

INVESTIGAÇÃO DOS SINAIS DE VIBRAÇÃO INDUZIDOS POR ÓLEOS COMESTÍVEIS NAS OPERAÇÕES DE CORTE

Matheus Augusto Garcia Buzo

Juan Manoel da Silva Blanes

José Aécio Gomes de Sousa

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, PR, 86036-370, Brasil;
matheusbuzo@alunos.utfpr.edu.br
ingjuanblanes@gmail.com
aeciosousa@yahoo.com.br

Antônio Santos Araújo Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Av. Colares Moreira, 477 - Jardim Renascença, São Luís - MA, 65075-441
asaraujojr@ifma.edu.br

Rhander Viana

Universidade de Brasília, UnB - Brasília, DF, 70910-900
rhanderviana@gmail.com

Luiz Leroy Thomé Vaughan

Universidade Federal de Itajubá - R. Irmã Ivone Drumond 200, Itabira-MG, 35903-087, Brasil
lvaughan@unifei.edu.br

Resumo: A progressiva necessidade em aumentar a vida útil da ferramenta de corte e melhorar o acabamento final da peça usinada, a fim de reduzir custos de manutenção preventiva e corretiva, faz com que se procure utilização de sistemas úteis para informar a real situação da ferramenta de corte. Comumente, o controle do desgaste das ferramentas é monitorado por métodos ópticos adequados como o controle dos esforços de corte, temperatura de usinagem e quantidade de peças produzidas. A interrupção do processo gerado pelas trocas de ferramenta proporciona maior tempo de parada de máquina acarretando redução no número de peças produzidas. Um dos principais responsáveis pelo desgaste das ferramentas de usinagem e rugosidades na peça são os carregamentos mecânicos e térmicos, proveniente do próprio processo de corte podendo acarretar distorções nas peças produzidas gerando, muitas vezes, custos adicionais. O objetivo deste trabalho é avaliar a vibração causada no fresamento frontal do aço ABNT 1045 com fluido de corte vegetal de soja. Os resultados foram comparados com o desempenho de um fluido comercial. Ambos os óleos foram aplicados por MQL. Apesar do fluido comercial apresentar melhores resultados na redução nos sinais de vibração, a uma velocidade de 210m/min, foi constatado que o óleo de soja obteve resultados melhores que o óleo comercial LB2000, com uma redução de 13,63%. Assim, exprimindo a eficiência do óleo vegetal na prevenção a rugosidades altas e maiores desgastes da ferramenta de corte, utilizando os parâmetros corretos.

Palavras-chave: vibração, óleo de soja, aço ABNT 1045, MQL

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o fluido de corte é amplamente empregado na indústria e sabe-se que o descarte de fluidos de corte de maneira inapropriada pode gerar diversos danos aos rios e solo, segundo Oliveira et al. (2007), a indústria metal-mecânica é um potencial agressora do meio ambiente devido ao dos fluidos de corte.

Apesar de existirem outras formas de fluido de corte, como gasoso e sólido, o fluido líquido representa maior participação nas aplicações, sendo o mais convencional. Estes são divididos entre óleos, emulsões e soluções. Sua origem pode ser vegetal, natural ou mineral. Este último, apesar de sua elevada eficiência em termos de lubrificação e refrigeração, é altamente nocivo ao meio ambiente e a saúde dos operadores, devido aos seus aditivos químicos. O manuseio incorreto do fluido de corte mineral pode ocasionar contaminação do solo, da água e seus lençóis freáticos, além da poluição da atmosfera (Machado et al, 2018, Makhoul et al, 2021).

Com isso, são necessárias formas alternativas de fluidos para a usinagem, dentre as alternativas pesquisadas estão os óleos vegetais, substitutos atrativos pela baixa toxicidade, boa biodegradabilidade e sustentabilidade ambiental (Shashidhara e Jayaram, 2010).

Segundo Eisentraeger et al. (2002), a biodegradabilidade é um dos mais importantes aspectos no que diz respeito ao descarte das substâncias no meio ambiente, sendo que, os fluidos de corte a base de ésteres sintéticos ou naturais são facilmente biodegradáveis em contraste com os óleos minerais.

As técnicas mais empregadas para aplicação do fluido de corte são o jorro a baixa pressão, sistema de alta pressão e a atomização. No primeiro método, o fluido é bombeado para a peça usinada através de tubos e bicos, onde se mantém a aplicação constante do fluido. No sistema a alta pressão, dispõe-se de equipamentos complexos para elevar consideravelmente a pressão no fluido, o que melhora a usinagem de materiais resistentes como ligas de titânio. Na técnica de atomização ou MQL (Mínima Quantidade de Líquido), empregada neste trabalho, o fluido é empregado em vazões baixas, 10ml/h a 200ml/h, em que se obtém um maior contato das gotículas com a área de corte, o que lhe permite um efeito maior de refrigeração devido a sua evaporação (Machado et al, 2018).

Devido ao potencial do óleo vegetal, há a possibilidade de serem produzidos novos produtos que mantenham propriedades semelhantes às dos produtos totalmente sintéticos e derivados de matrizes de origem fóssil. Entre estes produtos estão o éster metílico epoxidado e o biodiesel, que podem ser obtidos de diferentes óleos vegetais, os quais são de fonte renovável e contribuem para a captura de carbono da atmosfera. Se os óleos vegetais são submetidos a modificações químicas em sua estrutura, passam a ser uma alternativa mais viável de uso (Campanella, 2010).

Em relação ao processo de usinagem utilizado, o fresamento frontal, de acordo com Olivera (2008) este processo de fabricação, representado na Fig.1, em que a geração das superfícies usinadas é proporcionada pelo gume principal e pelo gume secundário no topo da ferramenta, que gira em torno de seu eixo e se desloca perpendicularmente ao eixo da peça usinada a uma determinada taxa de avanço, f_z , e uma profundidade de corte, a_p . O conhecimento das forças originadas neste processo é de grande relevância no que concerne à determinação dos parâmetros de corte, ao esclarecimento dos mecanismos de desgaste e à previsão da amplitude de vibrações, que são fatores decisivos na eficiência da usinagem de componentes.

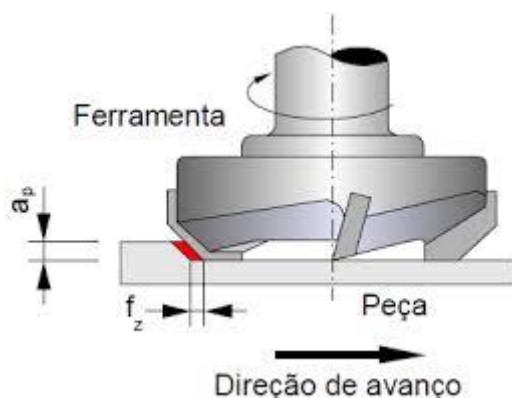


Figura 1. Representação da operação de fresamento frontal (Sá, 2010).

A própria condição da máquina ferramenta e a sua rigidez podem acelerar o desgaste da ferramenta e consequentemente a qualidade da superfície usinada. Uma pequena folga no mecanismo de avanço, ou mesmo uma fundação mal projetada, podem originar níveis de vibração que comprometam a vida da ferramenta (Metals Handbook, 1989).

As vibrações em usinagem podem causar diversos inconvenientes como desgaste prematuro da ferramenta de corte, desgastes excessivos e falhas em elementos da máquina-ferramenta como rolamentos, fusos, etc., acabamento insatisfatório na peça, causando produtos de qualidades inferiores e altas energias consumidas durante o processo (Cheng, 2009).

De acordo com Gomes (2001), as vibrações podem atingir níveis inaceitáveis, deteriorando o acabamento superficial e comprometendo a vida da ferramenta.

É sabido que o desgaste da ferramenta de corte acarreta em um aumento nas forças de usinagem, e consequentemente aumenta as vibrações envolvidas no processo, por isso é necessário o estudo do fluido de corte utilizado. Além disso, esse aumento ocasiona um aumento na rugosidade da superfície usinada, devido a vibração aumentar as probabilidades de cortes não uniformes, gerando sulcos e ondulações, e também a quebra prematura do cavaco (Groover, 2016).

Sória (2016), constatou em seu trabalho sobre o comportamento das vibrações no fresamento frontal do aço inoxidável AISI 316 que a profundidade de corte, a velocidade de corte foram parâmetros evidenciadores do aumento de vibração. Além de que grandes níveis de vibração aumentaram a rugosidade média da peça, sendo as menores velocidades de cortes os principais responsáveis pelos altos valores de rugosidade, devido a má formação do cavaco.

Guimarães et al. (2011), analisou também em seu trabalho a relação entre o acabamento dos eixos com a vibração mecânica processada durante o torneamento do aço carbono. Nele, os maiores valores de vibração foram obtidos através dos menores avanços da ferramenta de corte, tal fato se deve ao maior tempo de passagem da ferramenta de corte na peça usinada, provocando um menor espaçamento entre as marcas de avanço. Constatou-se também o aumento da rugosidade nas taxas de avanço de 400 rpm, atingindo valor de 7 a 8 μ m.

Em razão disso, este trabalho tem como objetivo realizar a comparação o desempenho do óleo de soja com um fluido de corte comercial LB2000 em relação a vibração causada no fresamento frontal do aço ABNT 1045, visto que essa é a principal responsável pelo aumento da rugosidade, afetando o acabamento final.

2. METODOLOGIA

O material utilizado neste trabalho foi o aço carbono ABNT 1045 (205 HB). Este material é empregado na fabricação de componentes onde é necessária uma resistência mecânica superior à dos aços de baixo carbono como eixos para máquinas, cilindros pneumáticos, grampos, pinças, entre outros. As dimensões dos corpos de prova utilizados e da ferramenta estão apresentadas na Fig. 2.

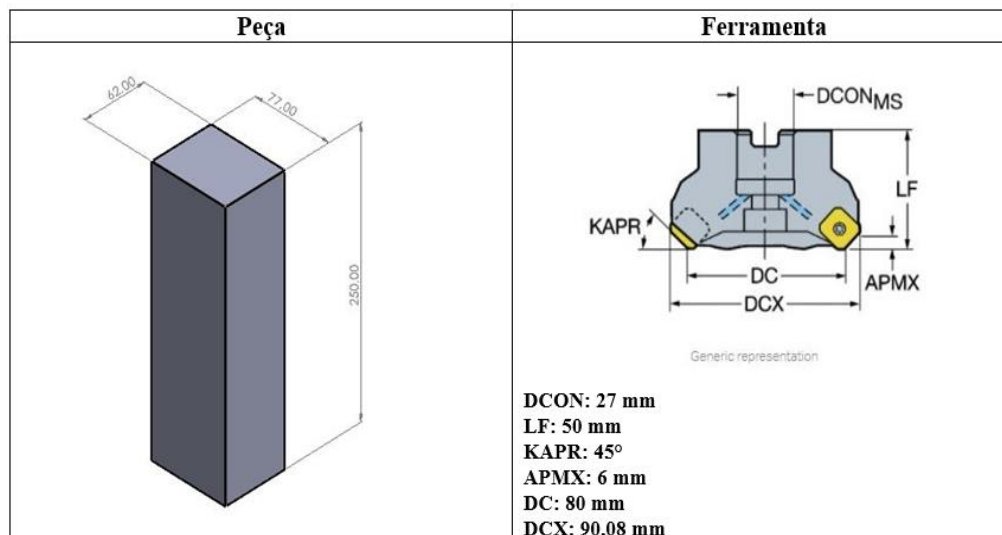


Figura 2. Dimensões dos corpos de prova, em mm, e da ferramenta

Os ensaios de usinagem foram realizados no centro de usinagem vertical Romi/Bridgeport, modelo Discovery 560, que utiliza o comando numérico CNC GE SIEMENS 21i-MB. O eixo-árvore possui uma rotação máxima de 7500 rpm, potência máxima de 12,5 CV e a interface de fixação de ferramenta no fuso da máquina é do tipo sede cônica ISO-40.

A ferramenta utilizada no processo foi a fresa, código 345 - 080Q27 - 13M, fabricada pela Sandvik Coromant. Esta ferramenta possui diâmetro de 80 mm e capacidade para 6 inserts. O inserto utilizado possui formato quadrado, com pastilhas dupla face com oito arestas de corte e código 345R-1305M-PM. Os insertos utilizados possuem revestimento de TiCN + Al₂O₃ + TiN.

O planejamento experimental foi elaborado com base num planejamento fatorial 24, sendo três variáveis quantitativas (velocidade de corte - v_c , avanço de corte - f_z e profundidade de corte - a_p), variando em 2 níveis cada, e uma variável qualitativa (condição lubri-refrigerantes). A Tabela 1 apresenta as variáveis utilizadas no planejamento experimental de forma mais detalhada. Note que a penetração de corte foi mantida fixa em 62 mm. Para medir os sinais de vibração foi utilizado um acelerômetro, modelo MV 670, fabricados pela Instrutherm.

Tabela 1. Parâmetros de corte utilizados

v_c (m/min)	f_z (mm/dente)	a_e (mm)	a_p (mm)	Lubri- refrigeração	
165	0,15	62	1	Tipo	Aplicação
				Óleo de Soja	MQL
210	0,3		2	LB2000	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta o comportamento da vibração medida usinando com óleo de soja e com o LB-2000 para a velocidade de corte de 165 m/min. É possível perceber que o melhor resultado obtido foi apresentado pelo o óleo de soja em comparação com o óleo comercial foi apresentado para a condição de 2 mm de profundidade de corte e 0,15 mm/rot para o avanço. Nessas condições, a vibração foi de 5,29 mm/s². Para as demais situações, o óleo comercial LB2000 apresentou sempre melhor desempenho.

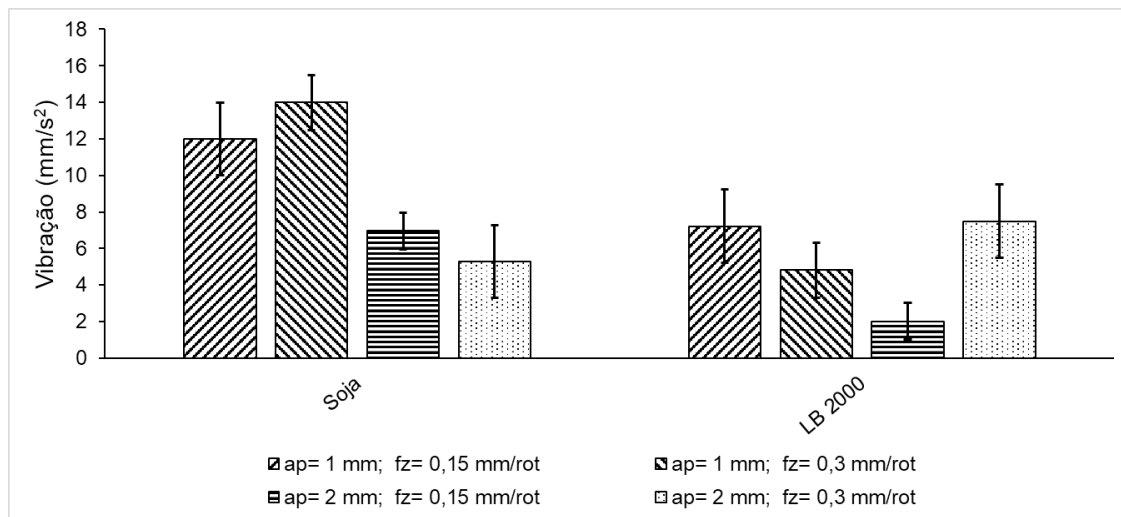


Figura 3. Comparação entre as vibrações para vc = 165 m/min

A Figura 4 apresenta o comportamento dos óleos de soja e LB-2000 para os sinais de vibração na velocidade de corte de 210 m/min. Nesta velocidade de corte o óleo comercial LB2000 sempre apresentou melhor desempenho com exceção, apenas, quando foi utilizado para a condição de 2 mm de profundidade de corte e avanço de corte de 0,3 mm/rot.

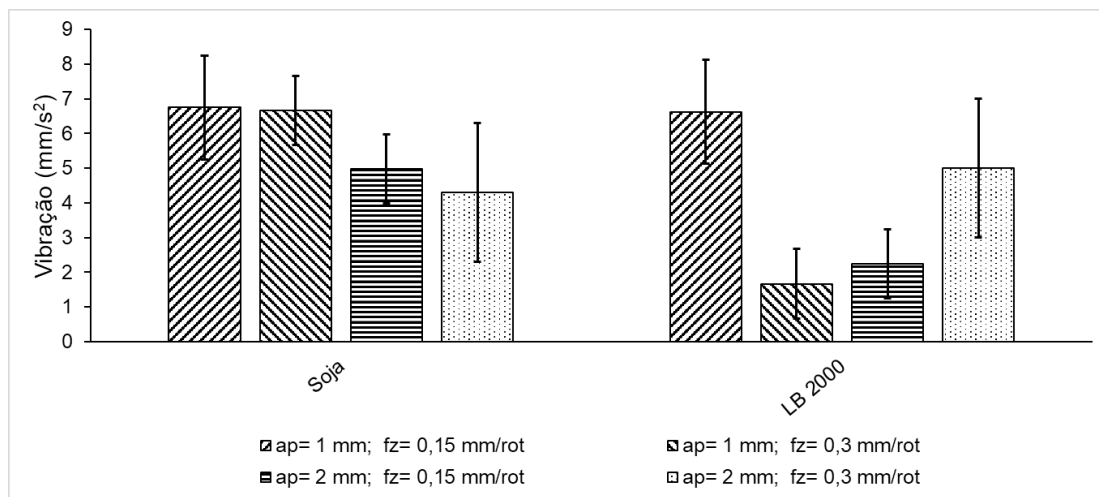


Figura 4. Comparação entre as vibrações para vc = 210 m/min

Observa-se que os maiores valores de vibração no fresamento frontal com óleo de soja foram obtidos a uma velocidade de corte de 165 m/min, taxa de avanço de 0,3 mm/rot e uma profundidade de corte de 1 mm. Com um maior tempo de contato ferramenta de corte com a peça devido a uma menor velocidade de corte e maior taxa de avanço, reduz-se a dissipação de calor e aumenta as vibrações transmitidas da ferramenta para a peça. O que ocasionará maiores rugosidades na peça usinada, prejudicando seu acabamento final.

A Tabela 2 apresenta a diferença (aumento/redução) percentual média e estatística dos sinais de vibração apresentados nas Figs.3 e 4. Os valores positivos apresentados nesta tabela indicam que houve um aumento na vibração do processo de corte enquanto que os sinais apresentam que houve redução.

Tabela 2. Comparação entre as forças de corte exercidas com o uso do Óleo de soja com a do Óleo LB2000

Comparação	v_c (m/min)	f (mm/rot)	a_p (mm)	Diferença Média Percentual	p-valor
Óleo de Soja → Óleo LB2000®	165	0,15	1	+39,16%	0,1236
			2	+71,42%	0,0123
		0,3	1	+65,71%	0,0051
			2	-54,01%	0,3070
	210	0,15	1	+1,47%	0,9642
			2	+52,12%	0,1156
		0,3	1	+75,93%	0,0217
			2	-13,63%	0,8467

Foi adotado neste trabalho o nível de significância correspondente a 0,05. Analisando as diferenças percentuais médias em que houve diferenças estatísticas, conclui-se que houve um aumento de vibração significativo do óleo de soja para com o óleo LB 2000. Para os valores, com p-valor maior que o nível de significância conclui-se estatisticamente que não há diferença entre os óleos, porém a uma taxa de avanço de 0,3 mm/rot, uma profundidade de corte de 2mm e velocidades de corte 165 e 210 m/min há uma tendência significativa de diminuir a vibração utilizando o óleo de soja no fresamento frontal. Percebe-se também que a maior redução de vibração ao utilizar o mesmo ao invés do óleo comercial, se dá a uma velocidade de corte de 210m/min. Tal fato ocorre devido a principalmente a melhor dissipação de calor, devido a diminuição da temperatura na zona de corte ocorrida com o aumento da velocidade de corte.

4. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados observados, foi notado que os menores valores de vibração utilizando óleo de soja como lubrificante no fresamento do aço ABNT 1045 foram obtidos para a profundidade de corte de 2 mm e avanço de 0,3 mm/rot. Além disso, comparando os valores obtidos com estes parâmetros citados em função da velocidade de corte, foi possível verificar que a velocidade de corte mais adequada para o processo utilizando óleo de soja é a de 210 m/min, resultando em uma redução na vibração de 13,63%. Os demais parâmetros não mostraram diferença estatística entre o uso do óleo de soja para com o uso do óleo comercial LB2000, manifestando a semelhança de resultados entre os mesmos.

Os parâmetros de corte, taxa de avanço de 0,3 mm/rot, profundidade de 1 mm e velocidade de corte 165 m/min foram responsáveis pelo maior valor de vibração no fresamento com óleo de soja vegetal, resultando em 14 mm/s². O que implica em uma maior rugosidade na peça usinada, obtendo pior acabamento final da peça usinada.

Por fim, conclui-se que o óleo de soja se apresentou eficiente na redução de vibração, utilizando os parâmetros de corte adequados, apresentando também desempenho maior que o óleo comercial.

5. REFERÊNCIAS

- Campanella, A. Lubricants from chemically modified vegetable oils. *Bioresource Technology* v. 101, n. 1, p. 245-254, 2010.
- Cheng, K. *Machining Dynamics - Fundamentals, Applications and Practices*. Londres: Springer, 2009.
- Eisentraeger, A.; Schmidt, M., Murrenhoff, H., Dott, W.; Hahn, S. Biodegradability testing of synthetic ester lubricants—effects of additives and usage. *Chemosphere* 48, 89–96. Germany. 2002.
- Gomes, J. O. Fabricação de superfícies de forma livre por fresamento no aço temperado ABNT 420, na liga de alumínio AMP8000 e na liga de cobre Cu-Be. Florianópolis, 2001. 150 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), UFSC, 2001.
- Groover, M. P. (2016). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Guimarães, T. A., Oliveira, W. C., & Alves, F. F. (2011). UMA ANÁLISE DA VIBRAÇÃO MECÂNICA E A RUGOSIDADE DE EIXOS NO TORNEAMENTO USANDO O CEPSTRUM DE POTÊNCIA. In *Proceedings of the National Conference on Manufacturing Engineering—COBEF 2011*.
- König, W.; Klocke, F. Tecnologia da Usinagem com Ferramentas de Corte de Geometria Definida – parte 1. Traduzido e adaptado por Rolf Bertrand Schroeter e Walter Lindolfo Weingaertner do livro “Fertigungsverfahren – Drehen, Bohren, Fräsen”. 1997.)
- Machado, A.R., Abraão, A.M., Coelho, R.T., 2018. “Teoria da Usinagem dos Materiais”, 4ª Edição, Editora Edgard Blücher, São Paulo.
- Makhlouf, S., Benhamou, A., & Benmoussa, A. (2021). Environmental impact of metalworking fluids: A review. *Sustainable Materials and Technologies*, 29, e00262.

Metals Handbook, 1989, Machining, Ed. 9, ASME International.

Oliveira, J. F. G.; ALVES, S. M. Adequação ambiental dos processos de usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. *Jornal Produção*, v. 17, n. 1, p. 129-138, 2007.

Sá, V.D (2010). Avaliação do desgaste da ferramenta de metal duro revestida com TiN no fresamento do aço ABNT4140 temperado e revenido, utilizando duas fresas de diâmetros diferentes.

Sória, B. S. (2016). Estudo do comportamento das vibrações em fresamento frontal do aço inoxidável AISI 316 utilizando transformada de Wavelet.

6. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INVESTIGATION OF VIBRATION SIGNALS INDUCED BY EDIBLE OILS IN CUTTING OPERATIONS

Matheus Augusto Garcia Buzo

Juan Manoel da Silva Blanes

José Aécio Gomes de Sousa

Federal Technological University of Paraná, Campus Londrina, Av. dos Pioneiros, 3131, Londrina, PR, 86036-370, Brazil;

matheusbuzo@alunos.utfpr.edu.br

ingjuanblanes@gmail.com

aeciosousa@yahoo.com.br

Antônio Santos Araújo Junior

Federal Institute of Education, Science and Technology of Maranhão, Av. Colares Moreira, 477 - Jardim Renascença, São Luís - MA, 65075-441, Brazil

asaraujojr@ifma.edu.br

Rhander Viana

University of Brasília, UnB - Brasília, DF, 70910-900, Brazil

rhanderviana@gmail.com

Luiz Leroy Thomé Vaughan

Federal University of Itajubá - R. Irmã Ivone Drumond 200, Itabira-MG, 35903-087, Brazil

lvaughan@unifei.edu.br

Abstract. *The progressive need to increase the useful life of the cutting tool, in order to reduce costs of preventive and corrective maintenance, makes the use of systems that can inform the real situation of the cutting tool. Commonly, the control of tool wear is monitored by suitable optical methods such as control of cutting efforts, machining temperature and quantity of parts produced. The interruption of the process generated by tool changes provides greater machine downtime, resulting in a reduction in the number of parts produced. One of the main factors responsible for the wear of machining tools are mechanical and thermal loads, arising from the cutting process itself, which can lead to distortions in the produced parts, often generating additional costs. The objective of this work is to evaluate the vibration caused in face milling of ABNT 1045 steel with soy vegetable cutting fluid. The results were compared with the performance of a commercial fluid. Both oils were applied by MQL. Despite the commercial fluid presenting better results in the reduction of vibration signals, at a speed of 210m/min, it was found that soybean oil obtained similar results to LB2000, with a reduction of 13.63%*

Keywords: vibration, soybean oil, ABNT 1045 steel, MQL

RESPONSIBILITY NOTICE

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