

MONITORAMENTO DOS ESFORÇOS DE CORTE E RUGOSIDADE NO PROCESSO DE TORNEAMENTO DE AÇO ENDURECIDO COM FERRAMENTA DE CERÂMICA

Thiago Castro Freitas, thiago.freitas@ufsj.edu.br¹
Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufsj.edu.br¹

¹Universidade Federal de São João del Rei, Praça Frei Orlando, 170 – Centro, São João del Rei, Minas Gerais, Brasil.

Resumo: O processo de torneamento é o processo de fabricação com remoção de cavaco mais aplicado na indústria metal mecânica. Essa larga aplicação se deve à grande difusão de conhecimento relacionado a este processo e, consequentemente, ao baixo custo envolvido frente a outros processos de fabricação. A busca de redução de custo produtivo cada vez maior leva a pesquisa de novos procedimentos e ferramentas que resultem em produtos com qualidade comparável, mas com custo menor que o obtido em outros processos de fabricação. Este trabalho visou otimizar os esforços de corte e as rugosidades R_a e R_z no torneamento de um aço endurecido. O material utilizado foi um aço AISI 52100 com dureza de 56 HRC utilizando ferramentas de cerâmica. Como fatores de entrada foram selecionados a profundidade de corte, avanço da ferramenta e velocidade de corte. Os resultados mostraram que as três componentes dos esforços de corte foram sensíveis ao fator profundidade de corte. Foram determinados modelos matemáticos para a predição das respostas avaliadas, válidos dentro da faixa de valores avaliados durante a realização deste trabalho. Com base nos modelos matemáticos foram levantados gráficos que mostram os valores esperados para cada resposta de acordo com todas as combinações possíveis.

Palavras-chave: Cerâmica, Esforços de corte, Rugosidade, Torneamento, Aço endurecido

1. INTRODUÇÃO

O aço AISI 52100 é muito utilizado na indústria para a produção de componentes mecânicos. Os componentes fabricados a partir desse material são, em grande parte, para a fabricação de rolamentos.

O processo de torneamento é muito utilizado na indústria metal mecânica, e a grande diversidade de tarefas que esse processo possibilita de serem realizadas na mesma máquina, com pouca ou nenhuma etapa intermediária de setup, tornam o processo bastante atrativo.

O estudo de esforços de corte durante a usinagem facilita a compreensão do processo aplicado. Conforme Bartarya, Choudhury (2012), forças de corte podem proporcionar um melhor entendimento do processo de usinagem por elas se relacionarem diretamente às condições de corte e às condições das ferramentas durante a usinagem.

Segundo Diniz *et al.* (1999), Machado *et al.* (2009) e Ferraresi (1979), o conhecimento dos esforços de corte e seu comportamento são muito importantes, por permitir que seja estimado a potência necessária para o corte, as forças atuantes nos elementos da máquina-ferramenta, além de manter relação com o desgaste das ferramentas de corte.

Estudos conduzidos por Bouacha *et al.* (2010) aplicaram o processo de torneamento duro no aço AISI 52100. Entre os objetivos dos autores estavam a avaliação da influência dos parâmetros de usinagem utilizados durante o processo nos esforços de corte observados. Foi estudado também a evolução no comportamento dos esforços de corte em função da variação de dureza na peça torneada. Os parâmetros de corte avaliados foram: velocidade de corte (125, 176 e 276 m/min), avanço da ferramenta (0,08, 0,12 e 0,16 mm/rot) e profundidade de corte (0,15, 0,30 e 0,45 mm).

Na segunda etapa de experimentos do estudo realizado os autores fizeram o torneamento de uma barra do aço AISI 52100, com diâmetro de 56 mm e dureza média de 64 HRC. Os resultados demonstraram que força de corte durante o torneamento aumenta à medida que o avanço da ferramenta e a profundidade de corte aumentam, entretanto, a força de corte diminui com o aumento da velocidade de corte. A profundidade de corte apresentou maior influência na força de corte, se comparado com o avanço da ferramenta e a velocidade de corte. Além disso, foi observado que a força passiva apresentou a maior componente dos esforços de corte em todas as situações testadas.

Meddour *et al.* (2015) estudaram o torneamento do aço AISI 52100 endurecido a 59 HRC trabalhando com ferramenta de corte de material cerâmico. O inserto utilizado é comercialmente conhecido como CC650, e sua especificação ISO é SNGN 1204(r) T01020, onde (r) representa o raio de ponta do inserto. As variáveis de entrada e seus níveis avaliados

foram: velocidade de corte (100, 150, 200 m/min), avanço da ferramenta (0,08, 0,11 e 0,14 mm/rot), profundidade de corte (0,05, 0,15 e 0,25 mm) e raio de ponta da ferramenta (0,8, 1,2 e 1,6 mm).

A partir dos resultados obtidos e a realização da análise de variância os autores observaram que a profundidade de corte foi a variável de entrada com maior influência nas componentes dos esforços de corte, seguido pelo avanço, que exerce menor influência nos componentes dos esforços de corte. O raio de ponta da ferramenta apresentou influência apenas para a força passiva, já a velocidade de corte não influenciou significativamente os esforços de corte em nenhuma de suas componentes.

Entretanto, a rugosidade de componentes usinados pode ser essencial para seu funcionamento correto, por isso também recebe grande atenção de pesquisadores que conduzem estudos na área de usinagem de materiais.

Segundo (Acayaba & Escalona, 2015), a fim de alcançar os valores nominais de rugosidade superficial especificado pelo projeto de engenharia, a combinação certa de parâmetros de usinagem deve ser escolhida durante a fabricação.

O estudo conduzido por Meddour *et al.* (2015) também avaliou a rugosidade obtida a partir do torneamento do aço AISI 52100, endurecido à 59 HRC. Os resultados alcançados pelos autores demonstraram que apenas a variável velocidade de corte não influenciou os valores de rugosidade R_a obtidos, sendo que a variável raio de ponta foi a variável que apresentou maior contribuição, juntamente com o avanço da ferramenta. Na interação entre avanço da ferramenta e raio de ponta, maiores valores de avanço da ferramenta combinados com o menor raio de ponta resultaram em rugosidades maiores, enquanto isso a situação oposta é verdadeira. Menores avanços combinados com o maior raio de ponta apresentaram menores valores de rugosidade.

Para a interação entre raio de ponta e profundidade de corte, foi observado que menor profundidade de corte combinado com menor raio de ponta apresentou maiores valores de rugosidade. No entanto, nesse caso, os menores valores de rugosidade observados foram utilizando o maior raio de ponta estudado combinado, também, com a menor profundidade de corte.

24

A otimização dos resultados demonstrou que o menor valor de rugosidade R_a , dentre os valores de parâmetros estudados, pode ser obtido utilizando avanço de ferramenta = 0,09 mm/rot, profundidade de corte = 0,05 mm, raio de ponta = 1,6 mm e velocidade de corte entre 114,22 e 118,29 m/min. Nessas condições a rugosidade R_a esperada é de 0,33 μm .

O material de estudo foi o aço SAE 52100 endurecido através de tratamento de têmpera. O material possui dureza média de 56 HRC. O objetivo do trabalho foi estudar os esforços de corte durante o torneamento do aço citado, bem como a rugosidade obtida a partir do processo de torneamento do mesmo, com aplicação de ferramentas de cerâmica classe CC 670. Os parâmetros de entrada utilizados foram a profundidade de corte, o avanço da ferramenta e a velocidade de corte.

2. METODOLOGIA

Durante a execução dos testes experimentais foi realizado o torneamento de corpos de prova do aço AISI 52100, endurecidos à 56 HRC, com a aplicação de ferramentas de cerâmica. Os corpos de prova possuíam forma cilíndrica com 10mm de comprimento e 7mm de profundidade, de modo que em cada corpo de prova foi realizado mais de um teste experimental. A Figura 1 ilustra os corpos de prova utilizados.

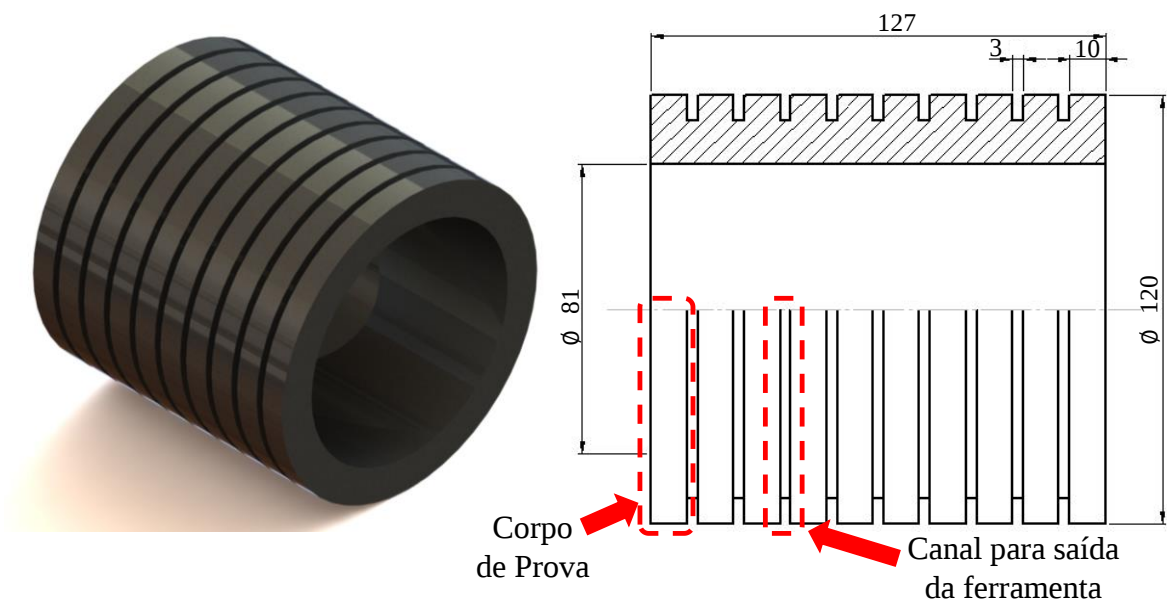


Figura 1 - Corpos de prova (Fonte: Autoria Própria)

Os resultados analisados a partir do processo de torneamento foram a rugosidade e a força de corte que foram coletados durante a realização dos testes. Para a captação dos dados de rugosidade foi utilizado um rugosímetro portátil, acoplado diretamente ao torno após a realização de cada teste. Para mensurar os esforços de corte foi empregado um dinamômetro piezoelétrico de três canais, marca Kistler modelo 9119A, permitindo captar a força de corte, força de avanço e força passiva durante o processo de torneamento. Junto com o dinamômetro foi montado um amplificador de sinais modelo 5070A e um computador equipado com o software DynoWare, ambos disponibilizados também pela empresa Kistler.

Para realizar o processo de torneamento foi utilizado um torno CNC marca Nardini modelo Diplomat Logic 195 II e comando CNC FAGOR AUTOMATION 8055 A/T.

Para efetuar o corte foram utilizados insertos de material cerâmico classe CC 670. O código dos insertos é TPGN 160308 T01020, juntamente com o suporte CTGNL, ambos fabricados pela Sandvik.

Foi utilizado o método de superfície de resposta para o planejamento dos experimentos realizados. A configuração adotada foi o arranjo de composto central. Os parâmetros de usinagem usados no ponto central (nível 0) e nos pontos axiais (níveis -1 e +1) do planejamento foram definidos a partir dos dados fornecidos pelo fabricante dos insertos. A Tabela 1 apresenta os parâmetros de usinagem usados durante a realização dos experimentos.

Tabela 1 - Fatores de entrada e níveis usados nos experimentos (Fonte: Autoria Própria)

Parâmetros de entrada	Níveis				
	-1	-0,595	0	+0,595	+1
Profundidade de Corte [mm]	0,100	0,282	0,550	0,818	1,000
Avanço da Ferramenta [mm/rot]	0,10	0,12	0,15	0,18	0,20
Velocidade de Corte [m/min]	80,00	92,97	112,00	131,03	144,00

Ainda, foi utilizado a Análise de Variância (ANOVA) para possibilitar a realização de um estudo estatístico dos resultados obtidos durante os testes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi utilizado a análise de variância (ANOVA) para definir os parâmetros estatisticamente influentes no processo estudados. Na ANOVA o “P-valor” indica a probabilidade de cada fator influenciar a rugosidade obtida. Se o “P-valor” for menor ou igual a 0,05 é possível concluir que o efeito é significativo. O nível de significância da análise foi 95%, ou seja, 95% de probabilidade de o parâmetro ter significância no resultado encontrado, e é indicado pelo valor de referência do “P-valor” igual a 0,05 (Lauro et al., 2016).

O parâmetro F, ou “relação-F”, indica o quanto cada fator influencia na variável resposta. Entre os fatores estatisticamente significantes, de acordo com o “P-valor”, o fator com maior valor na “relação-F” apresenta mais influência nas variáveis resposta, se comparado a outro valor que também foi estatisticamente significativo, porém com o valor da “relação-F” mais baixo.

3.1. Esforços de corte

Foram buscados os menores esforços de corte para cada condição estudada. Nos testes experimentais foram avaliados o esforço de corte, nos parâmetros Fc (força de corte), Ff (força de avanço) e Fp (força passiva), por serem essas as componentes principais da Força de Corte resultante do processo de torneamento.

A Tabela 2 apresenta os resultados da ANOVA resultantes a partir da análise estatística dos resultados práticos de esforços de corte obtidos. Para um nível de significância de 95%, o P-valor menor ou igual a 0,050 significa que a alteração no fator estudado vai interferir diretamente no resultado que está sendo avaliado.

Tabela 2 – ANOVA para esforços de corte (Fonte: Autoria Própria)

Fatores		Fc		Ff		Fp	
		F-valor	P-valor	F-valor	P-valor	F-valor	P-valor
Fatores Principais	Profundidade de Corte	<u>207,11</u>	<u>0,000</u>	<u>78,47</u>	<u>0,000</u>	<u>11,51</u>	<u>0,007</u>
	Avanço	<u>17,17</u>	<u>0,002</u>	<u>23,27</u>	<u>0,001</u>	<u>26,39</u>	<u>0,000</u>
	Velocidade de Corte	1,95	0,192	1,58	0,237	0,23	0,643
Fatores Quadrados	Prof. X Prof.	0,71	0,418	0,01	0,935	3,28	0,100
	Avanço x Avanço	1,81	0,208	2,46	0,148	<u>11,91</u>	<u>0,006</u>
	Velocidade x Velocidade	0,56	0,471	0,07	0,799	0,40	0,541
Interações dos Fatores	Prof. X Avanço	1,35	0,273	<u>5,30</u>	<u>0,044</u>	3,96	0,075
	Prof. X Velocidade	0,08	0,785	1,04	0,333	0,84	0,382
	Avanço x Velocidade	0,18	0,684	1,96	0,192	0,79	0,396
	R ² (ajustado)	92,12%		84,71%		73,21%	

Os valores que apresentaram influência para o resultado estudado foram sublinhados e enegrecidos, portanto esses são os fatores que foram significativos para cada resposta. Os fatores profundidade de corte e avanço da ferramenta foram significativos para os três parâmetros de esforços de corte.

Com base nos resultados obtidos e com auxílio do método de superfície de resposta foi possível traçar gráficos de superfície que permitem supor o resultado esperado para combinações de fatores que estejam dentro das faixas estudadas. A Figura 2 apresenta o gráfico de superfície para a força de corte. É apresentado os resultados de força de corte em função da profundidade de corte e avanço. A partir do gráfico é possível observar que, com os resultados do estudo realizado, são esperados maiores valores de força de corte para a combinação de valores mais altos dos parâmetros profundidade de corte e avanço. Em contrapartida, para valores mais baixos de profundidade de corte e avanço são esperados menores valores de força de corte.

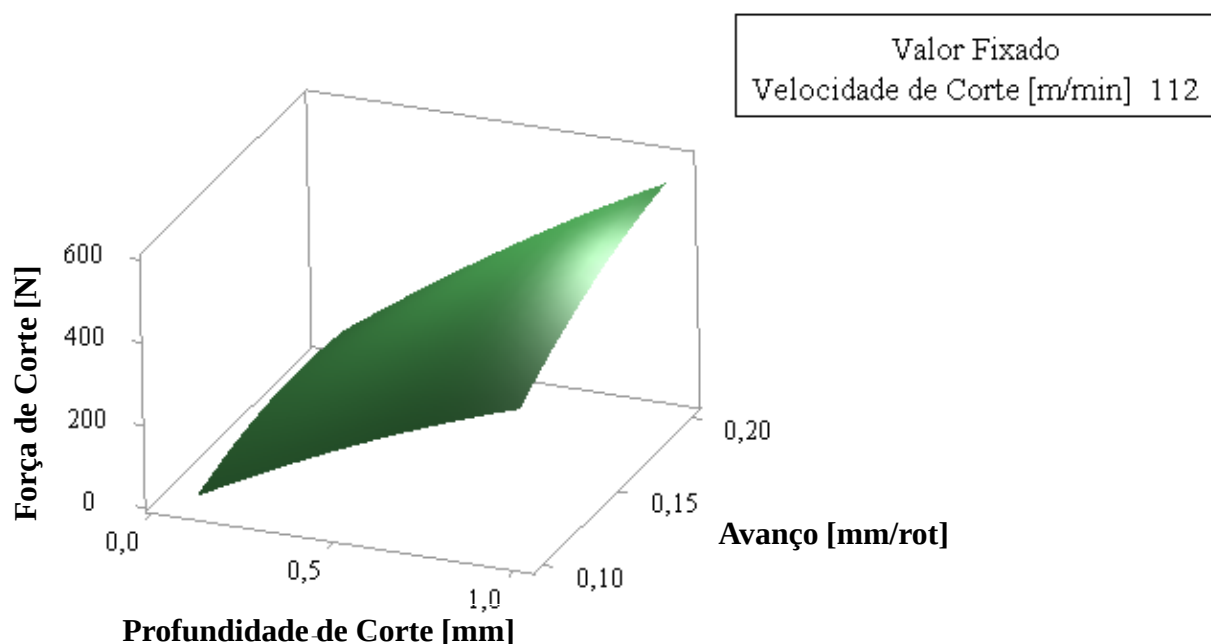


Figura 2 - Gráfico de superfície de resposta para a força de corte. (Fonte: Autoria Própria)

A equação geradora do gráfico de superfície de resposta também foi estudada, permitindo ter maior precisão no cálculo dos dados esperados. A Equação 1 apresenta o modelo matemático de regressão que rege a superfície de resposta resultante do estudo da força de corte.

$$F_c = -120 + 251 * a_p + 4962 * f - 3,54 * V_c - 97 * a_p * a_p - 12516 * f * f + 0,0170 * V_c * V_c + 1609 * a_p * f + 0,61 * a_p * V_c - 8,2 * f * V_c \quad \text{Equação 1}$$

O estudo da força de avanço evidenciou, além dos parâmetros profundidade de corte e avanço, uma interação de fatores significativa para os resultados. A interação entre os fatores profundidade de corte e avanço foi significativa para os resultados obtidos, conforme pode ser observado na Tabela 2. O gráfico de superfície para a força de avanço é apresentado na Figura 3.

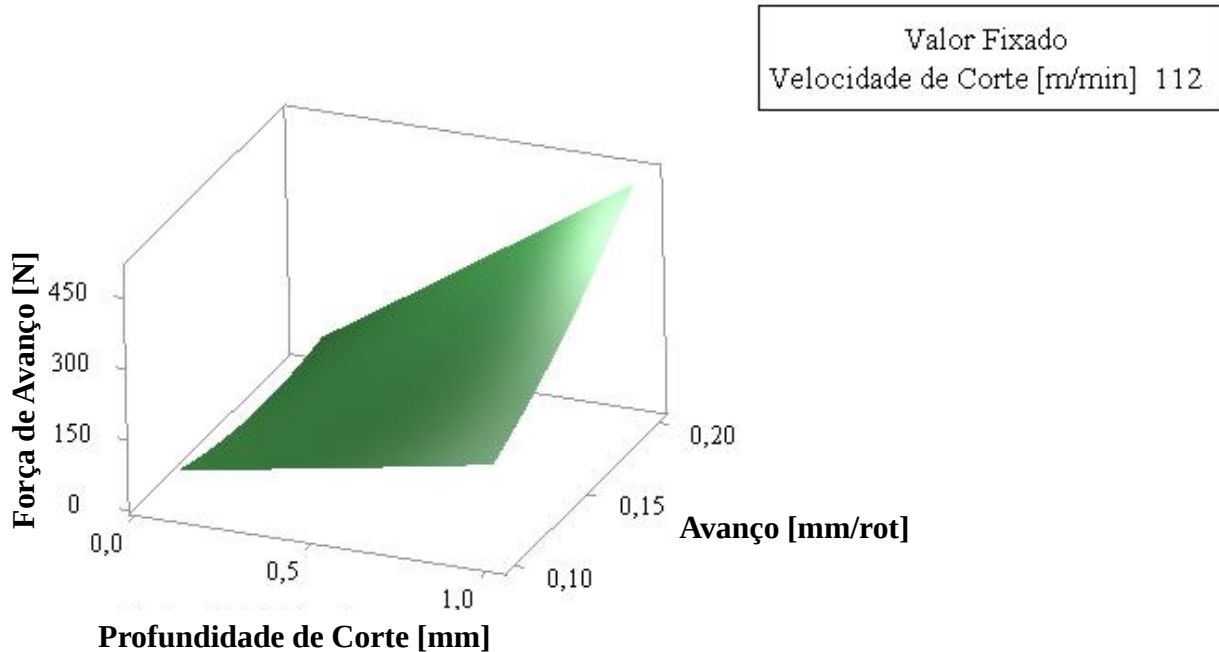


Figura 3 - Gráfico de superfície de resposta para a força de avanço. (Fonte: Autoria Própria)

O comportamento da força de avanço foi semelhante à força de corte. A partir dos resultados práticos observados e com auxílio da metodologia de superfície de resposta observa-se que pode ser esperado maiores valores para a força de avanço quando utilizados maiores valores de profundidade de corte e avanço.

A Equação 2 apresenta o modelo matemático que rege o gráfico de superfície para a força de avanço. A partir da equação é possível encontrar os resultados esperados de forma mais precisa.

$$F_f = -232 + 64 * a_p - 1866 * f + 6,66 * V_c - 11 * a_p * a_p + 15964 * f * f - 0,0065 * V_c * V_c + 3494 * a_p * f - 2,41 * a_p * V_c - 29,9 * f * V_c \quad \text{Equação 2}$$

Os resultados obtidos para as forças de corte e avanço podem ser justificados pela definição de seção de corte. A seção de corte é delimitada pelos fatores profundidade de corte e avanço. Logo, o aumento desses fatores leva ao aumento da seção de corte. Maior seção de corte resulta em mais material a ser retirado durante o torneamento e maior força para retirar o material.

Para o estudo da força passiva, a ANOVA (Tabela 2) evidencia os fatores profundidade de corte e avanço como significativos. Além desses dois fatores, o fator quadrado avanço também foi significativo. A presença de um fator quadrado com P-valor abaixo de 0,050 significa que o resultado estudado tem uma mudança no comportamento dentro da faixa estudada. A Figura 4 apresenta o gráfico de superfície para a força passiva.

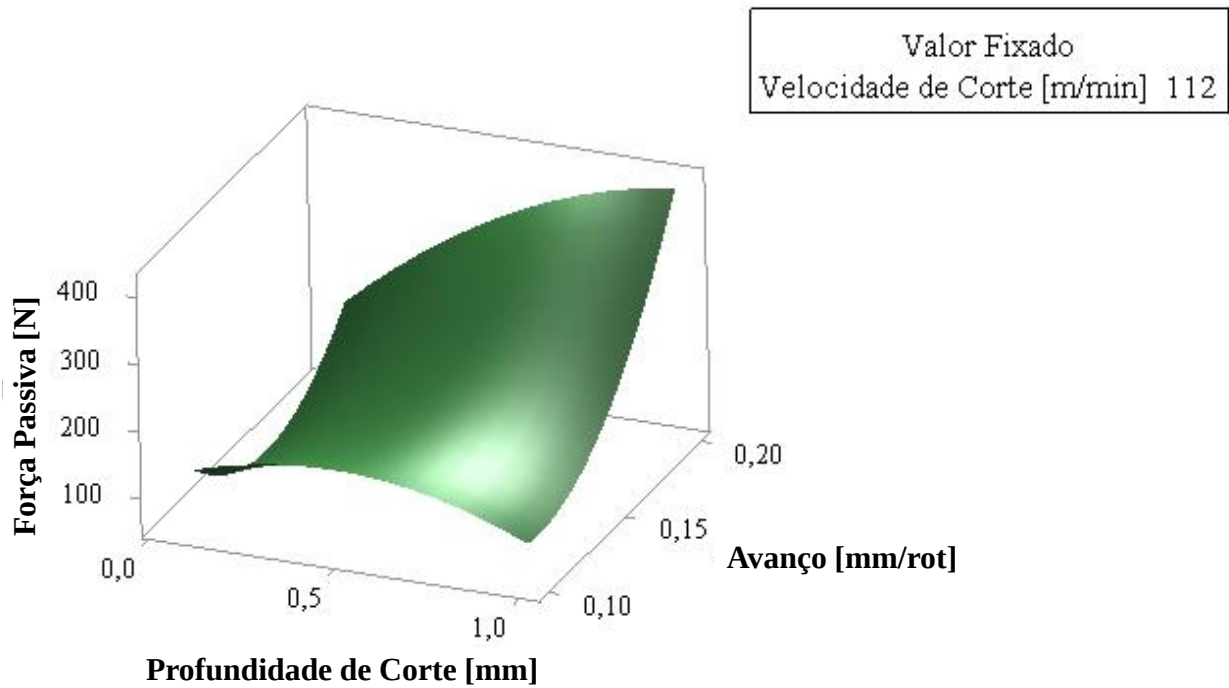


Figura 4 - Gráfico de superfície de resposta para a força passiva. (Fonte: Autoria Própria)

Apesar do fator quadrado apresentado, os maiores valores de força passiva esperados são para os maiores valores de profundidade de corte e avanço, por ser esses os parâmetros de usinagem que definem a seção de corte.

Na eq é apresentado o modelo matemático para a superfície de resposta resultante da força passiva.

$$F_p = 209 + 162 * a_p - 8708 * f + 7,51 * V_c - 234 * a_p * a_p + 36061 * f * f - 0,0161 * V_c * V_c + 3099 * a_p * f - 2,23 * a_p * V_c - 19,4 * f * V_c \quad \text{Equação 3}$$

Durante os experimentos realizados foram observados desgastes da ferramenta de corte durante alguns experimentos. A variação nos resultados, que influenciaram o comportamento das forças passivas medidas e resultaram em um fator quadrado significativo, podem ter sido ocasionadas por esses desgastes ocorridos durante alguns testes de torneamento.

3.2. Rugosidades

De forma análoga ao apresentado para os esforços de corte, foi realizado a análise de variância para os resultados práticos de rugosidade R_a e R_z . A Tabela 3 apresenta um resumo da ANOVA.

Para as rugosidades, os fatores avanço da ferramenta e velocidade de corte foram significativos para os dois parâmetros de rugosidade, juntamente com a interação avanço x velocidade e o fator quadrado avanço. Ainda a interação profundidade x avanço foi significativa para a rugosidade R_a .

Tabela 3 – ANOVA para rugosidades (Fonte: Autoria Própria)

Fatores		Ra		Rz	
		F-valor	P-valor	F-valor	P-valor
Fatores Principais	Profundidade de Corte	0,08	0,788	3,66	0,085
	Avanço	16,44	0,002	5,45	0,042
	Velocidade de Corte	9,08	0,013	11,91	0,006
Fatores Quadrados	Prof. X Prof.	1,47	0,254	0,00	0,990
	Avanço x Avanço	9,34	0,012	13,71	0,004
	Velocidade x Velocidade	0,01	0,938	1,44	0,258
Interações dos Fatores	Prof. X Avanço	3,66	0,085	0,08	0,779
	Prof. X Velocidade	5,60	0,040	0,21	0,655
	Avanço x Velocidade	8,89	0,014	15,33	0,003
R ² (ajustado)		70,37%		68,98%	

A partir dos resultados obtidos e com auxílio do método de superfície de resposta foi possível traçar gráficos de superfície que permitem supor o resultado esperado para combinações de fatores que estejam dentro das faixas estudadas.

A Figura 5 apresenta o gráfico de superfície para a rugosidade Ra.

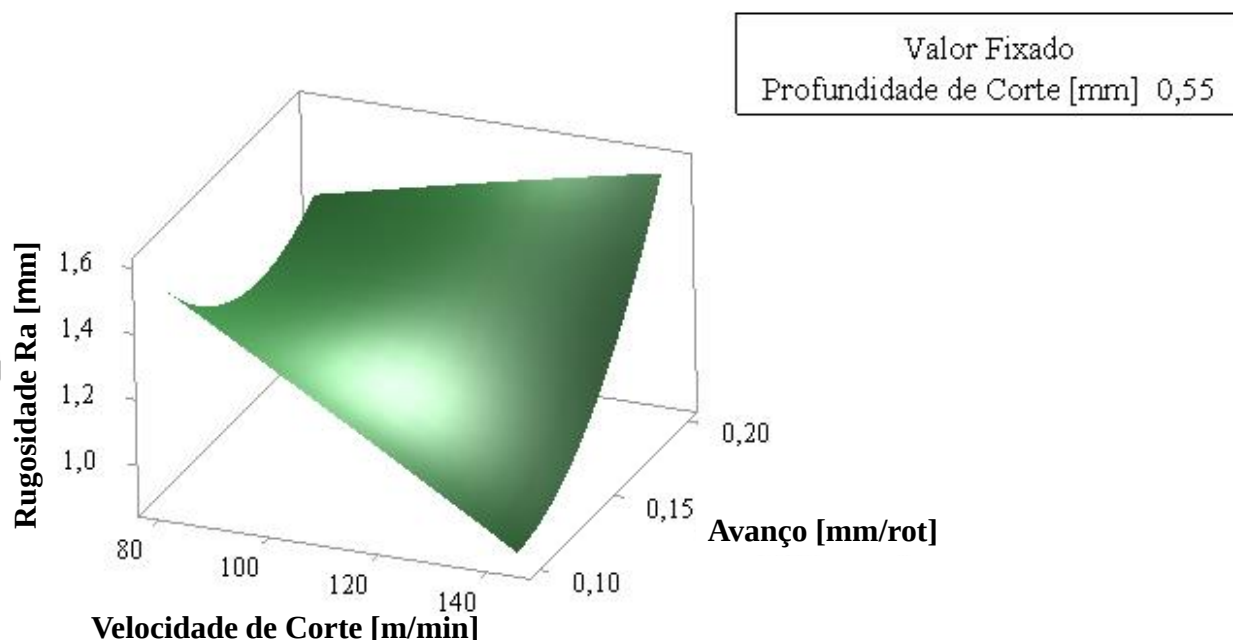


Figura 5 - Gráfico de superfície de resposta para a rugosidade Ra. (Fonte: Autoria Própria)

O gráfico apresentado está em função dos valores de velocidade de corte e avanço, por ser esses os parâmetros de usinagem que apresentaram influência significativa na ANOVA. Os valores mais altos de velocidade de corte permitem alcançar as melhores e as piores condições esperadas. Com avanços menores é esperado os melhores resultados de rugosidade Ra, enquanto para os maiores valores de avanço são esperados os piores valores de rugosidade.

O modelo matemático do gráfico de superfície de resposta para a rugosidade Ra é apresentado na Equação 4.

$$\begin{aligned}
 Ra = & 3,68 + 1,929 * ap - 28,97 * f - 0,0159 * Vc + 0,324 * ap * ap \\
 & + 66,3 * f * f - 0,000004 * Vc * Vc - 6,18 * ap * f \\
 & - 0,01195 * ap * Vc + 0,1355' * f * Vc
 \end{aligned}
 \quad \text{Equação 4}$$

A rugosidade Rz também foi avaliada e o gráfico de superfície obtido é apresentado na Figura 6.

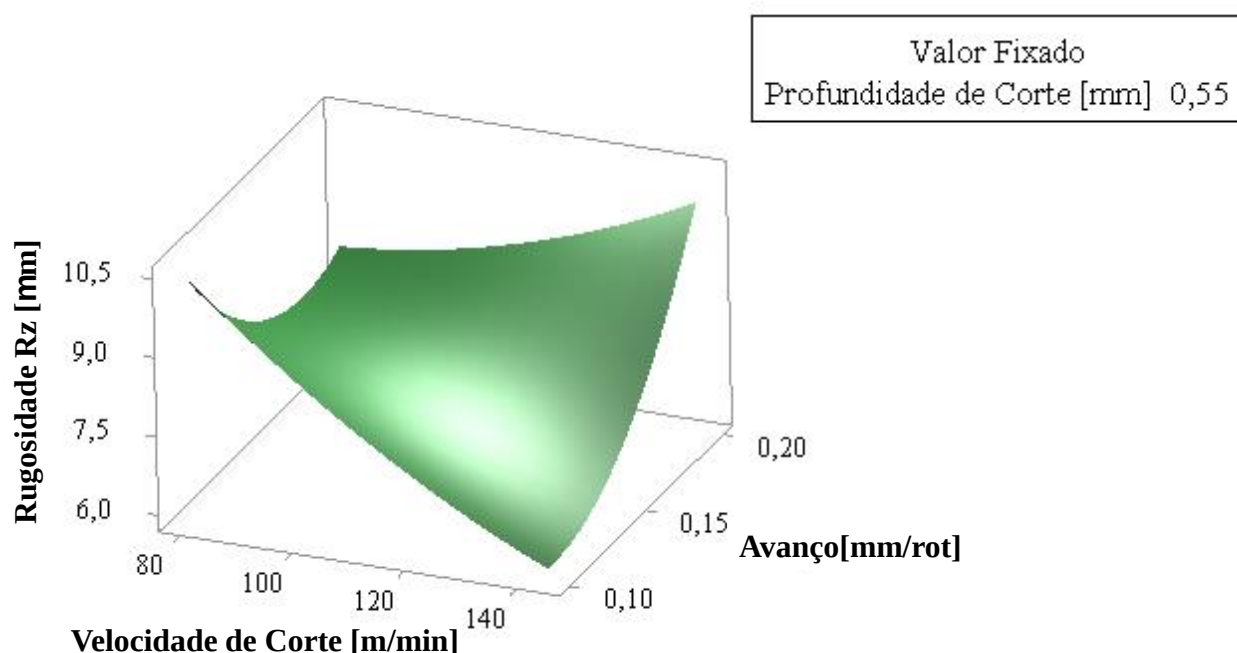


Figura 6 - Gráfico de superfície de resposta para a rugosidade Rz. (Fonte: Autoria Própria)

Assim como na rugosidade Ra, os melhores valores para rugosidade Rz podem ser esperados para valores mais altos de velocidade de corte e mais baixos de avanço.

Valores altos de avanço e velocidade de corte resultam em piores rugosidades Rz.

O modelo matemático do gráfico de superfície de resposta para a rugosidade Rz também foi estudado e é apresentado na Equação 5. O modelo matemático pode auxiliar na busca pelos dados esperados a partir do estudo realizado.

$$Rz = 41,24 - 3,02 * ap - 241,9 * f - 0,2576 * Vc - 0,02 * ap * ap + 452 * f * f + 0,000357 * Vc * Vc + 5,2 * ap * f + 0,0131 * ap * Vc + 1,002' * f * Vc \quad \text{Equação 5}$$

A presença do fator velocidade de corte como fator significativo aos resultados de rugosidade se deu devido possivelmente à presença de aresta postiça de corte durante o processo de torneamento, atuando de forma a reduzir a rugosidade obtida nos experimentos. Já o fator avanço poderia ser esperado, visto que esse fator possui relação geométrica com o surgimento da rugosidade durante o processo de torneamento.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram a influência dos fatores profundidade de corte e avanço da ferramenta nos esforços de corte. A influência dos fatores profundidade de corte e avanço ocorre devido à relação desses fatores com a seção de corte no processo de torneamento.

A rugosidade nos parâmetros Ra e Rz é influenciada pelos parâmetros avanço e velocidade de corte. A influência do fator avanço da ferramenta se dá devido à relação entre esse fator e os sulcos deixados na peça. O fator velocidade de corte influenciou devido a presença de APC.

Os resultados de rugosidade obtidos foram satisfatórios, chegando a valores de 1,09 µm para Ra e 7,04 µm para Rz.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro para a participação no CONEM 2018

6. REFERÊNCIAS

- Acayaba, G. M. A., & Escalona, P. M. de. (2015). Prediction of surface roughness in low speed turning of AISI316 austenitic stainless steel. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 11, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.08.004>
- Bartarya, G., & Choudhury, S. K. (2012). Effect of cutting parameters on cutting force and surface roughness during finish hard turning aisi52100 grade steel. *Procedia CIRP*, 1(1), 651–656. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.04.116>
- Bouacha, K., Yallese, M. A., Mabrouki, T., & Rigal, J. (2010). Statistical analysis of surface roughness and cutting

forces using response surface methodology in hard turning of AISI 52100 bearing steel with CBN tool.

International Journal of Refractory Metals & Hard Materials, 28, 349–361.

<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2009.11.011>

Meddour, I., Yallese, M. A., Khattabi, R., Elbah, M., & Boulanouar, L. (2015). Investigation and modeling of cutting forces and surface roughness when hard turning of AISI 52100 steel with mixed ceramic tool: cutting conditions optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5–8), 1387–1399.

<https://doi.org/10.1007/s00170-014-6559-z>

Diniz, A. E.; marcondes, F.C.; coppini N. L., 1999, “Tecnologia da Usinagem dos Materiais”, 1ª Edição, MM Editora, 242 pgs.

Ferraresi, D., 1977, “Fundamentos da Usinagem dos Metais”, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 751 p.

Machado, A.R., abrão, A.M., coelho, R.T., silva, M.B., 2009, “Teoria da Usinagem dos Materiais”, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 371 p.

Meddour, I., Yallese, M. A., Khattabi, R., Elbah, M., & Boulanouar, L. (2015). Investigation and modeling of cutting forces and surface roughness when hard turning of AISI 52100 steel with mixed ceramic tool: cutting conditions optimization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5–8), 1387–1399.

<https://doi.org/10.1007/s00170-014-6559-z>

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

MONITORING THE CUTTING FORCES AND ROUGHNESS IN THE PROCESS OF TURNING HARD STEEL WITH CERAMIC TOOL

Thiago Castro Freitas, thiago.freitas@ufsj.edu.br¹

Lincoln Cardoso Brandão, lincoln@ufsj.edu.br¹

¹Federal University of São João del Rei, Praça Frei Orlando, 170 – Centro, São João del Rei, Minas Gerais, Brazil.

Abstract. The turning process is the manufacturing process with the most applied chip application in the metalworking industry. These enlarged applications should not be the big broadcast of personnel related to our processes and, consequently, the low cost used by the same processes of manufacturing. A search for ever-shortening time leads to the search for new procedures and tools that result in products of comparable quality, but at a lower cost than other manufacturing processes. This used to use the power of cutting and the rugosities and rigging of a hardened steel. The material used was a steel AISI 52100 with hardness of 56 HRC, with the use of ceramic tools. As input indicators were selected the depth of cut, tool feed and cutting speed. The results of the present study were the components of the strength indicators were responsible for the depth-of-cut factor. Mathematical models were chosen for a prediction of the evaluated answers, valid within the range of values during the accomplishment of this work. Based on the mathematical models were raised that increased the expected values for each response according to all possible complexions.

Keywords: Ceramics, Cutting Force, Roughness, Turning, Hardened Steel