorreram considerando-se peso e importância igual para os termos conforme tabela 5.

Tabela 5. Critério de otimização

Parâmetro	Objetivo	Limite inferior	Limite superior	Peso	Importância
R_a	Minimizar	0,3106	2,396	1	1
MRR	Maximizar	4,115	39,6	1	1
a_p	Dentro do alcance	0,16	1,34	1	1
f	Dentro do alcance	0,07	0,23	1	1
v_c	Dentro do alcance	153,18	186,81	1	1

A otimização foi proposta em três cenários distintos, considerando apenas a maximização da taxa remoção de material, a minimização da rugosidade R_a , e a interação das duas respostas. Para o primeiro cenário foi estabelecido um valor de conveniência igual a 1,00 com valor observável para MRR de 57,53 cm³/min, com valores para as variáveis de controle de 1,340 mm de profundidade de corte, 0,230 mm/rot. de avanço e 186,810 m/min de velocidade de corte.

Para a segunda condição o objetivo é a redução da rugosidade R_a . O valor de conveniência encontrado foi igual a 1,0 e os parâmetros de controle foram: profundidade de corte é equivalente a 0,160 mm, avanço de 0,070 mm/rot e 153,180 m/min de velocidade de corte.

Para a otimização biobjetiva o valor de conveniência foi 0,9682 os parâmetros de controle para esta condição possuem os seguintes valores: a_p igual a 1,340 mm, f igual a 0,1576 mm/rot. e v_c igual a 186,810m/min conforme fig. 3.

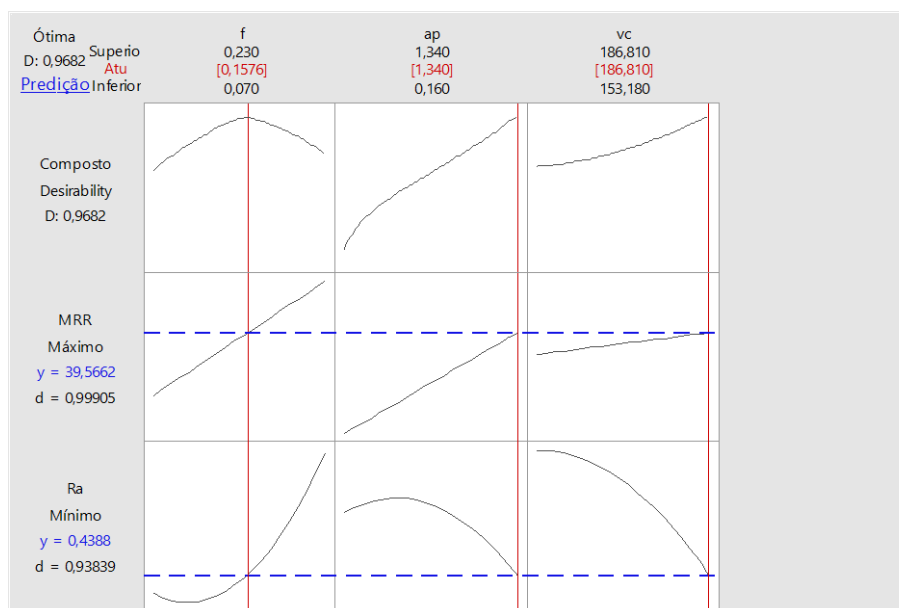


Figura 5. Gráfico de otimização

4. CONCLUSÕES

Em relação a metodologia de superfície de resposta, mostrou ser eficiente para a modelagem da rugosidade R_a , em função dos parâmetros de corte utilizados no torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750. O modelo quadrático apresentou um ajuste de 82,02%.

A maior influência de parâmetro independente é o avanço f [mm/rot]. Já a velocidade de corte fornece melhores valores de conveniência em todas suas condições, principalmente quando v_c assume o valor de 186,81 m/min.

A condição ótima para se obter rugosidade com valores mínimos $R_a = 0,4388 \mu\text{m}$, ou seja, maior qualidade é: $a_p = 0,16 \text{ mm}$, $f = 0,07 \text{ mm/rot}$. e $v_c = 153,18 \text{ m/min}$.

A condição ótima para se obter taxa de remoção de material com valores máximos $\text{MRR} = 57,53 \text{ cm}^3/\text{min}$, ou seja, maior produtividade é: $a_p = 1,34 \text{ mm}$, $f = 0,23 \text{ mm/rot}$. e $v_c = 186,81 \text{ m/min}$.

A condição ótima para se obter menor valor de rugosidade R_a da superfície e maior taxa de remoção do material possível foi: $a_p = 1,34 \text{ mm}$, $f = 0,1576 \text{ mm/rot}$. e $v_c = 186,81 \text{ m/min}$, os quais atingem $\text{MRR} = 39,56 \text{ cm}^3/\text{min}$ e $R_a = 0,31 \mu\text{m}$. A condição ótima possui valor de conveniência igual a 0,9682.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Estudos em Qualidade e Produtividade (GEQProd) da Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira, ao grupo de pesquisa Núcleo de Otimização da Manufatura e de Tecnologia da Inovação (NOMATI) da Universidade Federal de Itajubá, campus de Itajubá, ao grupo de pesquisa de Estudos em Inovações em Geração Distribuída, Gestão Energética e Fabricação (InGED) da Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira CNPq, Fapemig e à Capes pelo apoio para a realização deste trabalho.

6. REFERENCIAS

Airao, J., Chaudhary, B., Bajpai, V., & Khanna, N. (2018). An Experimental Study of Surface Roughness Variation in End Milling of Super Duplex 2507 Stainless Steel. Materials Today: Proceedings, 5(2), 3682–3689. doi:10.1016/j.matpr.2017.11.619

- Arbizu, P.I. e Pérez, C.J.L., 2003. "Surface Roughness Prediction by Factorial Design of Experiments in Turning Processes.". *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 143-144 (1), p. 390–396.
- Benardos, P.G. e Vosniakos, G.C., 2003. "Predicting Surface Roughness in Machining: A Review." *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, Vol. 43 (8), p. 833-844.
- BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R., Response surfaces, mixtures, and ridge analyses. 2 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- DING, R., LIN, D. K. J., WEI, D. Dual-response surface optimization: A weighted EQM approach. *Quality Engineering*, v. 16, n. 3, pp. 377-385, 2004.
- DINIZ, A. E.; MARCONDES, F. C.; COPPINI, N. L. Tecnologia da usinagem dos materiais. 9ª. ed. [S.l.]: Artliber, 2014.
- Gamarra, J. R., & Diniz, A. E. (2018). Taper turning of super duplex stainless steel: tool life, tool wear and workpiece surface roughness. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 40(1)
- Gouarir, A., Martínez-Arellano, G., Terrazas, G., Benardos, P., e Ratchev, S., 2018. "In-Process Tool Wear Prediction System Based on Machine Learning Techniques and Force Analysis", *Procedia CIRP (Hpc)*, Vol. 77, p. 501-504.
- HEE HAN, H. Utilização da função desirability na otimização do processo de usinagem da superliga NIMONIC 80A. UNESP, Guaratinguetá-SP, 2015.
- IMOA. Orientações práticas para processamento dos aços inoxidáveis Duplex. International Molybdenum Association, Londres, UK, n. 2ª, 2012. ISSN ISBN 978-1-907470-07-3.
- Khare, S.K., Agarwal, S. e Srivastava, S., 2018. "Analysis of Surface Roughness during Turning Operation by Taguchi Method". *Materials Today: Proceedings*, Vol. 5(4), p. 28089-28097.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 4 ed., p. 266, 2009.
- Montgomery, D. C., 2013. *Design and Analysis of Experiments*. John Wiley & Sons, New Jersey, 6ª edição.
- MYERS, R. H., MONTGOMERY, D. C. Response Surface Methodology: process and product optimization using design of experiments. 2 ed, Wiley – Interscience, New York, USA, 700p., 2002.
- Nascimento, Carlos; De Oliveira, Carlos Henrique ; Paiva, Emerson José De ; Vieira, Fabiana ; Frederico, Patrícia ; Brito, Tarcísio. Análise da rugosidade ra no torneamento do aço inoxidável super duplex UNS S32750 utilizando planejamento de experimentos. In: COBEF 2019. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação.
- Nomani, J., Pramanik, A., Hilditch, T. e Littlefair, G., 2017. "Stagnation Zone during the Turning of Duplex SAF 2205 Stainless Steels Alloy", *Materials and Manufacturing Processes*, Vol. 32 (13), p. 1486-1489.
- PAIVA, A. P.; FERREIRA, J. R.; BALESTRASSI, P. P. A multivariate hybrid approach applied to AISI 52100 hardened steel turning optimization. *Journal of Materials Processing Technology*, v. 189, p. 26-35, 2007.
- Prasath, K.M., Pradheep, T. e Suresh, S., 2018. "Application of Taguchi and Response Surface Methodology (RSM) in Steel Turning Process to Improve Surface Roughness and Material Removal Rate." *Materials Today: Proceedings*, Vol. 5(11), p. 24622–24631.
- SANDVIK COROMANT. Technical Guide and Products Catalogues. AB SandvikCoromant, 2018.
- Sarikaya, M., Yılmaz, V. e Güllü, A., 2016. "Analysis of Cutting Parameters and Cooling Lubrication Methods for Sustainable Machining in Turning of Haynes 25 Superalloy.". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 173, p. 172–181.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

OPTIMIZATION MACHINING PARAMETERS IN TURNING SUPER DUPLEX STAINLESS STEEL UNS S32750 USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY AND DESIRABILITY FUNCTION

Carlos Filipe Nascimento
Tarcísio Gonçalves de Brito
Carlos Henrique de Oliveira
Emerson José de Paiva

IEI-UNIFEI-Universidade Federal de Itajubá. Campus Avançado de Itabira. Rua Irmã Ivone Drummond, nº 200. CEP:35903-087. Itabira-MG

e-mails: carlosfelipen8@gmail.com; tgbrito@unifei.edu.br; carlos.henrique@unifei.edu.br; emersonpaiva@unifei.edu.br.

abstract. *Technological advances have demanded from manufacturing industries great challenges to become competitive due to the current world scenario. Producing with high quality, low cost and high productivity are trends that are increasingly present in the daily lives of these companies that need effective manufacturing processes, including turning operations. With an increase in demand in the oil and gas market, due to mechanical properties and corrosion, the turning of super duplex stainless steel has been studied and the optimization of its parameters is necessary in order to increase quality and productivity, because it is a material of difficult machinability. This article aims to optimize the machining parameters in the UNS S32750 super duplex stainless steel turning process, using the desirability function to increase quality and productivity, applying the response surface methodology (MSR), analysis of variance (ANOVA) , in the turning process using carbide inserts coated by the chemical vapor deposition (CVD) process and without fluid. The study presented the desirability value for bi-objective optimization 0.9682 reaching an intermediate value between quality and productivity.*

Keywords: Optimization. Super duplex stainless steel UNS S32750. Response surface methodology (RSM). Quality. Desirability function.