

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

GABRIEL PAIVA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA COMO ALTERNATIVA AOS
FLUIDOS DE CORTE A BASE DE PETRÓLEO NA OPERAÇÃO DE
TORNEAMENTO

BAURU

2021

GABRIEL PAIVA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA COMO ALTERNATIVA AOS
FLUIDOS DE CORTE A BASE DE PETRÓLEO NA OPERAÇÃO DE
TORNEAMENTO

Projeto de iniciação científica do curso de Engenharia Mecânica apresentado ao programa de Iniciação Científica do Centro Universitário Sagrado Coração, sob orientação do Profº Dr. Gill Bukvic.

BAURU

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

O48a	Oliveira, Gabriel Paiva Análise da utilização de óleo de soja como alternativa aos fluidos de corte a base de petróleo na operação de torneamento / Gabriel Paiva Oliveira. -- 2021. 31f. : il. Orientador: Prof. Dr. Gill Bukvic Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP 1. Fluido de corte. 2. Torneamento. 3. Meio ambiente. 4. Óleo de soja. I. Bukvic, Gill. II. Título.
------	---

Dedico esta monografia primeiramente a
Deus, a minha família e a meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me guiar pela minha jornada, por ter me oferecido esta oportunidade e pelo dom da vida.

A esta universidade e a Dhalmar que possibilitou a realização deste projeto

Aos meus pais e a toda minha família por todo o apoio e incentivo recebido

Ao meu orientador por todo o engajamento com esta monografia, por estar sempre disposto a esclarecer dúvidas e ajudar-me a finalizar mais esta etapa com sucesso.

Aos meus amigos pela força e compreensão.

RESUMO

O uso do processo de usinagem está em crescimento na indústria desde o século XIX, devido a sua alta demanda para formatar diferentes tipos de materiais, com isso, há o crescimento no consumo dos fluidos de corte, que são utilizados para garantir uma diminuição no calor gerado pelo conjunto ferramenta-peça, promover a lubrificação, facilitando o avanço da ferramenta e a remoção do material. Embora os fluidos de corte sejam um ponto importante para usinagem, em contrapartida o mesmo comumente é sintetizado a partir dos derivados do petróleo que geram problemas ao meio ambiente e a saúde do operador. Devido a isto, há uma necessidade de reduzir os danos ao meio ambiente e aos operadores, a partir da substituição destes fluidos convencionais. Pensando nisso, este projeto tem como finalidade apresentar uma alternativa para a substituição do fluido de corte a base de petróleo com a utilização de óleo vegetal de soja como fluido de corte, já que o mesmo, por ser normalmente extraído de sementes e plantas, não causam danos aos operadores e, por ser biodegradável, não causa danos ao meio ambiente. Dessa forma, foram realizados ensaios de torneamento em alumínio 6351 e aço SAE 1045, utilizando o óleo de soja e o comparando com fluido de corte a base de petróleo. Foi feita a análise comparativa de rugosidade e vida útil da ferramenta. O óleo de soja foi utilizado por ser um óleo comum, de baixo custo e utilizado no dia a dia.

Palavras-chave: Fluido de corte. Torneamento. Meio Ambiente. Óleo de soja.

ABSTRACT

The use of the machining process has been growing in the industry since the 19th century, due to its high demand to format different types of materials, with this, there is a growth in the consumption of cutting fluids, which are used to ensure a decrease in heat generated by the tool-part set, promote lubrication, facilitating tool advancement and material removal. Although cutting fluids are an important point for machining, on the other hand, it is commonly synthesized from petroleum derivatives that generate problems for the environment and the health of the operator. Because of this, there is a need to reduce damage to the environment and operators from replacing these conventional fluids. With that in mind, this project aims to present an alternative for replacing the petroleum-based cutting fluid with the use of soy vegetable oil as a cutting fluid, since it, as it is normally extracted from seeds and plants, does not they cause harm to operators and, as it is biodegradable, it does not harm the environment. Thus, turning tests was be carried out on 6351 aluminum and SAE 1045 steel, using soybean oil and comparing it with petroleum-based cutting fluid. A comparative analysis of roughness and tool life was be carried out. Soybean oil will be used because it is a common oil, of low cost and used on a daily basis.

Keywords: Cutting fluid. Turning. Environment. Soy oil.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVOS GERAIS	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4 MATERIAIS E MÉTODOS	14
5 RESULTADOS	17
6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
7 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1 INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo usinagem é aplicado a todos os processos de fabricação onde ocorre a remoção do material por uma ferramenta de corte, garantindo assim forma, acabamento e dimensão (DIN 8580).

Ganhando fama na revolução industrial, o torno mecânico é uma das mais importantes máquinas para o processo de usinagem, já que pode tanto cortar, desbastar, facear, arredondar, recartilhar e etc. No entanto o processo de usinagem em metais é gerado uma grande quantidade de calor devido à alta velocidade combinado com atrito que ocorre entre a peça-ferramenta e ferramenta-cavaco conforme o avanço do torno, essa elevação da temperatura pode deformar a peça e aumentar suas dimensões (Ferraresi, 1977).

[...]As condições na interface ferramenta-cavaco favorecem a ocorrência da difusão metálica entre os materiais da ferramenta e da peça. Tal difusão ocorre sempre com prejuízo da ferramenta, quer pelo enfraquecimento da superfície ativa da ferramenta, quer pelo arrancamento de partículas da mesma. A tendência da difusão é exponencial com a temperatura.

Percebendo isso, Frederick W. Taylor (1906) foi o primeiro que começou estudar as diferentes maneiras de minimizar as deformações causadas pela temperatura e a influência dos fluidos de corte na usinagem. Um de seus métodos foi a utilização de água para resfriar ferramenta, reduzindo assim os efeitos da alta temperatura, com isso foi possível aumentar a velocidade de corte sem prejudicar a vida útil da peça, contudo a água além de possuir propriedades refrigerantes a mesma possui o fator de causar corrosão nos metais desgastando sua superfície. Observando isso, Taylor, utilizou de aditivos como sabão para aumentar a lubrificação e evitar a corrosão.

Hoje em dia mesmo com a evolução dos fluidos de corte não há uma classificação padrão para os mesmos. De acordo com Ferraresi (1977) pode-se classificá-los em três grupos diferentes: sólidos(lubrificação), líquidos e gasosos(refrigeração). De acordo com DIN 51385 os fluidos de corte podem ser divididos em dois subgrupos: os miscíveis em água a partir de emulsões (mistura entre óleo e água na proporção 1:10 a 1:1000) e os não miscíveis em água(óleos) como Minerais, Graxos e Sintéticos. Na tentativa de unir as classificações existentes

apresenta-se o quadro 1 que indica as composições e características dos fluidos de corte.

Tabela 1 – Composição e classificação dos fluidos de corte

Classificação dos fluidos de corte	Sólido	Líquido			Gasoso
		Óleos puros	Óleos emulsionáveis	Fluidos químicos	
Principais composições	Grafite e bissulfeto de molibdênio	Óleo mineral e/ou óleo graxo (Agentes EP: Cloro, enxofre e fosforo)	Óleos água e emulsificadores (Agentes EP, antioxidantes e umectantes).	Água sais orgânicos e inorgânicos (agentes Ep, anticorrosivos e antioxidantes, biocidas e umectantes).	Ar, dióxido de carbono, nitrogênio e vapor
Principais propriedades	Lubrificação	Lubrificação, extrema pressão, anticorrosão	Boa refrigeração, Boa antioxição, Baixa lubrificação, boa anticorrosão, extrema pressão	Excelente refrigeração, baixa lubrificação, boa anticorrosão e antioxição	Refrigeração

Fonte: Modificado a partir de Ferraresi (1977).

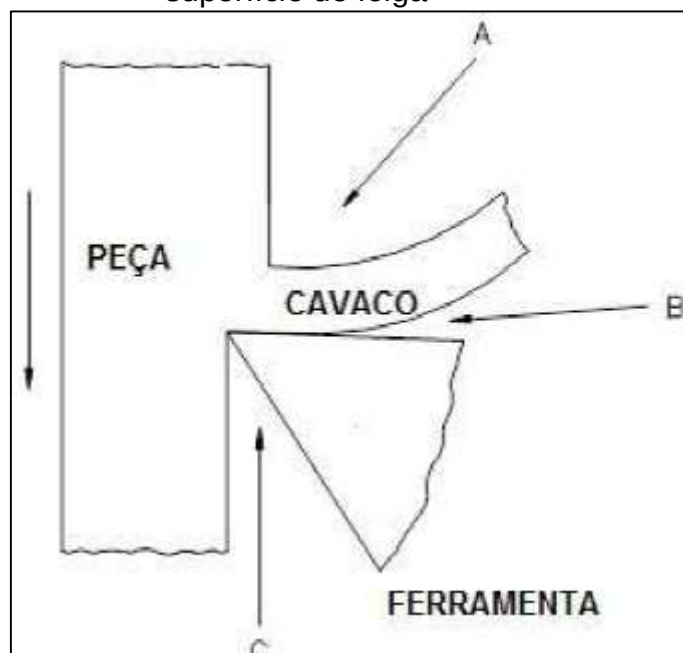
A partir dos dados dispostos no quadro 1 percebe-se que os fluidos de corte líquidos possuem diferentes aditivos que têm como objetivo atribuir características especiais aos fluidos, provendo um aumento na vida útil da peça, melhor acabamento, qualidade, facilidade para usar. Estes aditivos podem ser:

- Agentes EP (extrema pressão): Conferem aos fluidos de corte uma lubricidade aumentada para suportarem elevadas condições de temperatura e pressão.
- Anticorrosivos: Evitam que ocorra corrosão entre o conjunto ferramenta-peça-máquina.
- Antioxidantes: Impedem a ação de oxidação quando o óleo entra em contato com oxigênio.
- Biocidas: Inibem o crescimento de microrganismos que podem causar danos futuros a peça.
- Emulsificadores: Tem como função formar emulsões de óleo na água.
- Umectantes: Evitam a cristalização e solidificação do óleo conhecida como “borra”.

Para extrair o potencial do fluido de corte o mesmo deve ser aplicado na interface cavaco-ferramenta até a ponta da ferramenta através de mangueiras

flexíveis. Existem três diferentes direções de aplicação do fluido: aplicação do fluido na forma de jorro em baixa pressão sobre a cunha do cavaco (sobre-cabeça), entre a superfície de corte e de saída do cavaco (alta pressão) e na superfície de folga na ferramenta de corte. Estas direções de aplicação do fluido de corte são mostradas na figura 2 (MACHADO e DA SILVA, 2004).

Figura 1 - Direções de aplicação do fluido de corte: A) sobre-cabeça; B) superfície de saída da ferramenta; C) superfície de folga



Fonte: Jorge Marques dos Anjos (2014).

Apesar dos fluidos de cortes hoje em dia serem muito eficientes para usinagem o mesmo comumente é sintetizado a base de petróleo junto com tetracloreto de carbono 1,1,1-tricloroetano e outros materiais tóxicos para saúde humana, podendo causar vários tipos de doença de pele, câncer e doenças pulmonares (BENNETT, 1994).

Segundo um estudo de Rosenman (1997) cerca de 20% de um grupo de 755 trabalhadores desenvolveram asma ou sintomas asmáticos após começarem a utilizar os fluidos de corte e que os problemas respiratórios são mais comuns entre trabalhadores que utilizam fluidos de corte a base de petróleo.

Além dessas substancias toxicas presentes nos fluidos de corte a base de petróleo o mesmo é considerado um alto agravante para poluição do solo, rios e da

atmosfera quando descartados. Segundo Martinez (2004) os métodos e sistemas de descarte dos óleos são:

- Descarga direta: Ocorre através do descarte do fluido em cursos naturais de água se o mesmo atender os aspectos legais sobre o descarte.
- Depósitos em aterros sanitários: O fluido é destinado a áreas específicas para depósito, este método se torna desaconselhável hoje em dia devido à escassez desses depósitos e pela alta poluição do solo.
- Incineração: Após realizar a separação da emulsão a fase oleosa pode vir a ser incinerada ao misturar os combustíveis das caldeiras, a incineração da fase oleosa pode ser considerada segura em relação ao meio ambiente, porém, muitas vezes o mesmo é feito de maneira incorreta e aliado a má fiscalização a queima pode produzir gases e outros produtos tóxicos.
- Reciclagem/Rerrefino: A partir de métodos industriais o óleo pode ser separado das emulsões e ser refinado por processos físico-químicos e ser reaproveitado, porém, óleos minerais e sintéticos apresentam uma alta durabilidade, dificultando a reciclagem do mesmo. Outra alternativa é, a partir de métodos industriais, converter o óleo em novos produtos como sabão graxa óleo combustível e etc.

Devido aos problemas de saúde, dificuldade de reciclagem e os problemas ambientais causados pelo fluido de corte à base de petróleo foi criada a tendência de reduzir os malefícios dos óleos minerais, criando assim os fluidos de corte feitos à base vegetal, sendo extraídos normalmente de colza, canola, coco e mamona, os óleos vegetais apresentam características como: um alto ponto de fulgor, lubrificação e refrigeração iguais aos óleos minerais, alta viscosidade e o fator biodegradação (VALAKI, 2014).

Diante disso, este projeto tem como objetivo estudar se ao substituir o fluido de corte a base de petróleo pelo de base vegetal, o mesmo, apresenta diferenças e alterações ao realizar o processo de usinagem em aço SAE 1045 e em alumínio 6351.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar os efeitos do óleo de soja como fluido de corte em operação de torneamento de aço SAE 1045 e alumínio 6351 e comparar com os efeitos do fluido de corte a base de petróleo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Submeter o aço e o alumínio a operação de torneamento utilizando o óleo de soja como fluido de corte;
- Comparar o torneamento com o óleo de soja com o fluido de corte a base de petróleo;
- Analisar as diferenças de rugosidade nos metais após o processo de torneamento com os dois fluidos;

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do projeto, foi realizado levantamento bibliográfico, com a utilização de livros e artigos, que fossem de relevância para o desenvolvimento da pesquisa proposta.

De acordo com o levantamento, foi realizado o ensaio com efeito comparativo entre o óleo de soja e o fluido de corte a base de petróleo.

Para isso, foi utilizado um torno mecânico (figura), que realizou a operação de torneamento cilíndrico externo em corpos-de-prova de alumínio 6351 e de aço SAE 1045, com diâmetros brutos de 31,75mm (1 1/4") e 25,4mm (1") e comprimento de 150mm em ambos.

Figura 2 - Torno mecânico utilizado nos ensaios



Fonte: Elaborado pelo autor

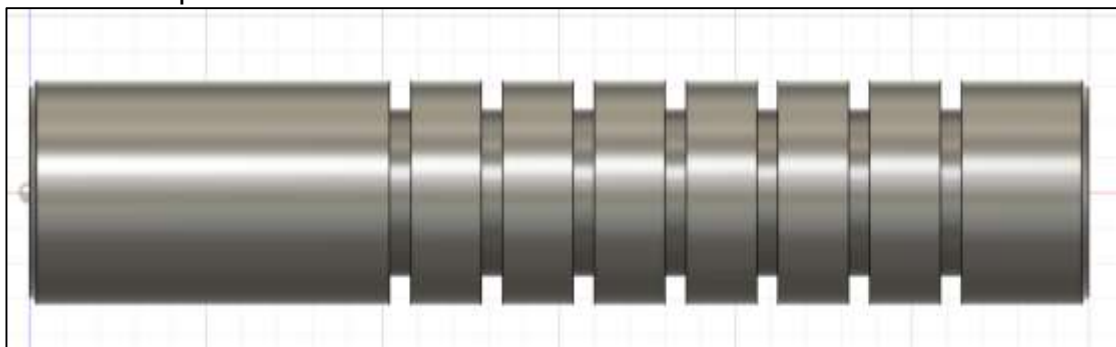
Para o ensaio foram torneados 8 corpos de prova (figura 3 e 4), sendo quatro deles de aço (dois de 1 1/4" e dois de 1") e quatro de alumínio (dois de 1 1/4" e dois de 1"), para cada corpo-de-prova foi utilizado uma nova aresta de corte da ferramenta e os materiais foram submetidos a lubrificação nas operações de desbaste externo e sangramento dos canais. As peças foram feitas utilizando os mesmos parâmetros de cortes, como rotação, profundidade e avanço, sendo eles: rotação de 630 rpm, profundidade de corte de 1,0mm e avanço de 1,5mm.

Figura 3 – Desenho do corpo de prova feito no software Fusion 360 2020, representando a vista ortogonal



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4 - Desenho do corpo de prova feito no software Fusion 360 2020, representando a vista frontal



Fonte: Elaborado pelo autor

Como ferramenta de corte no torneamento, para o alumínio foi utilizado o inserto TNUX 160404 LT10 da marca Lâmina e para o aço SAE 1045 o inserto TNMG 160404R-ST CA525 da marca Kyocera (tabela 2). Os insertos foram utilizados para realizar os processos de faceamento, desbaste do diâmetro externo e

chanfragem dos cantos da peça. Para o sangramento dos canais foi utilizado um bedame de 3mm de comprimento da marca Sumitomo modelo GCMR3002-CG-05 que abrange tanto o torneamento de aço quanto o de alumínio e uma rotação mais baixa de 250RPM.

Tabela 2 – Dados dos insertos utilizados (ambas iguais)

Aresta da pastilha (mm)	Espessura da pastilha (mm)	Diâmetro do furo de fixação (mm)	Forma	Ângulo de folga	Quebra cavaco	Diâmetro do círculo inscrito na ferramenta (mm)	Raio de ponta da ferramenta (mm)
16	4,76	3,81	Triangular	0	Ambos os lados	9,525	0,4

Fonte: catálogo Kyocera e Lâmina

Como fluido de corte, foi utilizado o óleo integral Southcort EPX, derivado de petróleo, e o óleo de soja alimentar puro, sendo ambos aplicados constantemente sobre a ferramenta no processo de desbaste e no de sangramento dos canais.

5 RESULTADOS

Após a usinagem, os corpos de prova foram levados ao laboratório de metrologia da Unisagrado para realizar as medições de rugosidade. Com o auxílio de um Bloco em V para apoiar os materiais para realizar as medições de rugosidade (figura 5).

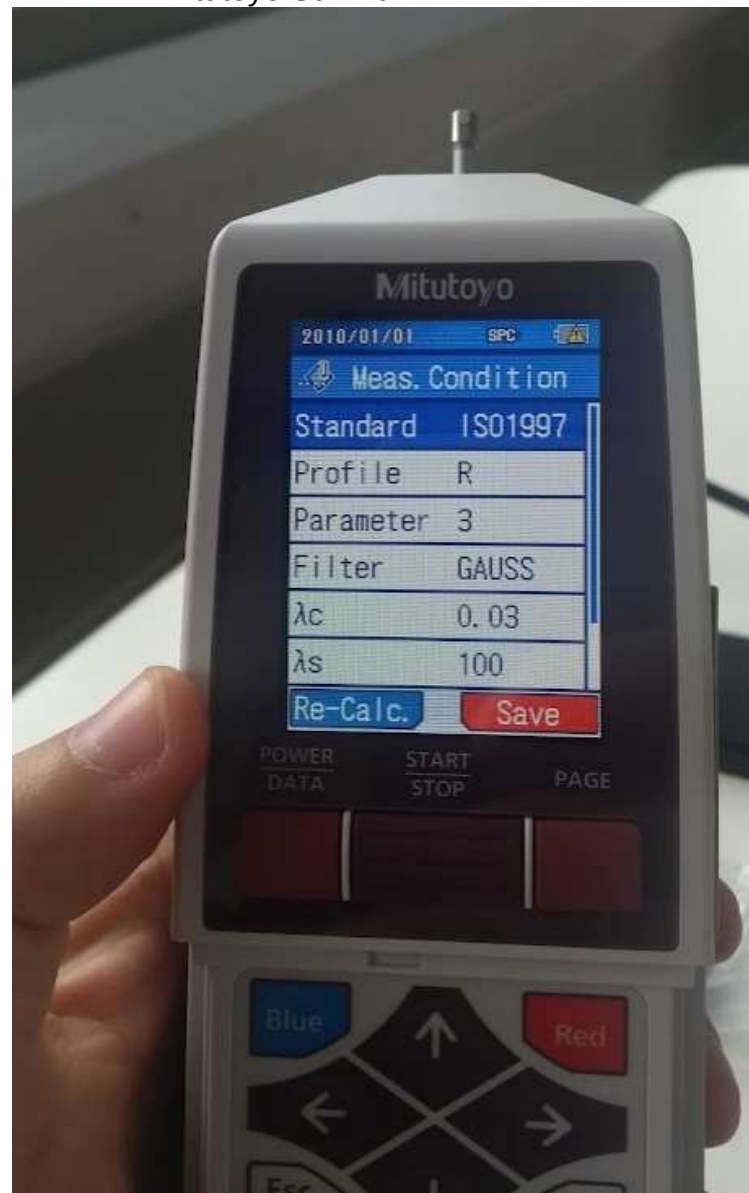
Figura 5 – Apoio do material com o auxílio de um bloco em V e grampos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Em seguida foi utilizado um rugosímetro Mitutoyo SJ-210 (figura 6), previamente calibrado, e foi realizada a medição de rugosidade com base na ISO 1997 e utilizando o filtro gaussiano, que realiza uma média ponderada do perfil, amenizando a amplitude do sinal dando mais suavidade aos contornos de superfície.

Figura 6 – Condições de medição do rugosímetro Mitutoyo SJ-210



Fonte: Elaborado pelo autor.

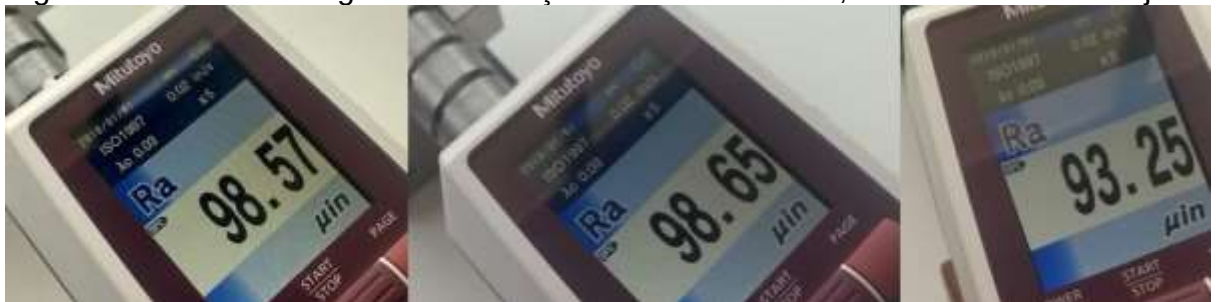
Após alinhar o apalpador do rugosímetro contra a peça, foram iniciadas as medições. Para cada corpo de prova foi realizado três medições, sendo cada uma delas de um ponto diferente do diâmetro externo (figuras 7 à 14), em seguida, utilizando do software Excel foi tirada a média aritmética das rugosidades. Os valores das medias foram convertidos de micro polegadas para micrometros (tabelas 3 à 6)

Figura 7 – valores de rugosidade do aço SAE 1045 de Ø25,4mm com fluido de corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - valores de rugosidade do aço SAE 1045 de Ø25,4mm com óleo de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 3 – Resultados e médias dos ensaios.

Tabela de comparações	Aço 1045 Ø25,4	
	Fluido de corte	Óleo de soja
Rugosidade Aritmética (Ra)	89	93,25
	92,53	98,65
	93,25	98,57
Média	91,59333333	96,82333333
Valor médio convertido	2,3264	2,4593

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9 - valores de rugosidade do alumínio 6351 de Ø25,4mm com fluido de corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10 - valores de rugosidade do alumínio 6351 de Ø25,4mm com óleo de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4 – Resultados e médias dos ensaios.

Tabela de comparações	Alumínio 6351 Ø25,4	
	Fluido de corte	Óleo de soja
Rugosidade Aritmética (Ra)	63,32	53,58
	56,35	53,11
	57,13	53,51
Média	58,93333333	53,4
Valor médio convertido	1,4969	1,3563

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11 - valores de rugosidade do aço SAE 1045 de Ø38,1mm com fluido de corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - valores de rugosidade do aço SAE 1045 de Ø38,1mm com óleo de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Resultados e médias dos ensaios.

Tabela de comparações	Aço SAE 1045 Ø38,1	
	Fluido de corte	Óleo de soja
Rugosidade Aritmética (Ra)	125,88	132,94
	116,9	141,95
	104,08	137,7
Média	115,62	137,53
Valor médio convertido	2,9367	3,4932

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - valores de rugosidade do alumínio 6351 de Ø38,1mm com fluido de corte.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - valores de rugosidade do alumínio 6351 de Ø38,41mm com óleo de soja.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6 – Resultados e médias dos ensaios.

Tabela de comparações	Alumínio 6351 Ø38,1	
	Fluido de corte	Óleo de soja
Rugosidade Aritmética (Ra)	57,82	55,21
	57,72	55,43
	57,2	54,27
Média	57,58	54,97
Valor médio convertido	1,4625	1,3962

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após obter e analisar os resultados observa-se que a diferença de rugosidade causada entre o fluido de corte e o óleo de soja é bem divergente, enquanto no aço tem-se valores inconsistentes e variados, no alumínio obtive-se resultados menores de rugosidade com o óleo de soja, que indica um acabamento menos grosseiro do que quando comparado com o aço.

Na parte prática, foi observada uma diferença apenas no sangramento com o bedame, no caso do alumínio com óleo de soja não houve o aparecimento de rebarbas e ao utilizar o óleo de soja, houve menos ruído causado pelo bedame, tanto no aço quanto no alumínio, quando o mesmo penetrava na peça, além de que contrário ao fluido de corte o óleo de soja não gerou fumaça na usinagem.

Em relação as ferramentas de corte equipadas no torno, tanto no alumínio quanto no aço não foram notadas grandes diferenças no desgaste causado pelo atrito.

7 CONCLUSÃO

Com todos esses resultados e características, pode-se observar que o óleo de soja demonstrou um resultado satisfatório principalmente no alumínio 6351, em operações realizadas com o bedame e no desbaste, o mesmo desempenhou bem em ambos os materiais. No quesito rugosidade o óleo de soja apresentou valores maiores nos aços, porém para peças que não necessitam de um acabamento bem trabalhado pode vir a ser uma opção. Com isso, pode-se concluir que óleo de soja provou ser uma possível substituição ao fluido de corte para operações em alumínio e uma alternativa para os aços dependendo de sua necessidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, Salete Martins. **Adequação ambiental do processo de retificação através de um novo conceito de fluido de corte**. 2005. Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2005.

BENNETT, E. O. **Water based cutting fluids and human health**. *Tribology Int.*, 1983, 45–60.

BYERS, Jerry P. **Metalworking Fluids**. 3°. ed. [S. l.]: CRC Press, 2017. 531 p.

DANDOLINI, Décio Luis. **Gerenciamento Ambiental de Fluidos de Corte em Indústrias Metal-Mecânicas**. 14 fev. 2001.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 751p

KOUSHIK, Vaibhav. **Vegetable Oil-Based Metal Working Fluids-A Review**. India, v. 1, 2012.

LISBOA, Fabio Cordeiro. Fluidos de Corte: Uma Abordagem Geral e Novas Tendências. **A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos**, [s. l.], 11 out. 2013.

MACHADO, A.R., DA SILVA, M.B., **Usinagem dos Metais**, apostila, 8° versão, EDUFU, Uberlândia, 2004, 257 p

ROSENMAN, K. D. Work-related asthma and respiratory symptoms among workers exposed to metal-working fluids. **Am j ind med**, [s. l.], outubro 1997.
SCHAUB, Eric. Dermatitis in Machinists: Causes and Solutions. **American Industrial Hygiene Association Journal**, [S. l.], v. 55, p. 665, 10 jul. 1994.

SEMPLE, Sean. The causative factors of dermatitis among workers exposed to metalworking fluids. **Health and Safety Executive**, Reino Unido, 2007.

TAYLOR, F. W. **On the Art of Cutting Metals**. 1°. ed. New York: ASME, 1906.

VALAKI, Janaki. Vegetable Oil Based Metal Cutting Fluids For Sustainable Machining Processes. **International Journal OF Emerging Technologies and Applications in Engineering, Technology and Sciences**, [s. l.], v. 7, 14 jan. 2014.