

AVALIAÇÃO DO DESGASTE DE FLANCO EM INSERTOS DE CERMET NO TORNEAMENTO DO AÇO ABNT 1020

Laurence Colares Magalhães

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Av. Fernando Ferraria, 514 - Goiabeiras, 29075-910, Vitória – ES, Brasil.
laurence.magalhes@ufes.br

Pedro Daniel da Silva Martins

Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Av. Rodrigo Otávio, 3000 - Coroado, 69080-900, Manaus – AM, Brasil.
pedro.martynz23@gmail.com

Marcelo Tramontin Souza

Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. Rod. Jorge Amado, Km 16 - Salobrinho, 45662-900, Ilhéus – BA, Brasil.
mtsouza@uesc.br

Saymon Castro Sombra

Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. Rodrigo Otávio, 3000 - Coroado, 69080-900, Manaus – AM, Brasil.
saymoncs@ufam.edu.br

Resumo. O desgaste de ferramentas de corte se apresenta como um dos grandes desafios na indústria da usinagem, podendo acarretar desvios dimensionais e complicações no acabamento da peça, e gerar custos adicionais na produção. A análise e avaliação do desgaste, seja em ambientes controlados de laboratórios ou parques fabris, fazem-se necessárias para que a ferramenta seja utilizada em condições satisfatórias, proporcionando um processo de corte econômico e viável. Este trabalho avalia o desgaste de flanco em um inserto de cermet no torneamento do aço ABNT 1020 em uma operação de acabamento de um componente mecânico inerente ao setor automobilístico, analisando sua influência na qualidade do componente fabricado. Verificou-se que o desgaste de flanco não alcança, dentro dos parâmetros utilizados, o valor máximo de desgaste de flanco especificado em norma como critério de fim de vida, para o tamanho de lote atualmente produzido, sendo assim viável o aumento do número de peças produzidas por gume, sem que a qualidade do componente seja afetada.

Palavras-chave: Desgaste de flanco, torneamento, cermets.

1. INTRODUÇÃO

As ferramentas de corte são de extrema importância na usinagem dos materiais, e a análise dos fatores relacionados a elas é um aspecto crucial para a garantia da qualidade das peças produzidas. Do ponto de vista financeiro, tais análises oferecem vantagens às indústrias, uma vez que possibilitam um melhor entendimento da vida útil das ferramentas de corte e, consequentemente, uma melhor escolha dos limites de utilização.

De acordo com Almeida (2010), a escolha correta das ferramentas de corte, dos parâmetros de usinagem e da análise dos desgastes de ferramenta não apenas se tornam questões de acompanhamento da tecnologia, mas necessidades, em razão do aumento da demanda e da redução de custo do processo com garantia da qualidade dos produtos. Kuntoğlu e Sağlam (2017) salientam a importância do monitoramento do desgaste da ferramenta para uma redução significativa dos custos de produção. Os parâmetros de corte utilizados durante os processos de torneamento têm grande influência no acabamento da superfície usinada, notadamente avanço e raio de quina da ferramenta (Souza & Silva, 2017; Magalhães et al., 2019).

Neste contexto, Kumar et al. (2012) investigaram os efeitos dos parâmetros de corte no torneamento dos aços carbono SAE 8620, EN8, EN19, EN24 e EN47 em um torno CNC, utilizando ferramentas de metal duro com profundidade de corte constante de 0,5 mm. Cada categoria de aço foi usinada com cinco rotações e avanços diferentes a fim de estudar o efeito destes parâmetros sobre a rugosidade das peças. Os resultados mostraram que um melhor acabamento das ligas de aço carbono estudadas pode ser atingido com o torneamento a baixos avanços e elevadas rotações do fuso da máquina.

Kuntoglu & Saglam (2019) realizaram experimentos no aço AISI 1050 com ferramentas de metal duro revestido, variando três parâmetros: velocidade de corte, avanço e raio de quina da ferramenta. Foi observado, neste caso, que a velocidade de corte é o fator preponderante em relação ao desgaste de flanco (44%), seguido do raio de quina (34%) e avanço (18%).

Xu et al. (2017), investigaram o desempenho de corte de dois insertos cermet (TMWNC e TMWC) em termos da morfologia do cavaco, esforços de corte, temperatura e desgastes da ferramenta na usinagem dos aços AISI 4140 e AISI 4142. Ambas as ferramentas se mostraram promissoras para a usinagem de aços de elevada dureza. No entanto, os

resultados mostraram que, à mesma velocidade de corte, a vida do inserto TMWC foi maior, e com menores esforços de corte e maior resistência contra quebras, apesar da elevação da temperatura na zona de corte.

Das et al. (2016) compararam o desempenho de insertos de metal duro sem revestimento e cermet revestido, no torneamento a seco do aço AISI 4340 (endurecido a 48 HRC). Os autores analisaram a temperatura da superfície da peça, as forças de corte e o desgaste de flanco e notaram que os cermets apresentaram um melhor desempenho quanto a todos os aspectos avaliados.

Brizolla (2016) avaliou o acabamento da superfície no torneamento do aço SAE 1020. Foram utilizados insertos de metal duro com diferentes dimensões, variando-se a profundidade de corte, avanço e raio de quina para cada ensaio. A geometria XF apresentou os melhores resultados em relação a geometria PF principalmente em condições mais severas de corte.

Chen et al. (2015) investigaram o desempenho de insertos cermet e metal duro revestido no torneamento de aço endurecido a 62 HRC. O cermet apresentou maior vida útil para profundidades de corte mais baixas.

No presente trabalho, o desgaste de flanco de insertos cermets foi avaliado no torneamento do aço 1020. Os principais parâmetros de processo foram mantidos constantes, uma vez que os ensaios foram realizados em ritmo de produção. O principal objetivo é o de se verificar se, com os parâmetros atuais de produção, é possível o aumento do número de peças usinadas com o mesmo gume de corte sem comprometer as tolerâncias dimensionais e qualidade final da superfície obtida, reduzindo-se assim os custos envolvidos com aquisição de insertos e o número de trocas de ferramentas, aumentando-se a eficiência geral de máquina.

2. METODOLOGIA

O aço ABNT 1020 foi processado em tubos de aço brutos com seção circular de 26,95 mm de diâmetro e 228 mm de comprimento. A tolerância do diâmetro da peça usinada é $26^{+0,041}_{+0,028}$. Foram utilizados insertos negativos de cermet com revestimento por CVD de carbonitreto de titânio (TiCN), código ISO DNMG110404E – TSF, classe T9115. As condições de corte utilizadas nos testes foram as mesmas utilizadas no processo de fabricação estabelecido do eixo da coluna (peça do conjunto suspensão de uma motocicleta). Os parâmetros de corte usados foram: velocidade de corte 292 m/min, profundidade de corte 0,4 mm, avanço 0,12 mm/volta. O comprimento usinado foi de 100 mm. Foi utilizado um torno CNC da marca Tsugami, modelo M06J (Figura 1), com comando Fanuc 0i MATE - TD. O torno apresenta rotação máxima do fuso de 4500 rpm e potência do motor principal de 7,5 kW. Todos os ensaios foram realizados sob condições de usinagem com lubri-refrigeração, sendo utilizado o óleo solúvel sintético Dairoll PA-582 (concentração 10%).



Figura 1. Torno CNC utilizado (à esquerda) e detalhe da fixação da peça e ferramenta de corte (à direita).

O sistema ótico de medição modelo OLM 3020 da marca Hexagon e o software VMS 3.1 foram utilizados para a ampliação, medição e aquisição e tratamento das imagens dos desgastes das ferramentas. O equipamento apresenta resolução de 0,05 μm , precisão em xy de $3,0 + L/150 \mu\text{m}$, precisão em z de $2,8 + L/150 \mu\text{m}$ e ampliação de 30x a 180x. O rugosímetro modelo SV-3100 da marca Mitutoyo foi utilizado para realizar as medições de rugosidade da superfície das peças conforme norma NBR ISO 4728:2002 com comprimento total de avaliação de 4 mm e *cut-off* de 0,8 mm.

A metodologia utilizada na realização dos ensaios de usinagem, medição e análise dos desgastes da ferramenta de corte seguem as especificações da norma ISO 3685: 1993 (Ensaio de vida de ferramenta de ponto único para torneamento). Os desgastes de flanco e cratera foram utilizados como critério de fim de vida do inserto como descrito na norma supracitada. As variações dimensionais das peças processadas também foram analisadas.

O desgaste de flanco foi avaliado a cada 50 peças produzidas, ou seja, a cada 5,025 m de comprimento usinado e 14,7 minutos de tempo efetivo de corte. Em seguida, a ferramenta era novamente fixada na máquina. No total, 400 peças foram processadas usando-se o mesmo gume de corte. Este procedimento foi repetido para outro gume, torneando-se mais 400 peças.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta a sequência dos desgastes de flanco para o gume 1. A Figura 3 apresenta o gráfico do desgaste em relação ao tempo efetivo de corte para os dois gumes utilizados.

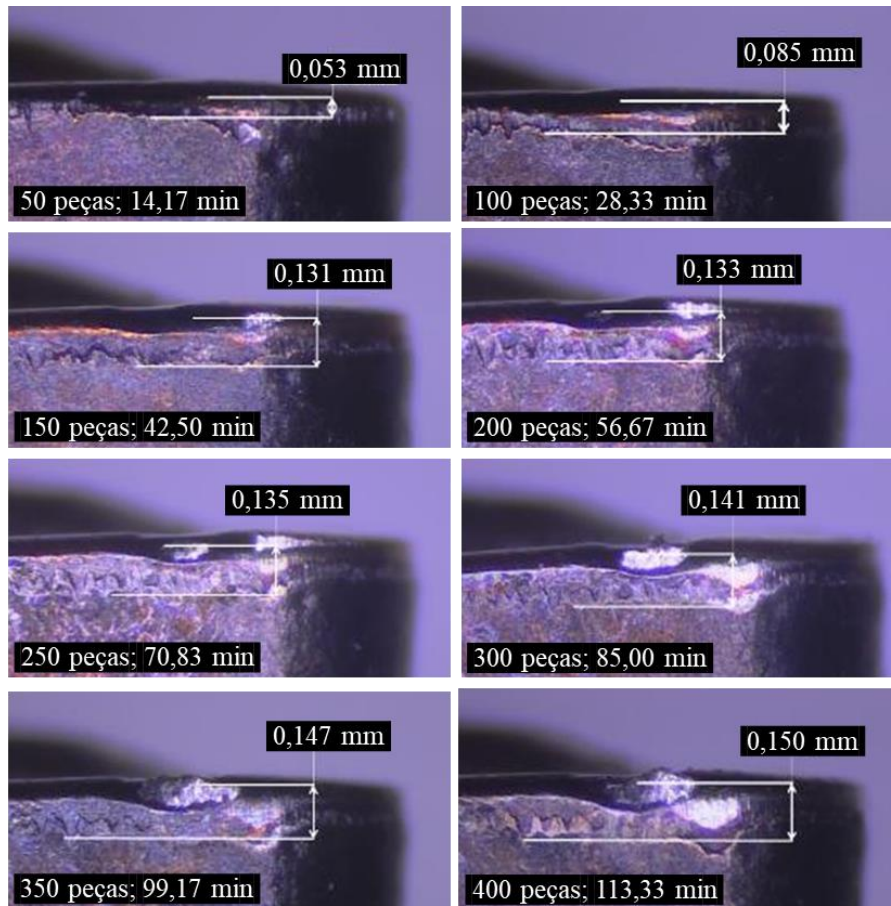


Figura 2. Desgaste de flanco apresentado pelo gume 1 (Ampliação de 165x).

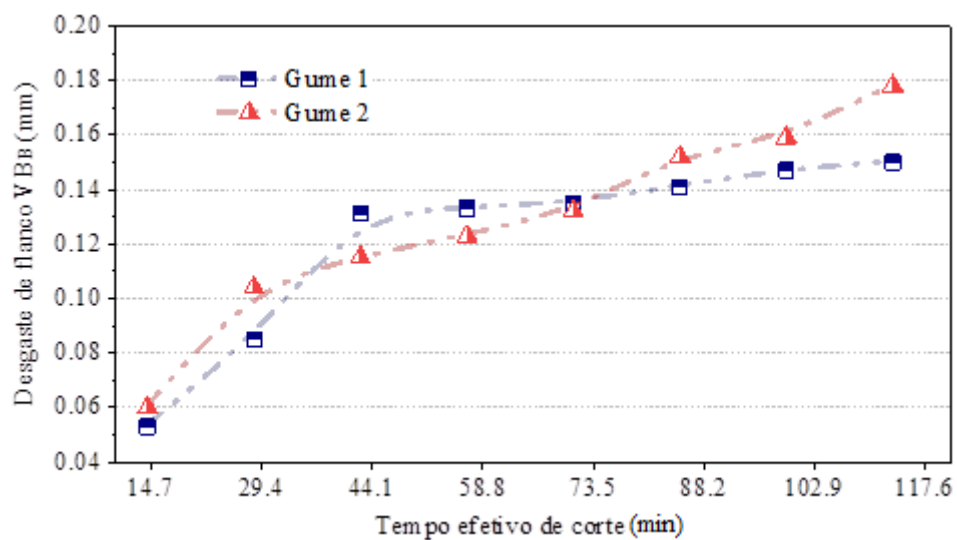


Figura 3. Evolução do desgaste de flanco (VBB) em função do tempo efetivo de corte do gume 1 e do gume 2.

O desgaste do flanco principal da ferramenta permaneceu dentro do limite (0,3 mm) estabelecido pela norma ISO 3685, com 0,150 mm de desgaste para o gume 1 e 0,177 mm de desgaste para o gume 2 após a usinagem das 400 peças. Foram ainda observados micro lascamentos no gume a partir 50 minutos de tempo efetivo de corte. Como esperado, as micropartículas de carbonitreto de titânio (TiCN) presentes no revestimento do inserto, contribuíram para estabilizar o desgaste após a fase inicial do corte, aumentando, no geral, a vida útil da ferramenta.

Foi verificado que os diâmetros das peças ficaram dentro da tolerância especificada, ficando a rugosidade da superfície dentro da faixa aceitável. No entanto, a partir da peça número 391, a rugosidade começou a se aproximar do máximo valor admissível de 12,5 µm. O brilho característico da superfície acabada também foi avaliado, comparando-se com uma peça padrão, e verificou-se que estava se distanciando do que é especificado pelo padrão visual, sendo um indicador de que o desgaste da ferramenta, mesmo não estando próximo do valor de fim de vida imposto pela norma, exerce uma influência significativa sobre a rugosidade e estética da superfície da peça. A Figura 4 mostra o desvio aritmético médio do perfil avaliado (Ra) para as peças usinadas com o gume 1 em função do aumento do desgaste de flanco.

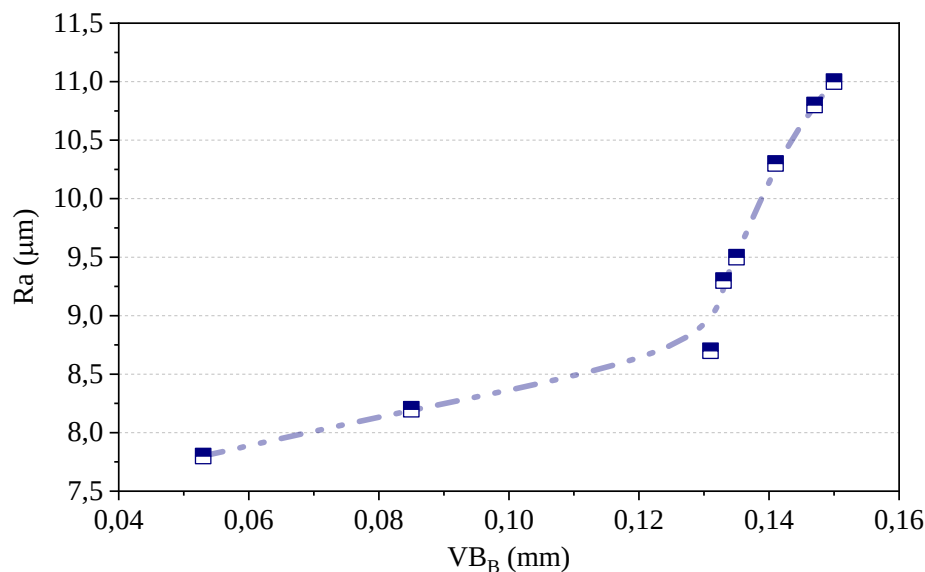


Figura 4. Desvio aritmético médio do perfil avaliado (Ra) em função do desgaste de flanco (VB_B) para o gume 1.

À altas velocidades de corte, a rugosidade aumenta a uma taxa mais elevada, sendo o aumento mais acentuado do desgaste da ferramenta um dos fatores que contribuem para isso, não possuindo também um padrão uniforme de comportamento (D'Addona et al., 2017). Como especificado em norma, o momento em que uma ferramenta deixa de produzir peças com as dimensões e qualidade da superfície desejadas, geralmente determina-se o fim da vida da mesma.

Atualmente, os insertos cermets usados no processo de acabamento possuem um limite de utilização especificado pela própria empresa, sendo cada gume do inserto utilizado na produção de 300 peças. Após isso o gume é trocado e dá-se início a produção de mais 300 peças, totalizando uma produção de 1200 peças por inserto, uma vez que eles possuem 4 gumes de corte cada.

Com base nos resultados encontrados neste trabalho em relação ao desgaste, rugosidade e aspecto estético das peças, cada gume cortante tem capacidade de produzir 100 peças a mais do que o especificado atualmente, mantendo a qualidade do produto.

Levando em consideração a capacidade dos insertos de produzir 100 peças a mais, o número de trocas de gume durante a produção tende a diminuir, assim como o tempo distribuído devido à ferramenta t_{df} e o número de insertos utilizados. A Tabela 1 mostra os dados de produção e tempos para a peça usada no trabalho. A Tabela 2 resume o número de trocas e insertos usados antes e depois das mudanças propostas.

Em média, a produção da peça mencionada neste trabalho chega a 20000 unidades por mês, divididas em 50 lotes de 400 peças cada. Com o tempo principal (tempo em que ocorre a efetiva remoção de material, t_p , de 0,283 min), o tempo de troca de ferramenta, t_{tf} (0,417 min) e o tempo de vida da ferramenta, T_v (113,33 min), pode-se calcular o tempo distribuído devido à ferramenta, mt_{df} , para um lote de m peças utilizando a Equação 1 (Stemmer, 2007):

$$mt_{df} = \frac{m \cdot t_p}{T_v} \cdot t_{tf} \text{ [min]} \quad (1)$$

Tabela 1 – Parâmetros relacionados ao tempo, custo e produção.

Produção mensal (unidades)	20000	Tempo de troca de ferramenta, t_{tf} (min)	0,417
Peças por lote, m	400	Tempo de vida da ferramenta (min)	113,33
Nº de lotes	50	Custo do inserto (R\$)	20
Tempo principal, t_p (min)	0,283	Custo da hora-máquina (R\$)	30,85

Tabela 2 – Parâmetros relacionados ao inserto.

ANTES		DEPOIS	
Peças por gume	300	Peças por gume	400
Nº de trocas	67	Nº de trocas	50
Nº de insertos utilizados/mês	17	Nº de insertos utilizados/mês	13

Portanto, o tempo distribuído devido à ferramenta, mt_{df} , para um lote de 400 peças é de 0,416 min (25 segundos). Outro aspecto que pode ser destacado é o número de trocas de ferramenta/gume por mês. Como a produção média mensal é de 20000 peças, o número de trocas de ferramenta/gume com uma produção de 300 peças por gume é de 67 trocas por mês. Já com a mudança para produção de 400 peças por gume, o número de trocas cai para 50 trocas mensais, reduzindo em 25,4% o tempo gasto com trocas de ferramenta, aumentando a eficiência geral da máquina.

O número de insertos utilizados durante a produção mensal também sofre redução. Com a produção de 300 peças por gume, o número de insertos utilizados durante o mês chega a 17, já com a produção de 400 peças por gume, o número reduz para 13 insertos, gerando uma redução de 23,5% no número de insertos utilizados por mês. Como o número de insertos necessários sofre uma redução com o aumento no número de peças usinadas por gume, o custo associado também reduz. O valor gasto com os insertos mensalmente cai de R\$ 340,00 para R\$ 260,00, representando uma economia de 23,5%.

Além da economia relacionada aos materiais, há também uma economia relativa ao tempo de máquina parada, ou seja, uma vez que com a redução do número de trocas de insertos por mês, a máquina ficará menos tempo parada durante a produção dos lotes. Esta parcela representa uma redução de 15,6 minutos sem efetiva produção de peças por mês, tempo que equivale à produção de aproximadamente 15 peças, correspondendo a uma quantia de R\$ 233,00. No total, apenas com a implantação de um dos modelos produzidos, a mudança proposta neste trabalho traz uma economia de R\$ 3760,00 anuais.

Fazendo-se uma projeção dessa implantação nas demais máquinas e para os outros 11 modelos existentes, a economia pode ser ainda maior. Levando em consideração que o modelo estudado é um dos “carros-chefes” da fábrica e sua produção é elevada, os demais modelos possuem uma produção menor, por volta de 10000 peças por mês. No que se diz respeito à quantidade de insertos, a produção de cada um dos outros 11 modelos utiliza 9 insertos por mês, e com a implantação da mudança proposta, a quantidade reduziria para 6 insertos, gerando economia de tempo e capital ainda maiores. Com a implantação da alteração na produção dos demais 11 modelos, cerca de R\$ 1935,00 seriam economizados por mês, totalizando uma economia de R\$ 26.975,00 por ano levando em consideração a aplicação para os 12 modelos produzidos.

Importante salientar que os valores aqui citados sofrem alterações constantes com a taxa cambial e oscilações de mercado e não levam em consideração custos associados a aquisição, estoque e manipulação dos insertos no parque fabril.

4. CONCLUSÕES

Dentro dos parâmetros utilizados neste trabalho, os desgastes de flanco dos insertos apresentaram um comportamento estável, devido, principalmente, à resistência ao desgaste dos insertos cermet com revestimento de TiCN. O nível de desgaste ficou dentro do especificado em norma para o fim da vida da ferramenta.

As curvas de rugosidade em função do desgaste do inserto seguem uma tendência exponencial, mostrando, como esperado, que o desgaste de flanco da ferramenta tem forte influência sobre superfície usinada, sendo um fator de suma importância no que se diz respeito à qualidade do produto. O valor da rugosidade respeitou o limite especificado para o produto, mesmo após a usinagem de lotes de 400 peças. Ainda, as tolerâncias dimensionais também ficaram dentro dos limites especificados para o produto em questão.

O fator estético das peças também foi um fator analisado para que se pudesse aplicar a alteração nos lotes de produção. Após a usinagem das 400 peças, o brilho da superfície acabada ficou dentro do limite aceitável pelo controle de qualidade. De acordo com a análise de todos os parâmetros relacionados, pode-se concluir que a alteração do processo é viável,

aumentando-se o número de peças usinadas por gume de 300 para 400 com a mesma qualidade dos produtos usinados. Portanto, a alteração sugerida representa uma economia de tempo para a produção dos lotes das peças estudadas, e, consequentemente, uma economia de capital, podendo ainda ser estendida futuramente para os demais processos e máquinas.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Showa da Amazônia Ltda., à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e ao CNPq.

6. REFERÊNCIAS

- Almeida, C. M. Avaliação do desgaste da ferramenta de metal duro revestida com TiN no fresamento do aço ABNT4140 laminado a quente e temperado/revenido. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2010.
- Brizolla, E. S. Análise comparativa da influência dos parâmetros de usinagem na rugosidade em torneamento de aço de baixo carbono. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2016.
- Chen et al. Cutting performance and wear characteristics of Ti(C,N)-based cermet tool in machining hardened steel. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, v.52, pp. 143-150, 2015. Doi: 10.1016/j.ijrmhm.2015.06.006.
- D'addona, D. M. et al. High speed machining of Inconel 718: tool wear and surface roughness analysis. *Procedia CIRP*. Vol. 62, pp. 269-274. 2017. Doi: 10.1016/j.procir.2017.03.004.
- Das et al. Comparative assessment on machinability aspects of AISI 4340 alloy steel using uncoated carbide and coated cermet inserts during hard turning. *Arabian Journal for Science and Engineering*, v. 41, Issue 11, pp. 4531-4552, 2016. Doi: 10.1007/s13369-016-2160-0.
- Kumar et al. Effect of spindle speed and feed rate on surface roughness of Carbon Steels in CNC turning. *Procedia Engineering*. Volume 38, Pages 691-697, 2012. Doi: 10.1016/j.proeng.2012.06.087.
- Kuntoglu, Mustafa & Saglam Haci. Investigation of progressive tool wear for determining of optimized machining parameters in turning. *Measurement*. Volume 140, Pages 427-436, 2019. Doi: 10.1016/j.measurement.2019.04.022.
- Magalhães, L.C et al. Influência do avanço e raio de quina do inserto no acabamento da superfície no torneamento com alta velocidade de corte do aço 4340. 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação - COBEF, 2019.
- Souza, D. C. S & Silva, E. R. Contribuição ao estudo da influência dos parâmetros de corte e da geometria das ferramentas na rugosidade superficial de peças torneadas. Universidade de Rio Verde, 2017.
- Stemmer, C. E. Ferramentas de corte I. Editora da UFSC. 7. ed. 2007.
- Xu et al. Fabrication and cutting performance of Ti(C,N)-based cermet tools used for machining of high-strength steels. *Ceramics International*, v. 43, Issue 8, pp. 6286-6294, 2017. Doi: 10.1016/j.ceramint.2017.02.034.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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

CERMET INSERTS FLANK WEAR EVALUATION IN ABNT 1020 STEEL TURNING

Laurence Colares Magalhães

Federal University of Espírito Santo – UFES. Fernando Ferrari avenue, 514 - Goiabeiras, 29075-910, Vitória – ES, Brazil.
laurence.magalhes@ufes.br

Pedro Daniel da Silva Martins

Federal University of Amazonas – UFAM. Rodrigo Otávio avenue, 3000 - Coroado, 69080-900, Manaus – AM, Brazil.
pedro.martynz23@gmail.com

Marcelo Tramontin Souza

State University of Santa Cruz – UESC. Jorge Amado highway, Km 16 - Salobrinho, 45662-900, Ilhéus – BA, Brazil.
mtsouza@uesc.br

Saymon Castro Sombra

Federal University of Amazonas – UFAM. Rodrigo Otávio avenue, 3000 - Coroado, 69080-900, Manaus – AM, Brazil.
saymoncs@ufam.edu.br

Abstract. *Cutting tools wear presents itself as one of the major challenges in the machining industry, which can lead to dimensional deviations and complications in the finishing of the part, and generate additional costs in production. The analysis and evaluation of wear, whether in controlled environments of laboratories or industrial parks, are necessary for the tool to be used in satisfactory conditions, providing an economical and viable cutting process. This work evaluates the flank wear in a cermet insert in the turning of ABNT 1020 steel in a finishing operation of a mechanical component inherent to the automotive sector, analyzing its influence on the quality of the manufactured component. It was found that the flank wear does not reach, within the parameters used, the maximum flank wear specified in the standard as an end-of-life criterion, for the lot size currently produced, thus making it possible to increase the number of pieces produced by cutting edge, without affecting the quality of the component.*

Keywords: *Flank wear, turning, cermet inserts*

RESPONSIBILITY NOTICE

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