

# REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

## Propriedades Físicas de Óleos Lubrificantes Minerais e Vegetais e Avaliação de Desgastes por Four Ball<sup>1</sup>

Paulo Roberto Campos Flexa Ribeiro Filho<sup>2</sup>, Deovaldo de Moraes Junior<sup>3</sup>, Marlene Silva de Moraes<sup>3</sup>, Aldo Ramos Santos<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Aceito para Publicação no 1º Trimestre de 2016.

<sup>2</sup> Pós- Graduação em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, pauloroberto56@hotmail.com,

<sup>3</sup> Professor da Pós- Graduação em Engenharia Mecânica na Universidade Santa Cecília, deovaldo@unisanta.br, marlene@unisanta.br, rsantos@unisanta.br.

**RESUMO:** O aumento da demanda por petróleo, associado às preocupações ambientais, impulsionam o desenvolvimento de estudos de óleos vegetais para aplicações em lubrificação. Nesse sentido, objetivou-se determinar as propriedades físicas dos óleos vegetais de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), a fim de estabelecer comparação dessas propriedades com as de óleos minerais, bem como definir o ponto de solda desses óleos quando submetidos à condição de extrema pressão. As propriedades físicas dos óleos foram determinados utilizando as normas ABNT e ASTM. Se observou que o índice de viscosidade dos óleos vegetais, em relação aos óleos minerais são superiores em aproximadamente 48% e 63%, demonstrando maior estabilidade as mudanças de temperatura. O ensaio de “four ball”, teste de desgaste, demonstrou que os óleos minerais e vegetais quando submetidos a carga de 160 kg apresentaram soldagem por atrito das esferas, atestando a mesma capacidade de lubrificação em condição de extrema

pressão. Os óleos vegetais apresentaram desempenho satisfatório nas atividades avaliadas. Sugere-se que a incorporação de aditivos a esses óleos de base vegetal, potencialize sua aplicação em lubrificação.

**Palavras-chave:** Desgaste, Lubrificação, Bio-óleos.

## **PHYSICAL PROPERTIES OF MINERAL AND VEGETABLES LUBRICANT OILS AND ASSESSMENT BY FOUR-BALL WEAR'S TEST**

**ABSTRACT:** The increasing demand for petroleum, associated with environmental concerns, drive the development of vegetable oils studies for applications on lubrication. In this sense, the objective was to determine the physical properties of vegetable babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) and andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) in order to establish comparison of these properties with mineral oils, as well as, set these oils welding point when exposed to extreme pressure conditions. The physical properties of oils were measured using the ABNT and ASTM standards. It was noted that the vegetable oils compared to mineral oils, regard the viscosity index, are superior in approximately 48% and 63%, showing higher stability to temperature changes. The "four ball" wear test has showed that mineral and vegetable oils, when subjected to load of 160 kg, result in balls welding, attesting the same lubricity in extreme pressure conditions. Vegetable oils has showed satisfactory performance in the evaluated activities. It is suggested that the incorporation of additives to these vegetable oils, increase its application in lubrication.

**Keywords:** Wear, Lubrification, Bio-oils.

## **INTRODUÇÃO**

A lubrificação é a atividade de minimizar o contato de superfícies que apresentam movimento relativo entre si, através da utilização de uma película que pode ser líquida, sólida ou gasosa. A ciência que estuda as relações de atrito de corpos em movimento denomina-se tribologia (Carreteiro and Belmiro, 2006).

Os lubrificantes minerais originam-se do processo de refino do petróleo. A fração destinada à sua produção deriva do processo de separação por destilação, que é baseado em sucessivos processos de vaporização e condensação, a fim de separar as parcelas de diferentes volatilidades (Hanary and Richter, 2011).

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2012, dos 117.327.805 m<sup>3</sup> da produção de derivados do petróleo, 607.949 m<sup>3</sup> deram origem a lubrificantes, representando cerca de 0,518% da produção de derivados no Brasil. Embora o mercado de lubrificantes seja dependente desta parcela de óleo derivado do petróleo, existe a preocupação global por se tratarem de substâncias derivadas de fontes não renováveis. Além de apresentarem outros aspectos desfavoráveis como a geração de resíduos, sendo categorizados como produtos perigosos e com potencial tóxico.

Neste contexto, abre-se a necessidade de estudos envolvendo óleos biodegradáveis e renováveis para aplicações tribológicas. Os óleos vegetais transformam-se em grande alternativa (Maleque et al, 2006). Segundo Matos (2011), em relação ao ambiente, os óleos vegetais são recursos renováveis, biodegradáveis e menos tóxicos que os de origem mineral. Em relação ao fator econômico, a plantação das oleaginosas deve respeitar aspectos climáticos e culturais de cada região do Brasil, para que se tenha um preço competitivo em relação aos óleos minerais. Embora tenham vantagens ambientais e econômicas em relação aos óleos minerais, ainda pouco se sabe sobre as aplicações dos óleos vegetais como lubrificantes. Na maioria dos casos, os óleos podem servir como lubrificantes desde que apresentem características físico-

químicas bem definidas.

Sendo assim, objetivou-se neste estudo, definir as propriedades físicas dos óleos vegetais de *Carapa guianensis* Aubl.(Andiroba) e de *Orbignya phalerata* Mart.(Babaçu), a fim de comparar com óleos lubrificantes minerais e quantificar o comportamento dos óleos vegetais e minerais quando submetidos à condição de extrema pressão.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados os óleos vegetais de *Carapa guianensis* Aubl.(Andiroba) e de *Orbignya phalerata* Mart.(Babaçu), oriundos da semente e fruto respectivamente. Esses óleos são extraídos e facilmente encontrados e comercializados no estado do Maranhão. O óleo vegetal bruto de coco babaçu foi cedido pela empresa especializada em Óleos Vegetais OLEMA - Oleaginosas Maranhense S/A. O óleo de andiroba foi obtido no comércio de produtos naturais do centro histórico da cidade de São Luís – MA.

A partir do levantamento bibliográfico, identificaram-se as viscosidades dos óleos coco babaçu e andiroba, e os valores encontrados foram utilizados para selecionar os óleos minerais de viscosidade semelhantes. Os óleos minerais selecionados para o estudo foram: LUBRAX HIDRA XP 32 utilizado para comparar ao óleo de coco babaçu e o LUBRAX TURBINA PLUS 46 comparado ao óleo de andiroba.

Os óleos vegetais de coco babaçu bruto e andiroba foram caracterizados nas propriedades de: viscosidade cinemática a 40°C e 100°C (mm<sup>2</sup>/s); índice de viscosidade; densidade a 20/4°C; ponto de fulgor °C “Cleveland”; ponto de combustão °C “Cleveland”; ponto de fluidez °C e Four Ball Test, utilizando respectivamente os métodos descritos na ABNT NBR-10441 (Figura 1); ABNT NBR-14358; ABNT NBR-14065; ABNT NBR-11341 (Figura 2); ABNT NBR-11349; ASTM D 2783.

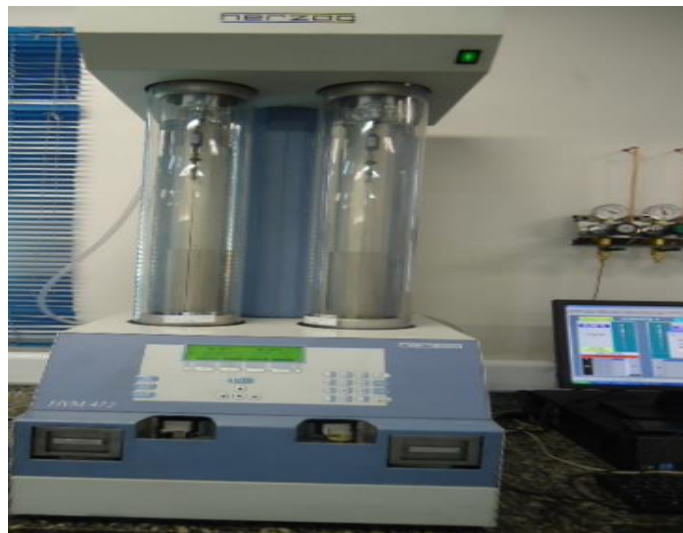


FIGURA 1 – Ensaio de viscosidade dos óleos vegetais (ABNT NBR-10441);



FIGURA 2 – Ensaio do ponto de fulgor e combustão do óleo de coco babaçu bruto (ABNT NBR-11341).

Os resultados alcançados foram comparados com as propriedades físicas dos óleos minerais estudados. A caracterização dos óleos minerais foi fornecida pela Petrobrás, através de boletins técnicos disponíveis em seu arquivo técnico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

Os resultados obtidos nos ensaios com óleos vegetais e minerais estão apresentados na Tabela 1:

TABELA 1 – Propriedades físicas dos óleos vegetais e minerais

ENSAIO	Óleo de coco babaçu	Óleo de andiroba	LUBRAX HYDRA XP 32	LUBRAX TURBINA PLUS 46
Viscosidade cinemática a 40°C	29,52 mm <sup>2</sup> /s	40,15 mm <sup>2</sup> /s	30,2 mm <sup>2</sup> /s	46,3 mm <sup>2</sup> /s
Viscosidade cinemática a 100°C	6,22 mm <sup>2</sup> /s	7,98 mm <sup>2</sup> /s	5,38 mm <sup>2</sup> /s	7,0 mm <sup>2</sup> /s
Índice de viscosidade	167	176	113	108
Massa específica (20/4°C)	0,8370 g/cm <sup>3</sup>	0,9215 g/cm <sup>3</sup>	0,863 g/cm <sup>3</sup>	0,870 g/cm <sup>3</sup>
Ponto de fulgor	250 °C	226°C	232 °C	240 °C
Ponto de combustão	296 °C	248°C	> 258 °C	> 260 °C
Ponto de fluidez	21 °C	-12°C	- 21 °C	-18 °C

Os valores de viscosidade cinemática a 40°C e 100°C dos óleos de coco babaçu e andiroba apresentaram valores próximos aos óleos minerais de grau ISO 32 e 46 respectivamente. A viscosidade dos óleos vegetais a 40°C, apresentaram valores menores em relação aos óleos de origem mineral LUBRAX HYDRA XP 32 e LUBRAX TURBINA PLUS 46, porém a 100°C os óleos vegetais apresentaram valores maiores, indicando possuírem maior resistência às forças de cisalhamento a temperaturas elevadas.

Os valores dos índices de viscosidade dos óleos vegetais apresentaram resultados superiores aos óleos minerais. Segundo Syahrullail et al. (2014), os altos índices de viscosidade são característicos dos óleos vegetais. Fox and Stachowiak (2007), encontrou valores altos de índice de viscosidade para os óleos de Palma (190), Soja (218), Girassol (242), evidenciando que os óleos vegetais apresentam estabilidade com a mudança de temperatura.

O óleo de coco babaçu apresentou densidade menor em relação à densidade do LUBRAX HYDRA XP 32, enquanto que o óleo de andiroba apresentou densidade superior ao LUBRAX TURBINA PLUS 46. A densidade é uma propriedade que não reflete significado em relação à qualidade do óleo, sendo

utilizada apenas com o objetivo de controle da massa e volume do lubrificante.

O óleo de coco babaçu apresentou ponto de fulgor da ordem de 250 °C, valor superior ao óleo LUBRAX HYDRA XP 32 em 8%. Em relação ao e ponto de combustão(296 °C) também obteve-se valor maior de 10,4 % que o referido óleo mineral. Esta característica qualifica o óleo vegetal a trabalhar a temperaturas superiores ao óleo mineral.Enquanto que o óleo de andiroba (226°C e 248°C, respectivamente) apresentou resultados inferiores em 6,2% e 4,8% ao óleo LUBRAX TURBINA PLUS 46.

(Demirbas, 2008), a partir de conversão dos óleos vegetais em ésteres de metílicos, obteve valores de pontos de fulgor de vinte e dois óleos vegetais variando de 225° C à 283°C, evidenciando que as altas temperaturas de fulgor são vantagens de desempenho dos óleos vegetais.

O ponto de fluidez dos óleos vegetais apresentaram resultados inferiores aos do óleo minerais. O óleo de coco babaçu apresentou um ponto de fluidez bem acima do óleo compatível na escala ISO (LUBRAX HYDRA XP 32), o que inviabilizaria sua aplicação em substituição ao óleo comercial.

O óleo LUBRAX HYDRA XP 32 apresenta, em sua composição, aditivo abaixador de ponto de fluidez, o que pode justificar a diferença de 42°C em relação ao óleo de coco babaçu. Em contrapartida a aditivação do óleo vegetal pode viabilizar sua utilização.

O óleo de andiroba apresentou -12°C como ponto de fluidez, resultado bem próximo ao óleo compatível na escala ISO (-18°C) LUBRAX TURBINA PLUS 46 que contém na sua composição aditivo abaixador de ponto de fluidez. Para esta propriedade, o óleo de andiroba estaria apto para substituição do óleo mineral comercial.(Quinchia et al, 2014) a partir da aditivação de óleos vegetais alcançou resultados consideravelmente baixos de ponto de fluidez para os óleos de Soja (-18°C), Girassol (-18), Mamona (-21) e Colza (-21) estabelecendo que a propriedade pode ser otimizada a fim de habilitar os óleos vegetais a trabalho em condições de baixas temperaturas.

Os resultados obtidos para o ensaio de extrema pressão dos óleos vegetais e minerais foram apresentados na tabela 2:

Tabela 2 – Resultados do ensaio de Four Ball EP (solda) ASTM D 2783

Ensaio	Óleo de coco babaçu	Óleo de andiroba	LUBRAX HYDRA XP 32	LUBRAX TURBINA PLUS 46
Four ball EP (solda)	160 kg	160 kg	160 kg	160 kg

A carga necessária para a soldagem das esferas por atrito utilizando a lubrificação de óleos vegetais e minerais apresentaram valores iguais (160 kg). Sendo assim, podemos perceber que os óleos vegetais quando submetidos a condições extrema pressão (altas cargas e escorregamento), onde há aumento da temperatura da região de contato, diminuindo a viscosidade do óleo, demonstraram capacidade compatível com a dos óleos minerais. Os óleos de Jatobá, Sojá e Palma ensaiados por (SYAHRULLAIL et al, 2014) apresentaram cargas de solda abaixo de 160 kg demonstrando que os óleos de babaçu e andiroba apresentam maior capacidade de trabalhar em condições de extrema pressão.

## CONCLUSÃO

A partir da avaliação das propriedades físicas dos óleos ensaiados, pode-se concluir que os de origem vegetal apresentaram resultados de viscosidade cinemática a 100°C superiores aos de origem mineral e, desta forma, pode-se afirmar que os óleos de coco babaçu e andiroba têm maior resistência às forças de cisalhamento a temperaturas mais elevadas. O índice de viscosidade dos óleos vegetais também apresentaram resultados melhores do que os de origem mineral, demonstrando manterem sua viscosidade mais estável à mudança de temperatura.

O óleo de coco babaçu ainda apresentou ponto de fulgor e combustão superior aos óleos de origem mineral, comprovando que pode ser utilizado em temperaturas mais elevadas. Em contra partida, o óleo de coco babaçu apresentou ponto de fluidez a 21°C, demonstrando ineficiência na aplicação de lubrificação a baixas temperaturas, característica que não pode ser observada no óleo de andiroba que mostrou ponto de fluidez de - 12°C, temperatura próxima à do óleo mineral LUBRAX TURBINA PLUS 46.

A partir da carga de solda mensurada de 160 kg para os óleos vegetais e minerais, foi possível perceber que o comportamento dos óleos, quando submetidos a condições de extrema pressão (deslizamento e altas cargas), apresentam



capacidades de lubrificação similares.

Por fim, é possível concluir que os óleos vegetais podem ser utilizados como base de lubrificantes, embora seja necessário à realização de experimentos para a identificação de possíveis deficiências nas suas propriedades físicas. Os resultados demonstram que a possibilidade do uso do óleo de coco babaçu em substituição ao LUBRAX HYDRA XP 32 é promissora. O que tornaria o óleo vegetal, apto para aplicação em sistemas hidráulicos de alta pressão, como elevadores, equipamentos de mineração, prensas e máquinas operatrizes. Já o óleo de andiroba, apresenta propriedades físicas necessárias para substituição ao LUBRAX TURBINA PLUS 46, embora seja necessário melhorar sua capacidade de redução de desgaste. O estudo de aditivos de origem vegetal também ganha importância neste contexto. Desta forma, pode-se dizer que a aditivação anti desgaste habilitaria o óleo de Andiroba para lubrificação em turbinas a vapor, a gás e hidráulicas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR-10441, Produtos de petróleo — Líquidos transparentes e opacos — Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica, 2014.
- ABNT NBR-11341, Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland, 2014.
- ABNT NBR-11349, Produto de petróleo - Determinação do ponto de fluidez, 2014.
- ABNT NBR-14065, Destilados de petróleo e óleos viscosos — Determinação da massa específica e da densidade relativa pelo densímetro digital, 2013.
- ABNT NBR-14358, Produtos de petróleo — Cálculo do índice de viscosidade a partir da viscosidade cinemática, 2012.
- ANP. Produção de derivados de petróleo por refinaria e produto – 2000-2013 (m<sup>3</sup>). Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=64555&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1402358391115>. Acesso em 01 fev. 2014.
- ASTM D 2783, Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method), 2014.
- CARRETEIRO, R. P; BELMIRO, P. N. A. Lubrificantes e Lubrificação Industrial. Editora Interciência LTDA, 2006.
- CONAMA, Resolução n° 362, de 23 de junho de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 2005.
- DEMIRBAS, A. Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. Science Direct. 2008.
- FOX, N.J, STACHOWIAK, G.W. Vegetable oil-based lubricants—A review of oxidation. Tribology International 40 (2007) 1035–1046.
- HONARY, L. A. T; RICHTER, E. Biobased Lubricants and Greases Technology and Products. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 2011.

MALEQUE, M.A., MASJUKI, H.H. SAPUAN, Vegetable-based biodegradable lubricating oil additives, *Industrial Lubrication and Tribology* (2006), Vol. 55 Iss: 3, pp.137 – 143.

MATOS, P. R. R. Utilização de óleos vegetais como bases lubrificantes. Brasília: UNB, 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

QUINCHIA, L.A., DELGADO, M. A., REDDYHOFF, T., GALLEGOS, C., SPIKES, H. A. Tribological studies of potencial vegetable oil-based lubricants containing environmentally friendly viscosity modifiers. *tribology internacional* 69 (2013) 110-117.

SYAHRULLAIL S., KAMITANI, S., SHAKIRIN, A. Performance of Vegetable Oil as Lubricant in Extreme Pressure Condition. *Procedia Engineering* 68 (2014) 172 – 177.