

Avaliação das propriedades do óleo de Chaulmoogra como lubrificante industrial

DOI: 10.5281/zenodo.13101094

Larissa Cavalcante Antunes ^{a*}

Due to environmental concerns, natural oils are increasingly used as an alternative to mineral oil-based products, such as lubricants. However, the use of edible oil for industrial application negatively affects its availability for edible purposes. In this way, the use of chaulmoogra oil, a non-edible oil that grows in wastelands, becomes a viable alternative for the lubricant industry. Throughout the text, the properties of chaulmoogra oil as a lubricant base stock will be evaluated.

Devido às preocupações ambientais, os óleos naturais são cada vez mais utilizados como alternativa aos produtos à base de óleos minerais, como os lubrificantes. Contudo, a utilização de óleo comestível para aplicação industrial afeta negativamente a sua disponibilidade para fins comestíveis. Desta forma, a utilização do óleo de chaulmoogra, um óleo não comestível que cresce em terrenos baldios, torna-se uma alternativa viável para a indústria de lubrificantes. Ao longo do texto serão avaliadas as propriedades do óleo de chaulmoogra como base lubrificante.

^aUniversidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).

*E-mail: Larissa.c.antunes@gmail.com

Palavras-chave: Lubrificante; óleo; chaulmoogra; meio ambiente.

Aceito em 11 de junho de 2024,
Aprovado em 16 de julho de 2024,
Publicado em 31 de julho de 2024.

Introdução

Um lubrificante é comumente utilizado para facilitar a movimentação entre peças, com o objetivo de diminuir o atrito e prevenir o desgaste, visto que consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies metálicas que se movimentam, evitando o contato direto entre estes metais. Desta forma um lubrificante industrial consegue aumentar a vida útil e a disponibilidade de equipamentos e máquinas, sendo uma ferramenta eficiente para redução de gastos e maior produtividade das indústrias.¹ Entretanto, a preocupação com a preservação do meio ambiente e o esgotamento de combustíveis fosseis, trazem a utilização de óleos vegetais dentro das industriais como um grande potencial.²

Os óleos vegetais são biodegradáveis, renováveis e não tóxicos ao meio ambiente, podendo reduzir consideravelmente a contaminação ambiental, ao substituir óleos minerais. Em geral, esses óleos possuem uma alta viscosidade, alta temperatura de combustão, baixa perda de evaporação e uma boa lubrificação.³ Entretanto, apesar dessas características, muitas vezes os óleos vegetais não possuem estabilidade oxidativa nem propriedades químicas que favoreçam sua utilização direta como lubrificante, necessitando de modificações químicas.²

Uma das preocupações diante do biolubrificante é a utilização de óleos vegetais comestíveis, visto que acarretam no aumento de seus preços e a diminuição da sua disponibilidade para consumo. Desta forma, a aplicação de óleos vegetais não comestíveis, como o óleo de chaulmoogra, se torna uma alternativa favorável para lubrificação industrial.⁴

As plantas chaulmoogra são angiospermas tropicais, não comestíveis, que podem crescer até a altura de um arbusto ou uma árvore mediana. O gênero mais conhecido é o Hydnocarpus, o qual corresponde à maior parte das espécies das chaulmoogras, sendo utilizado no tratamento da lepra. O local de maior abundância dessa planta é no sul da Índia, entretanto, ela também já foi cultivada no Brasil. A partir da semente da chaulmoogra se produz o óleo, o qual possui uma coloração amarelada e um aroma sutil.⁵

Atualmente, a maioria dos biolubrificantes comerciais são feitos de soja ou canola e com alto teor de oleico, ademais, tem-se na literatura diversos trabalhos acerca das propriedades lubrificantes de óleos vegetais comestível, como o óleo de coco e óleo de girassol. Desta forma, devido a abundância e características das sementes de chaulmoogra, serão averiguadas as propriedades físico-química, tribológicas, térmicas, a estabilidade, e viscosidade do óleo de chaulmoogra em comparação com outros óleos vegetais, afim de verificar sua qualificação como base de lubrificantes.⁶

Metodologia

Para o desenvolvimento deste QuiArtigo e seleção dos artigos de referência, utilizou-se plataformas de pesquisa bibliográficas, como o Google Scholar e bancos de dados de artigos, como o Science Direct e o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para uma pesquisa mais precisa foram utilizadas palavras-chave, sendo estas: “industrial”, “lubricants”, “non edible oil”. Também foram utilizadas normas na íntegra da ASTM.

Para a obtenção do óleo de chaulmoogra, o artigo de referência coletou as sementes da árvore, secou-as e extraiu o óleo por prensagem a frio. Este óleo foi transferido para um recipiente e deixado em repouso para decantar, depois filtrou-se o sobrenadante usando um pano de filtro. A análise de composição de ácido graxo do óleo de chaulmoogra foi obtido por meio da cromatografia gasosa–espectroscopia de massa (GC-MS). Para esta análise foi injetado 1,0 mL da amostra (óleo) em 250 °C. O espectro de infravermelho foi realizado a partir da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) na faixa de 4000 a 400 cm⁻¹. Os espectros de 13C-NMR foram registrados por solução de 400 MHz no espetrômetro de ressonância magnética nuclear (RMN), sendo utilizado o CDCL3 como solvente.

A viscosidade dinâmica em 40 e 100 °C foram obtidas através do viscosímetro Brookfield digital (DV2T). O índice de viscosidade foi calculado de acordo com a norma ASTM D2270.⁷ O índice de acidez, iodo e saponificação foram determinados de acordo com a IS 548-1964. O ponto de fulgor foi determinado pelo método de copo aberto de Cleveland de acordo com norma ASTM D92⁸. O ponto de fluidez foi determinado de forma manual de acordo com a norma ASTM D97⁹, onde o óleo é esquentado até 45 °C, por um banho mantido em 48°C, depois é resfriado, e a cada decréscimo de 3 °C o óleo é checado até uma temperatura que o óleo para de fluir. Por fim, o artigo de referência realiza os teste tribológicos a partir do teste de Four-ball de acordo com a ASTM D4172-97¹⁰, para verificar o desgaste em uma carga de 392 N em 60 minutos, obtendo o coeficiente de atrito do óleo.

Resultados e discussão

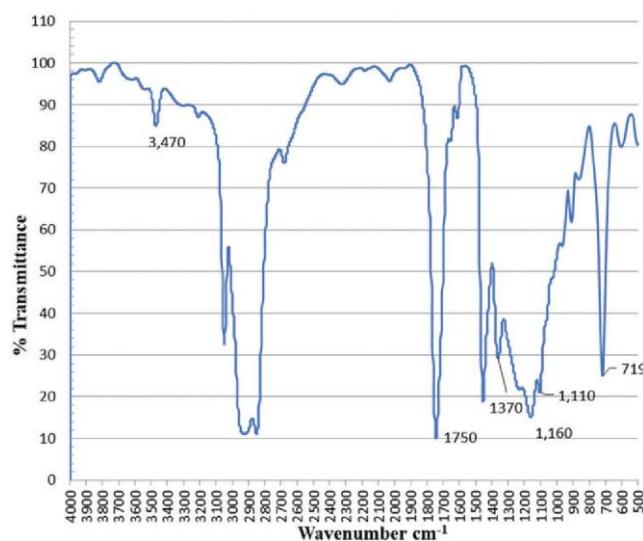
Os resultados da composição de ácidos graxo em cada óleo pode ser observado na Tabela 1. Pode-se notar que o óleo de chaulmoogra é o único que possui ácido hidronocárpico, chaulmoógrico e górico, além de possuir a

maior porcentagem de ácido palmítico e oléico. A presença de éster e ácidos graxos cílicos podem ser confirmadas a partir do espectro de infravermelho, Figura 1, onde o pico por volta de 3500 cm⁻¹, 1750 cm⁻¹ e 1100 cm⁻¹ indicam a presença de éster, e pelos RMN's de hidrogênio e carbono.

Tabela 1. Quantificação dos ácidos graxos nos óleos de chaulmoogra, coco e girassol.⁶

Ácidos Graxos	Óleo de Chaulmoogra (%)	Óleo de Coco (%)	Óleo de Girassol (%)
Ácido hidronocárpico	20,58	-	-
Ácido Chaulmoógrico	14,69	-	-
Ácido górico	5,95	-	-
Ácido caprílico	-	8	-
Ácido cáprico	-	7	-
Ácido láurico	-	48	-
Ácido Mirístico	0,56	16	-
Ácido palmítico	22,91	9	4
Ácido esteárico	2,71	2	5
Ácido palmitoleico	0,44	-	-
Ácido oleico	25,77	7	20
Ácido Linoleico	6,39	2	69

Figura 1. Espectro FTIR do óleo de chaulmoogra.⁶



Os valores das viscosidades dos óleos na temperatura de 40°C, 100°C e seus devidos índice de viscosidade (VI) pode ser observado na Tabela 2. De acordo com a viscosidade a 100°C (9,2 cSt) e a tabela de grau SAE J300 (ASTM D445)¹¹ o óleo de chaulmoogra pode ser classificado como grau SAE 20. O grau SAE (Society of Automotive Engineers) é uma classificação utilizada para óleos lubrificantes automotivos ou lubrificantes de transmissão e engrenagens. Como existe outro tipo de classificação, a ISO (International Standards Organization), seria interessante fazer a comparação com ela, visto que é mais direcionada para óleos lubrificantes industriais.¹²

Tabela 2. Viscosidade a 40°C, 100°C e VI dos óleos de chaulmoogra, coco, girassol e o de referência SAE 20W40.⁶

Óleo	Viscosidade a 40°C (cSt)	Viscosidade a 40°C (cSt)	VI
Chaulmoogra	50,5	9,2	166
Coco	24,8	5,5	169
Girassol	27,8	6,1	176
SAE 20W40	105	13,9	132

As propriedades químicas dos óleos podem ser observadas na Tabela 3. O índice de iodo demonstra o grau de insaturação, desta forma o óleo de chaulmoogra tem menos

insaturações que o óleo de girassol. O índice de saponificação indica o comprimento médio da cadeia de ácidos graxos, quanto menor o valor maior o comprimento da cadeia, quanto maior o valor da saponificação menor o comprimento da cadeia. Já o índice de acidez está relacionado aos ácidos graxos livre no óleo, a presença desses ácidos aumenta o desgaste, mas diminui o coeficiente de atrito.

A relação do índice de acidez com o desgaste e atrito pode ser comparada a partir da Tabela 4, a qual mostra os resultados do teste de four-ball, relatando o coeficiente de atrito e o diâmetro de desgaste ocasionado pelo óleo. Ao comparar esses dois parâmetros, nota-se que apesar do óleo de chaulmoogra possuir o maior índice de acidez ele possui o segundo maior desgaste, sendo menor apenas que o óleo de girassol, entretanto possui o menor índice de atrito dentre todos os óleos. Com o intuito de diminuir o desgaste do óleo de chaulmoogra foi adicionado 1,5% de um aditivo antidesgaste chamado ZDDP, o qual conseguiu diminuir a ranhura de desgaste em 226 µm de diâmetro.

Tabela 3. Propriedades químicas dos óleos de chaulmoogra, coco e girassol.⁶

Propriedade	Óleo de Chaulmoogra	Óleo de Coco	Óleo de Girassol
Índice de Iodo	76	7	127
Índice de acidez	4,5	0,1	3,5
Índice de saponificação	197	250	184

Tabela 4. Coeficiente de atrito e diâmetro do desgaste dos óleos.⁶

Óleo	Coeficiente de atrito	Diâmetro do desgaste (μm)
Chaulmoogra	0,0588	611
Chaulmoogra + 1,5% ZDDP	0,0269	385
Coco	0,0864	598
Girassol	0,0611	614
SAE 20W40	0,117	549

Um dos parâmetros mais significativos para avaliar a capacidade de um óleo se tonar a base de um lubrificante é o ponto de fulgor. Este ponto é a menor temperatura na qual o óleo libera um vapor que se inflama ao entrar em contato com uma fonte externa de calor. Os valores do ponto de fulgor e combustão dos óleos são dados na Tabela 5. Pode-se notar que o óleo de chaulmoogra tem um ponto de fulgor maior que o óleo SAE 20W40, mas menor que os outros óleos vegetais.

Tabela 5. Ponto de fulgor e combustão dos óleos.⁶

Óleo	Ponto de fulgor (°C)	Ponto de Combustão (°C)
Chaulmoogra	244	267
Coco	325	331
Girassol	330	336
SAE 20W40	200	205

O ponto de fluidez é a maior temperatura em que o óleo para de fluir, sendo um fator importante para a utilização do óleo em climas mais frios. Esta análise foi realizada de acordo com a norma ASTM D97⁹ e os resultados podem ser observados na Tabela 6. Pode-se notar que o óleo com o melhor ponto de fluidez foi o de girassol e o pior o de coco. O óleo de chaulmoogra não possui um ponto de fluidez muito bom, entretanto, pode ser melhorado com a adição de um aditivo redutor do ponto de fluidez, o PPD.

Tabela 6. Ponto de fluidez dos óleos pelo método ASTM D97.^{6,9}

Óleo	Ponto de fluidez (°C)
Chaulmoogra	11
Coco	21
Girassol	-18
SAE 20W40	-11

Conclusões

Tendo em vista os resultados apresentados, pode-se concluir que o óleo de chaulmoogra é classificado como grau SAE 20 devido sua viscosidade cinemática de 9,2 cSt a 100°C, além de possuir um índice de viscosidade (166) melhor que o óleo de referência comparativa 20W40 (132). Sua composição é composta de 41% de ácidos graxos cílicos, o que proporciona melhor propriedade de atrito, e de ésteres, os quais podem ser confirmados pelas análises instrumentais. Comparando com os parâmetros mais significativos, o óleo de chaulmoogra possui um ponto de fulgor maior que o próprio óleo 20W40, porém seu ponto de fluidez não é tão favorável necessitando de um aditivo para uma melhor temperatura.

Em síntese, observa-se que o artigo de referência proporciona uma alternativa viável para a produção de um lubrificante industrial a partir do óleo de chaulmoogra e aditivos apropriados. Desta forma, a possibilidade do seu uso como lubrificante substituto do óleo mineral, favorece a diminuição do impacto ambiental e do custo produtivo, visto que é uma planta não comestível em abundância.

Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de algumas observações são de Larissa Cavalcante Antunes.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Ao grupo PET-Química/IQ/UnB/MEC, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial

pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

Notas e referências

- 1 P.N Belmiro and R. Carretero, *Lubrificantes e lubrificação Industrial*, Editora Interciencia, Rio de Janeiro, 1a edição, 2006.
- 2 S. Boyde, Green lubricants. Environmental benefits and impacts of lubrication, *Green Chem* 2002, **4**, 293–307.
- 3 J. Chrobak, J. Hłowska and J. Drabik, The use of modified vegetable oil from Crambe abyssinica as a lubricant base for the food industry, *Environmental Protection and Natural Resources*, **31**, 8-13.
- 4 P. Prasannakumar, S. Edla, [...] and R. Santhakumari, A comparative study on the lubricant properties of chemically modified Calophyllum inophyllum oils for bio-lubricant applications, *Journal of Cleaner Production*, 2022, **339**, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130733>.
- 5 F. S.D. Santos, L. P. A Souza and A. C. Siani, O óleo de chaulmoogra como conhecimento científico: a construção de uma terapêutica antileprótica, *História, Ciências, Saúde, Ciência, Saúde*, 2008, Rio de Janeiro, **15**, 29-47.
- 6 S. Salaji and NH. Jayadas, Evaluation of physicochemical and tribological properties of chaulmoogra (*Hydnocarpus wightianus*) oil as green lubricant base stock, *Journal of Engineering Tribology*, 2019, **1**, 1–10.
- 7 ASTM D2270-10, 2016, Standard Practice for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 °C and 100 °C, ASTM Internacional.
- 8 ASTM D92-18, 2018, Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester, ASTM International.
- 9 ASTM D97-17b, 2022, Standard Test Method for Pour Point of Petroleum Products, ASTM International.
- 10 ASTM D4172-97, 2022, Standard Test Method for Wear Preventive Characteristics of Lubricating Fluid (Four-Ball Method), ASTM International.
- 11 ASTM D445-24, 2024, Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), ASTM International.
- 12 Ampliar Distribuidora de Lubrificantes Industriais, Qual a diferença de SAE e ISO, https://www.youtube.com/watch?v=X4K_78MBGbM, (accessed June 5, 2024).