

DESENVOLVIMENTO DE LUBRIFICANTES BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DO ÓLEO DE PALMA PARA USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Dannilo Costa Santos¹, Fabrine Martins Vieira², José Carlos Oliveira Santos³

¹ Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Pombal - PB, Brasil.

² Licenciatura em Química, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Cuité - PB, Brasil.

³ Professor Titular da Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Cuité - PB, Brasil.

Email para correspondência: jose.oliveira@professor.ufcg.edu.br

Resumo

A sustentabilidade na construção civil garante que antes, durante e após as construções, sejam realizadas ações que reduzam os impactos ambientais, potencializem a viabilidade econômica e proporcionem boa qualidade de vida para as gerações atuais e futuras. Um biolubrificante é um lubrificante biodegradável que tem a capacidade comprovada de ser decomposto em um intervalo de tempo pequeno por meio de processos biológicos naturais em terra, água ou dióxido de carbono. Biolubrificantes à base de óleos vegetais apresentam propriedades físico-químicas importantes, oferecendo vantagens técnicas em relação aos lubrificantes à base de petróleo. Este projeto consistiu na síntese e caracterização de biolubrificantes a partir de óleo de palma (*Elaeis guineenses*) através da transesterificação usando o álcool metílico seguido da epoxidação ácida dos ésteres formados usando o ácido peracético. Todos os produtos envolvidos no processo foram caracterizados por análises físico-químicas, além do estudo da viabilidade de aplicação na construção civil por meio dos ensaios em situações específicas. O lubrificante biodegradável obtido apresentou boa lubrificidade e propriedades que se adequam as aplicações estudadas, ou seja, a metodologia apresentada neste trabalho possibilitou a obtenção de potenciais lubrificantes biodegradáveis com aplicações na área da construção civil.

Palavras-chave: biolubrificante, engenharia civil, meio ambiente.

Abstract

Sustainability in civil construction ensures that, before, during, and after construction, actions are taken to reduce environmental impacts, enhance economic viability, and provide a good quality of life for current and future generations. A biolubricant is a biodegradable lubricant that has been proven to decompose within a short period of time through natural biological processes in soil, water, or carbon dioxide. Vegetable oil-based biolubricants have important physical and chemical properties, offering technical advantages over petroleum-based lubricants. This project consisted of the synthesis and characterization of biolubricants from palm oil (*Elaeis guineenses*) through transesterification using methyl alcohol followed by acidic epoxidation of the esters formed using peracetic acid. All products involved in the process were characterized by physicochemical analyses, in addition to studying the feasibility of application in civil construction through tests in specific situations. The biodegradable lubricant obtained presented good lubricity and properties that are suitable for the applications studied, that is, the methodology presented in this work made it possible to obtain potential biodegradable lubricants with applications in the civil construction.

Keywords: biolubricant, civil engineering, environment.

1 Introdução

O estudo de alternativas para a redução do impacto ambiental causado pela inadequada gestão de resíduos industriais tem sido de fundamental importância no contexto das construções sustentáveis. Diversas possibilidades de reciclagem e de aplicação destes resíduos em outros materiais têm sido estudadas, visando à reutilização destes resíduos como forma de contribuir com o meio ambiente e, conseqüentemente, reduzir o impacto ambiental (Costa *et al.*, 2022; Sousa *et al.*, 2021). Em grande destaque no mundo de hoje, materiais ecológicos, naturais, reciclados ou biodegradáveis estão atraindo o interesse de pesquisadores que trabalham no campo de materiais que estão muito preocupados com questões de sustentabilidade e proteção ambiental. Isso se aplica, especificamente, a uma nova vertente para a utilização de óleos vegetais epoxidados, como insumo na indústria da construção civil (Mihoc; Mitu; Rosca, 2022).

A rápida diminuição das reservas de combustíveis fósseis, a extração, o transporte e os processos industriais de transformação do petróleo são responsáveis por diversos danos ambientais como derramamentos, geração de resíduos e efluentes tóxicos de difícil degradabilidade, pela contaminação dos lençóis freáticos por gasolina e seus aditivos, pelo acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera, intensificando o efeito estufa. Essas preocupações levaram a um crescente interesse em óleos vegetais para utilização como lubrificantes, pois são considerados potenciais substitutos para os óleos minerais convencionais, baseados em petróleo (Macedo *et al.*, 2021).

Apesar de ser favorável do ponto de vista energético, a utilização direta dos óleos vegetais em máquinas pode ser muito problemática. Estudos mostram que a combustão direta desses óleos conduz à carbonização de peças. Estudos mostram que uma das alternativas para melhorar essas características é a modificação proporcionada por reações químicas, como a transesterificação e a epoxidação. Esta última apresenta alta reatividade devido ao anel oxirano (Rodrigues; Weber, 2020). Segundo Macedo *et al.* (2021), as reações de transesterificação levam a formação de ésteres (biodiesel) e as reações de epoxidação levam a formação de epóxidos (biolubrificantes).

Uma das aplicações de lubrificantes na construção civil é como óleos descofrantes, que são óleos solúveis para facilitar a descofragem (desmoldagem) e proteger as cofragens metálicas e de madeira. Podem ser utilizados diluídos e são excelentes auxiliares na conservação de betoneiras, ferramentas e moldes de uso recorrente na construção civil (Oliveira *et al.*, 2023; Abbas *et al.*, 2022). Na indústria da construção utilizam-se frequentemente óleos de base mineral como descofrantes das peças de concreto. Estes óleos, além de serem poluentes, liberam gases tóxicos e podem provocar doenças de pele aos operários. Em alternativa, tem-se pesquisas visando a preparação de óleos descofrantes de base vegetal, que são biodegradáveis e não apresentam problemas de toxicidade (Choté *et al.*, 2020).

O Brasil possui características geográficas favoráveis ao cultivo de matérias-primas necessárias para suprir a necessidade de produção de lubrificantes a partir de óleos vegetais. O país conta com recursos hídricos abundantes e uma excelente regularidade de chuvas, dessa forma, torna-se o celeiro com grande potencial para produção de fontes de

material renovável (Martins; Santos; Conceição, 2020). Dentre tantas matérias-primas alternativas para a síntese de biolubrificantes, o óleo de palma, por sua vasta produção em solo brasileiro, pode se destacar. O óleo da palma serve para a fabricação de produtos de higiene e limpeza, cosméticos, fármacos, lubrificantes, sem contar seu emprego em biocombustíveis e bioenergia. O óleo de palma ou azeite de dendê como é conhecido no Brasil, consiste em um óleo vegetal, extraído do mesocarpo do fruto da palmeira *Elaeis guineensis*. Estima-se que num curto período, a produção do óleo de palma deverá superar a produção individual de todos os demais óleos e gorduras, atingindo uma média anual de 30 milhões de toneladas frente as 29,1 milhões de toneladas do óleo de soja, 15,5 milhões de toneladas do óleo de canola e 12,1 milhões de toneladas do óleo de girassol (Lopes; Sampaio, 2020). Sua produtividade média de cinco toneladas por hectare supera as demais oleaginosas cultivadas (Borges *et al.*, 2016). Considerando-se este cenário, investimentos na intensificação da utilização de bases vegetais para produção dos óleos lubrificantes podem trazer muitos benefícios ao país, estimulando o agronegócio e a agricultura familiar. Isto é especialmente importante em relação ao desenvolvimento de tecnologias próprias e agregação de valor aos produtos típicos nacionais.

Este trabalho apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de sintetizar um lubrificante biodegradável renovável a partir de óleo de palma, menos agressivo ao meio ambiente, que possa ser utilizado na construção civil.

2 Material e Métodos

2.1 Materiais

O óleo de palma refinado, produzido por uma indústria brasileira, foi adquirido no comércio local. O óleo refinado não necessitou de tratamento prévio antes das reações a que foi submetido. Os reagentes para análises físico-químicas foram preparados seguindo as normas analíticas específicas a partir de reagentes PA (reagentes de grau analítico). Os moldes de concreto para as análises de viabilidade foram produzidos com materiais disponibilizados nas lojas de material de construção (Figura 1). O concreto foi preparado usando a proporção 1:2:3 (em volume) de cimento, areia e brita.



Figura 1: Material do concreto e moldes de concreto em madeira e aço.

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.2 Desenvolvimento do Lubrificante Biodegradável

Para obtenção dos ésteres metílicos, precursores do biolubrificante, inicialmente foi feito um cálculo da massa molar do óleo de palma a partir do seu índice de saponificação. Com o conhecimento dessa massa foram calculadas as quantidades de álcool (metanol) e de catalisador (KOH) necessárias para a realização da reação (Figura 2). A reação de transesterificação foi realizada adotando-se uma razão molar óleo/álcool igual a 1:6 e 1% de catalisador (óleo/catalisador), mantendo-se a temperatura em aproximadamente 45°C durante 2 horas (Dantas *et al.*, 2021).

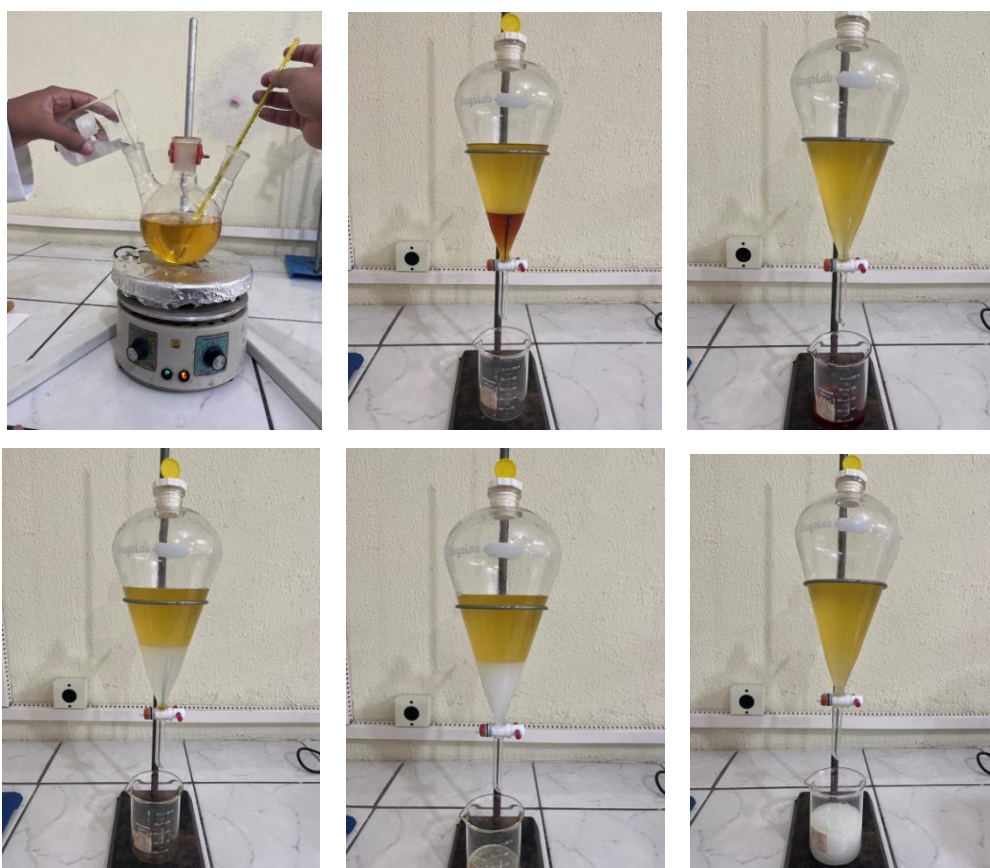


Figura 2: Rota sequencial de obtenção do éster metílico do óleo de palma (biodiesel): síntese; decantação; biodiesel com impurezas; lavagem com água destilada; lavagem com HCl; biodiesel puro.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Após a transesterificação, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação permitindo a separação das fases: superior contendo o éster metílico e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool. Finalizado o tempo de espera, a fase inferior foi retirada e armazenada num recipiente próprio. Em seguida, foi realizada a lavagem do éster metílico com água destilada e solução de ácido clorídrico 0,01M. Foram feitas duas lavagens com água destilada (retirou da fase dos ésteres resíduos de glicerol e sabões) e duas lavagens com solução de HCl 0,01M (neutralizou os ésteres). Para verificar a eficiência da lavagem ácida foi utilizado papel tornassol. Após as

lavagens, foi adicionado sulfato de magnésio anidro para retirar a água que ainda estava presente. Em seguida, a fim de remover o metanol que poderia ainda estar presente no éster, foi utilizado um evaporador rotativo.

Os ésteres metílicos foram submetidos a epoxidação realizada utilizando a proporção molar de 1:1,1 éster/ácido peracético. Num balão de fundo redondo de 250 mL, foram adicionados 100g do éster metílico obtido do óleo de palma, e gota a gota, 140 mL de ácido peracético. A mistura ficou sob agitação e aquecimento a 45°C em um banho de água e gelo por 1 hora. Após o término da reação, a mistura foi transferida para um funil de separação, onde se retirou a fase inferior, correspondente ao ácido acético, e a fase superior foi lavada duas vezes com 50 mL de bicarbonato de sódio 10% até o desprendimento total das bolhas devido à reação de neutralização (Figura 3). Para remover a água residual foi adicionado sulfato de magnésio a um erlenmeyer contendo o biolubrificante, agitando-se vigorosamente por 5 minutos e em seguida mantendo-se em repouso durante 30 minutos. Para remover o sulfato de magnésio, foi realizada a filtração a vácuo (Farias *et al.*, 2021).

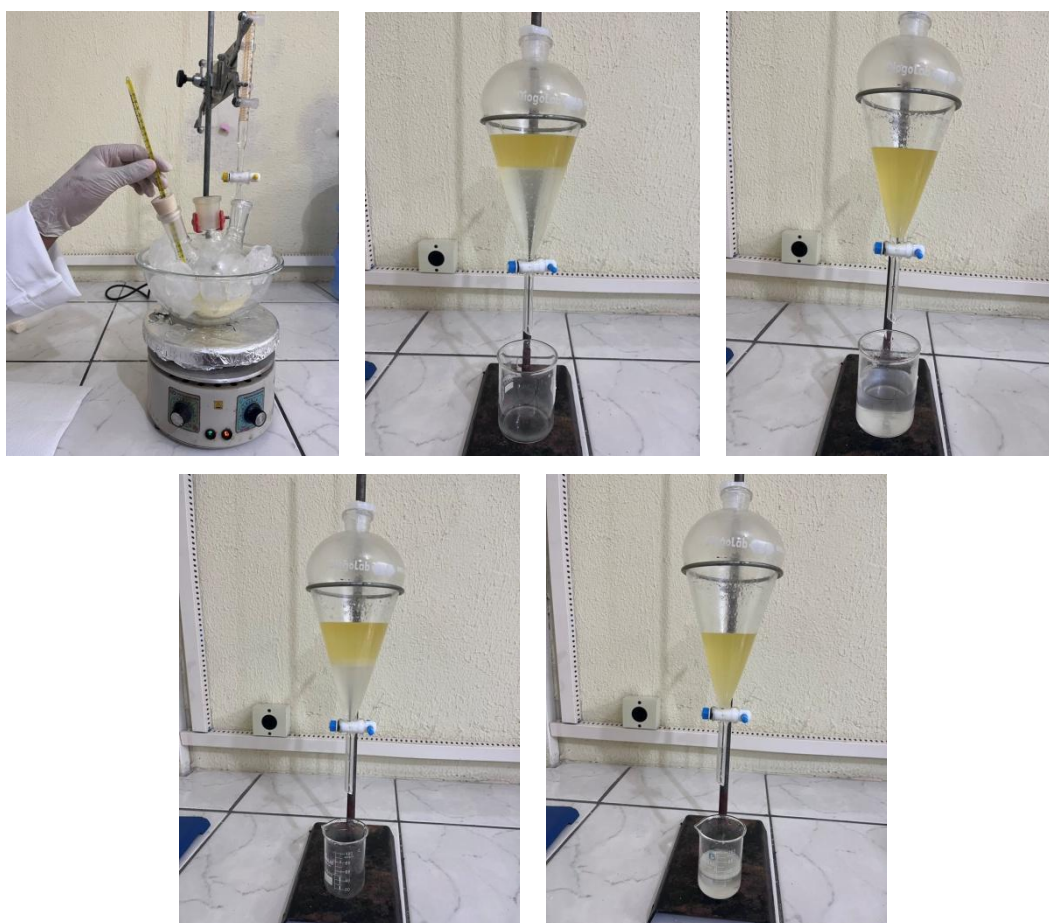


Figura 3: Rota sequencial de obtenção do epóxido metílico do óleo de palma (biolubrificante): síntese; decantação; biolubrificante com impurezas; lavagem com bicarbonato de sódio; biolubrificante puro.

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.3 Caracterização Físico-Química

As amostras foram caracterizadas mediante índice de acidez, índice de iodo, índice de saponificação, teor de sabão, índice de peróxido, densidade relativa, teor de cinzas, teor de umidade e voláteis, viscosidade dinâmica (viscosímetro digital marca Marte modelo MVD-8). O epóxido de ésteres metílicos do óleo de palma foi caracterizado ainda por meio índice de hidroxila e oxigênio oxirano. Todas as caracterizações descritas anteriormente foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Farias *et al.* (2021) e foram feitas em triplicata.

2.4 Aplicação na Construção Civil

2.4.1 Ensaios de Aderência Padrão

O ensaio de aderência consistiu em moldar amostras de argamassa sobre dois tipos de cofragem (aço ou placa de madeira) e, posteriormente, avaliar o coeficiente de atrito estático amostra-cofragem. Inicialmente, foi feita a preparação da superfície da cofragem que estava em contato com a amostra (Martinho, 2014). Em seguida, utilizando-se um pulverizador apropriado, aplicou-se o óleo descofrante (biolubrificante) à cofragem. Nos ensaios, foi aplicado um óleo lubrificante emulsionado em água com relações óleo/água de 1:3. As amostras têm uma forma prismática com seção de 0,20 x 0,10 x 0,40 m³. Após um período de 48 h, retiram-se as paredes dos moldes, sendo as amostras sujeitas ao ensaio de aderência.

A avaliação da influência destes óleos na porosidade da superfície não revestida do concreto foi feita através de ensaios realizados em laboratório. A superfície do concreto em contato com a cofragem foi comparada em termos de porosidade relativa e uniformidade da mesma (Martinho, 2014). A porosidade foi medida em termos do número e tamanho de poros por unidade de superfície.

2.4.2 Interação com o Concreto - Aderência ao Revestimento

A aplicação de óleos descofrantes (biolubrificante) pode ter algum efeito na superfície do concreto, prejudicando a aderência do revestimento. Para avaliar esta influência, foram realizados alguns ensaios utilizando-se dois tipos de revestimento: pintura acrílica e argamassa (Martinho, 2014). Foi aplicado o biolubrificante a duas cofragens de aço. Cerca de 7 dias após a descofragem, aplicou-se um revestimento de pintura acrílica às faces do prisma diretamente em contato com a cofragem e um revestimento de argamassa AC-II de cerca de 1 cm de espessura às outras faces do prisma. Após um período adicional de 96 horas para secagem da pintura e endurecimento da argamassa, foi realizado um ensaio de arranque numa pastilha colada à superfície.

2.4.3 Interação com a Cofragem - Aço

A velocidade da corrosão foi avaliada através da realização de um ensaio sobre duas cofragens de aço, as quais foram divididas em duas áreas distintas: a primeira sem descofrante; a segunda com um óleo de base vegetal (biolubrificante), emulsionado em água numa relação óleo/água de 1:3 (Martinho, 2014). Durante um período de 6 meses, a

partir de dezembro/2024, ambas as cofragens foram expostas às condições ambientais típicas do clima semiárido, sendo que uma delas foi colocada no interior do laboratório e a outra foi colocada ao ar livre.

2.4.4 Interação com a Cofragem - Madeira

Para avaliar a influência da umidade nas cofragens de madeira, efetuou-se um ensaio sobre duas cofragens deste material. Foi aplicado um óleo de base vegetal (biolubrificante) às duas cofragens, sendo que uma delas foi previamente umedecida através da imersão em água por um período de 6 horas. Foram moldadas duas amostras de argamassa sobre as cofragens, sendo que a descofragem se efetuou após um período de 48 horas. Após a descofragem, foram analisadas as suas superfícies (Martinho, 2014).

3 Resultados e Discussão

A qualidade inicial do óleo de palma, verificada através de suas propriedades físico-químicas, é de fundamental importância para a reação de transesterificação química, bem como, as propriedades do biodiesel são importantes para a reação de epoxidação.

O óleo de palma, o éster metílico (biodiesel) e o epóxido (biolubrificantes) foram caracterizados mediante os parâmetros físico-químicos listados da Tabela 1, cujos valores foram comparados com os estabelecidos na legislação (Brasil, 2006; Brasil, 2014; Brasil, 2021).

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos das amostras.

| Parâmetros | Óleo de Palma | Biodiesel (Ésteres) | Biolubrificante (Epóxidos) |
|--|-----------------|---------------------|----------------------------|
| Aspecto | Amarelo límpido | Amarelo límpido | Amarelo límpido |
| Umidade e Voláteis (%) | 0,02 | 0,19 | 0,03 |
| Cinzas (%) | 0,15 | 0,13 | 0,01 |
| Densidade (g/cm ³) | 0,980 | 0,927 | 0,920 |
| Índice de acidez (mg KOH/g óleo) | 0,95 | 0,22 | 0,44 |
| Índice de iodo (g I ₂ /100g óleo) | 57,46 | 63,00 | 60,20 |
| Teor de sabão (ppm de oleato de sódio) | 1,33 | 2,56 | 0,26 |
| Índice de saponificação (mg KOH/g óleo) | 168,3 | 64,9 | 6,5 |
| Índice de peróxido (meq/kg) | 0,007 | 0,003 | 0,005 |
| Viscosidade cinemática a 40°C (mPa.s) | 62,9 | 6,3 | 4,5 |
| Oxigênio oxirano (%) | ---- | ---- | 16,8 |
| Índice de Hidroxila (%) | ---- | ---- | 6,5 |

Fonte: Dados da Pesquisa, 2025.

A reação de transesterificação, com vistas a obter o éster do óleo de palma (biodiesel), é reversível, ocorrendo de maneira a submeter um triglicerídeo a reagir com um álcool de cadeia curta, no caso o metanol, na presença de um catalisador básico (Cruz, 2022). Essa reação de transesterificação, proporcionou um rendimento de 98%, que pode

ser explicado pela utilização do metanol, um álcool de cadeia menor, quando comparado ao etanol, que proporcionou um rendimento 80% no trabalho desenvolvido por Silva *et al.* (2011).

Para a obtenção do lubrificante biodegradável do óleo de palma, foi empregada a reação de epoxidação dos ésteres metílicos obtidos na reação de transesterificação. A reação de epoxidação tem larga aplicação na indústria oleoquímica para obtenção de lubrificantes biodegradáveis de maior estabilidade térmica. A epoxidação dos ésteres metílicos oriundos do óleo de palma, possibilitou a obtenção do biolubrificante com um rendimento de 92%.

De acordo com os resultados obtidos com o óleo de palma, constatou-se que estes apresentaram consoantes com os valores especificados pela Resolução da ANVISA (Brasil, 2006; Brasil, 2021), com exceção do índice de iodo, os quais apresentaram discordância com ele. De acordo com a Tabela 1, observou-se que os resultados observados para óleo de palma o caracterizam como apropriado para o processo de obtenção de biodiesel e por conseguinte do biolubrificante.

De acordo com a Resolução Nº 45/2014 da Agência Nacional de Petróleo e Biocombustíveis (Brasil, 2014), o éster metílico obtido está dentro dos padrões estabelecido nesta resolução, exceto nos teores de umidade e cinzas, o que poderia ser melhorado fazendo-se destilação para retirar a umidade presente, bem como tentando recuperar o catalisador metálico utilizado, respectivamente.

O teor de umidade e voláteis para o epóxido metílico do óleo de palma (biolubrificante) alcançou a valor de 0,03%, valor menor quando comparado ao obtido por Ramos e Santos (2023). Este parâmetro apresenta-se adequado quando se refere a aplicabilidade do biolubrificante em engenharia civil, pois esse tipo de uso necessitada de um material capaz de reduzir a umidade nas superfícies onde o biolubrificante é aplicado.

Para o teor de cinzas do biolubrificante, que indica a presença de material inorgânico não combustível após a queima, foi obtido o valor de 0,01%, menor quando comparado ao obtido para o éster etílico, onde foi alcançado o valor de 0,05% (Ramos; Santos, 2023). A densidade obtida para o epóxido foi de 0,920 g/cm³, dentro do esperado para um lubrificante oriundo de óleo vegetal (Saturnino; Fernandez; Dupont, 2024). Quanto menor o índice de acidez (0,44 mg KOH/g óleo), melhor é a eficiência do biolubrificante na preservação do material, equipamento ou superfície onde o epóxido é aplicado, reduzindo o processo de corrosão. O índice de iodo permite observar o grau de insaturação dos ácidos graxos. Para o biolubrificante do óleo de palma, o índice de iodo obtido foi de 60,20 g I₂/100 g óleo, onde este valor evidencia a eficiência da reação de epoxidação na quebra das ligações duplas nos ácidos graxos (Sneha; Rani; Arif, 2019). O índice de saponificação e o teor de sabão obtidos para o biolubrificante foram menores que os valores obtidos por Ramos e Santos (2023) e Macedo *et al.* (2023) para diferentes epóxidos. O índice de peróxido, associado a rancidez do material, obtido para o biolubrificante foi menor que o obtido por Macedo *et al.* (2023) para o epóxido de canola, indicando uma boa resistência a oxidação do biolubrificante do óleo de palma (Saturnino; Fernandez; Dupont, 2024). Os índices de hidroxila e de oxigênio oxirano indicam se o

processo de epoxidação realmente ocorreu (Silva *et al.*, 2024). O índice de hidroxila atingiu o valor de 6,5%, valor menor que os obtidos por Cruz (2022) para os epóxidos etílicos de óleo residual de soja e de óleo de soja comercial. Obteve-se o valor de 16,8% de oxigênio oxirano para o biolubrificante, superando o valor obtido por Cruz (2022) para o biolubrificante do óleo residual que foi de 6,7%, indicando o bom rendimento e eficácia na realização da reação de epoxidação. A reação de conversão das ligações duplas em anéis oxiranos pode ser confirmada pela diminuição da viscosidade do biolubrificante obtido em relação aos ésteres metílicos (Attia *et al.*, 2020).

Para avaliar a aplicabilidade do biolubrificante do óleo de palma na construção civil, foram realizados alguns ensaios. O primeiro ensaio foi o ensaio de aderência padrão (madeira e aço), onde na Figura 4 estão ilustradas as moldagens utilizadas para realizar o teste de aderência padrão das superfícies de concreto sobre a madeira e o aço, onde tem-se a moldagem sem aplicação do biolubrificante, e a moldagem com a aplicação do biolubrificante. Após o período de 48 horas foram retiradas das cofragens das superfícies do concreto sobre a madeira (Figura 5) e sobre o aço (Figura 6) para que se pudesse avaliar a aderência.



Figura 4: Moldagem das superfícies de concreto sobre a madeira e o aço sem lubrificante e com lubrificante.

Fonte: Autorial Própria (2025).

De modo geral, o ensaio de aderência é importante para garantir a qualidade, a durabilidade e o desempenho do material para aplicação industrial, sendo fundamental para evitar a produção em larga escala de materiais que apresentem falhas como descascamento e deslocamento precoce (Hong; Jeon, 2022). Os ensaios de aderência padrão realizados utilizando as cofragens de madeira e de aço para moldar amostras de concreto permitiram observar que quando aplicado o lubrificante biodegradável do óleo de palma sobre as superfícies das cofragens o concreto apresentou um aspecto mais uniforme, com a redução de falhas na superfície do concreto, o que se pode evidenciar quando comparamos aos testes realizados sem a aplicação do lubrificante biodegradável.

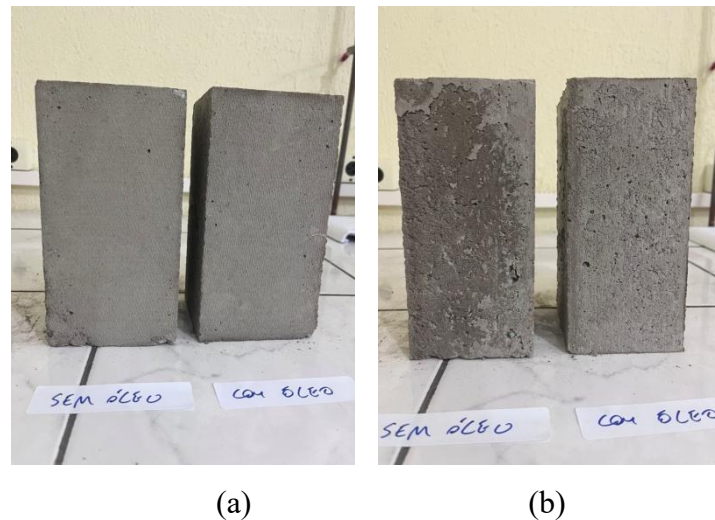


Figura 5: Retirada das cofragens das superfícies de concreto sobre a madeira sem lubrificante e com lubrificante.

Fonte: Autoria Própria (2025).

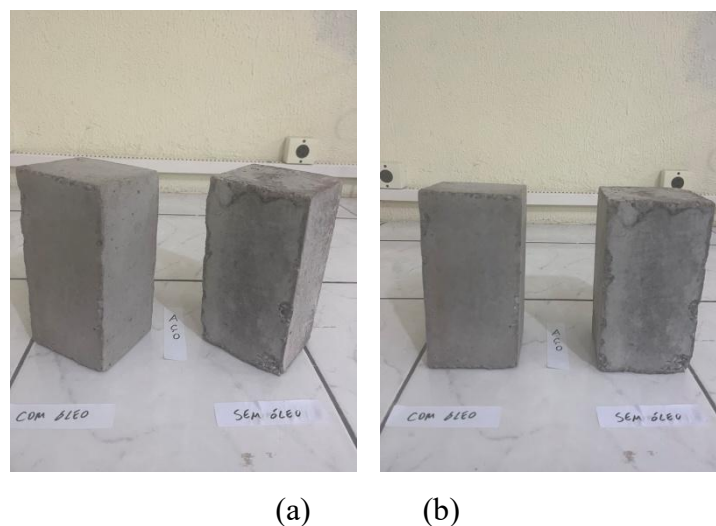


Figura 6: Retirada das cofragens das superfícies de concreto sobre o aço (a) sem lubrificante e (b) com lubrificante.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Através das figuras pode ser feita a análise da porosidade da superfície do concreto descobrado da madeira. Nessa análise, observou-se uma redução pequena dos tamanhos e quantidades dos poros na superfície do concreto. Na cofragem de madeira sem aplicação do biolubrificante os poros do concreto chegaram a atingir 3 mm de comprimento, enquanto na cofragem de madeira com a aplicação do biolubrificante os poros na superfície do concreto atingiram apenas 2 mm de comprimento. Ambas não apresentam muita diferença na superfície, nem dificuldades de retirada dos moldes. Já na análise da porosidade da superfície do concreto descobrado do aço, onde também se observou que houve redução dos tamanhos e quantidades dos poros na superfície do concreto. Na cofragem de aço sem aplicação do biolubrificante os poros do concreto chegaram a atingir

0,6 cm de comprimento, enquanto na cofragem de aço com a aplicação do biolubrificante os poros na superfície do concreto atingiram apenas 2 cm de comprimento, formados pela retirada dos moldes de aço que gerou defeitos (ranhuras).

Para avaliar a influência do biolubrificante sobre a aderência do concreto com o revestimento, foram aplicadas argamassa e pastilhas sobre as superfícies dos concretos moldados na cofragem de madeira com e sem a aplicação do óleo descofrante (biolubrificante), processo mostrado na Figura 7. Pode-se observar que houve influência do biolubrificante na aderência do revestimento (argamassa) na superfície do concreto. No concreto moldado na cofragem de madeira sem aplicação do biolubrificante, ao arrancar a pastilha, pode-se observar que houve pouca aderência do revestimento à superfície do concreto. Já na superfície do concreto moldado na cofragem de madeira com a aplicação do biolubrificante, ao realizar o arranque da pastilha foi possível observar que boa parte do revestimento (argamassa) também foi arrancado, evidenciando que o biolubrificante ajudou na aderência da argamassa à superfície do concreto.

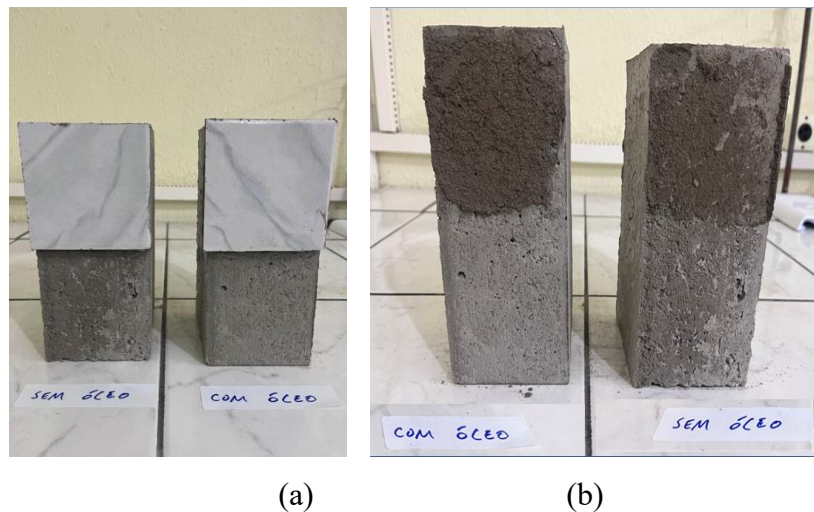


Figura 7: Análise da aderência ao revestimento das superfícies de concreto descofrados da moldagem de madeira.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Para avaliar a influência do biolubrificante sobre a aderência do concreto com o revestimento, foram aplicadas argamassa e pastilhas sobre as superfícies dos concretos moldados na cofragem de aço com e sem a aplicação do óleo descofrante (biolubrificante), processo mostrado na Figura 8. Observa-se que houve influência do biolubrificante na aderência do revestimento (argamassa) na superfície do concreto. No concreto moldado na cofragem de aço sem aplicação do biolubrificante, ao arrancar a pastilha, foi possível verificar que houve aderência parcial do revestimento à superfície do concreto. Enquanto na superfície do concreto moldado na cofragem de aço com a aplicação do biolubrificante, ao realizar o arranque da pastilha foi possível constatar que todo o revestimento (argamassa) também foi arrancado, evidenciando que o biolubrificante ajudou a aderência da argamassa à superfície do concreto (Hong; Jeon, 2022).

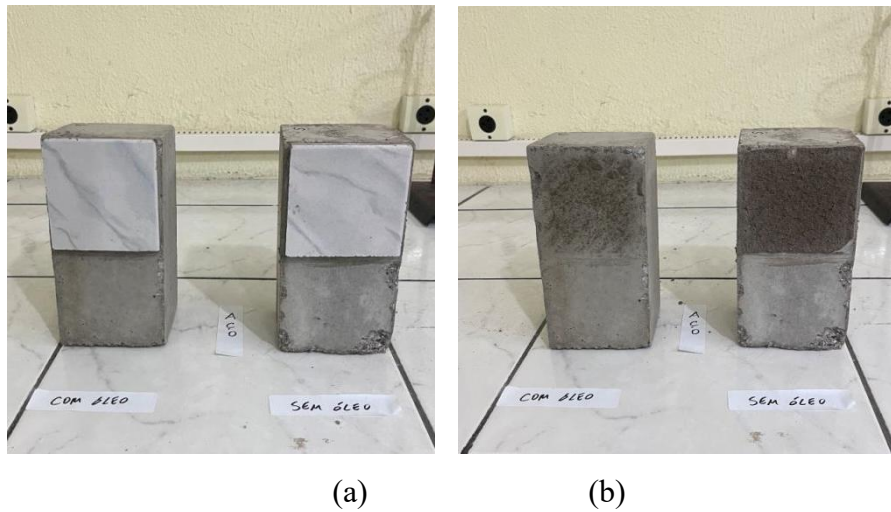


Figura 8: Análise da aderência ao revestimento das superfícies de concreto descobrados da moldagem de aço.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Realizou-se ainda o ensaio de uniformidade da cor na superfície do concreto moldado sobre cofragens de madeira com e sem óleo descofrante (Figura 9), onde foi realizada a pintura acrílica do concreto. Analisando os resultados, é visível a maior uniformidade da cor na superfície do concreto moldado sobre a cofragem de madeira com a aplicação do biolubrificante, ao comparar. Essa uniformidade pode ser atrelada a diminuição da quantidade de poros na superfície do concreto moldado com a aplicação do óleo descofrante quando comparado ao concreto moldado sem a aplicação do biolubrificante (Hong; Jeon, 2022).

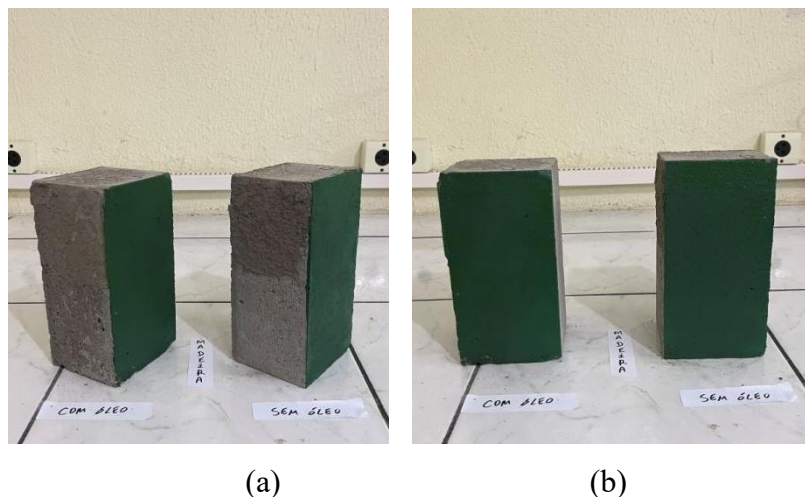


Figura 9: Análise da uniformidade da cor nas superfícies de concreto descobrados da madeira sem lubrificante e com lubrificante.

Fonte: Autoria Própria (2025).

Também foi realizado o ensaio de uniformidade da cor na superfície do concreto moldado sobre cofragens de aço com e sem óleo descofrante (Figura 10), onde é possível observar que ocorreu uma maior uniformidade da cor esverdeada na superfície do concreto moldado sobre cofragem de aço com a aplicação do biolubrificante, ao comparar. Essa uniformidade da cor pode ser atribuída à diminuição da quantidade de poros e consequente uniformidade da superfície do concreto moldado com a aplicação do óleo descofrante, quando comparado ao concreto moldado sem a aplicação do biolubrificante na cofragem de aço (Hong; Jeon, 2022).

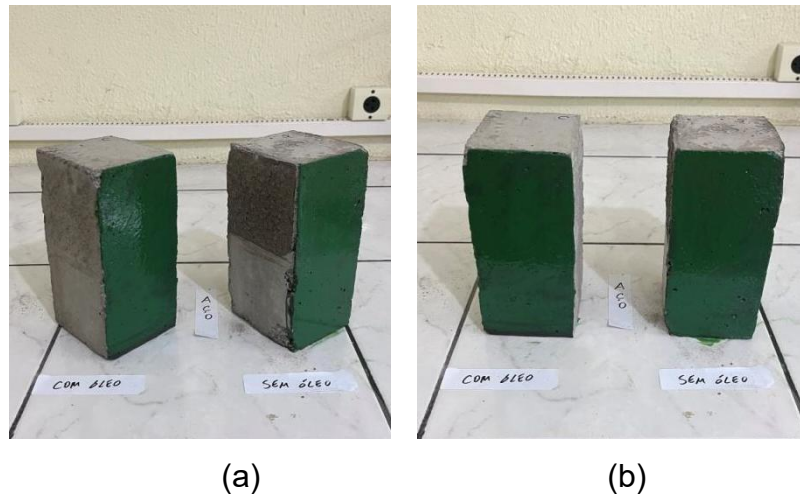


Figura 10: Análise da uniformidade da cor nas superfícies de concreto descofrados do aço sem lubrificante e com lubrificante.

Fonte: Autoria Própria (2025).

4 Conclusão

A reação de epoxidação realizada foi bem-sucedida, uma vez que apresentou um rendimento de 92%. Os epóxidos dos ésteres metílicos apresentaram propriedades físico-químicas adequadas para empregabilidade industrial de acordo com a ANP. Os ensaios de viabilidade da aplicação dos epóxidos dos ésteres metílicos do óleo de palma evidenciaram potencial aplicabilidade deste biolubrificante na construção civil, proporcionando maior aderência das superfícies do concreto as cofragens de aço e madeira. Através dos ensaios de viabilidade da aplicação do biolubrificante do óleo de palma observou-se principalmente a redução da quantidade e do comprimento dos poros e falhas na superfície do concreto e uma maior uniformidade na pintura, apesar de prejudicar na aderência de revestimentos como a argamassa. Por fim, no contexto atual de demanda de alternativas mais limpas de produtos químicos, a síntese de biolubrificantes por epoxidação metílica do óleo de palma representa uma importante oportunidade para a indústria de lubrificantes com vistas a aplicação na construção civil e para o desenvolvimento de práticas sustentáveis na sociedade.

5 Referências

ABBAS, A.; ZHANG, C.; HU, G.; HUSSAIN, S.; GAO, R.; LI, J.; XU, S. Formulação fácil de emulsão de óleo em dispersão sustentável e estável: Um agente desmoldante com alta eficácia de desmoldagem. **Chemical Engineering Journal Advances**, vol. 12, p. 100394, Nov. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666821122001545>.

ATTIA, N. K.; EL-MEKKAWI, S. A.; ELARDY, O. A.; ABDELKADER, E. A.

Chemical and rheological assessment of produced biolubricants from different vegetable oils. **Fuel**, vol. 271, p. 117578, Jul. 2020. Disponível em:

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236120305731?casa_token=pevBpp4ls2cAAAAA:AyxY0elsjp5uKnrabZmFX1sKvwOQWop6iliK2K8OiRH1D1uD1g9eFvODNrZoEApedbLXz912EQ.

BORGES, A. J.; COLLICCHIO, E.; CAMPOS, G. A. A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineenses*) no Brasil e no mundo: aspectos agronômicos e tecnológicos - uma revisão. **Revista Liberato**, vol. 17, n. 27, p. 65-78, Jun. 2016. Disponível em:

<http://191.232.52.91/index.php/revista/article/view/393>.

BRASIL. ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução ANP nº 45 DE 25/08/2014. Dispõe sobre a especificação do biodiesel contida no Regulamento Técnico ANP nº 3 de 2014 e as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos diversos agentes econômicos que comercializam o produto em todo o território nacional. **Diário Oficial da União**, Seção 1. Brasília, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa No 49 de 22 de dezembro de 2006. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Óleos Vegetais Refinados; a Amostragem; os Procedimentos Complementares; e o Roteiro de Classificação de Óleos Vegetais Refinados. **Diário Oficial da União**, Seção 1. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 87 de 15 de Março de 2021. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, edição 51, Seção 1, p. 261. Brasília, 2021.

CHOTÉ, N. E.; NORTE, L. C.; GONÇALVES, J. R. M. R.; SILVA MARTINS, F. B. Aproveitamento de sistemas separadores de água e óleo em empreendimentos na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n. 5, p. 27630-27640, Mai. 2020. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/10067>.

COSTA, R. F.; FERREIRA, A. D.; NASCIMENTO, J. J. S.; REZENDE, M. L. S.; JUNIOR, J. J. S.; VIEIRA, A. N. O. Study of drying kinetics in ceramic plates with the addition of diatomite tailings. **Research, Society and Development**, vol. 11, n. 8, p. e22911830790-e22911830790, Jun. 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30790>.

CRUZ, J. F. S. **Química e sustentabilidade: análise comparativa da obtenção de lubrificantes biodegradáveis pela epoxidação do óleo de soja comercial e usado em fritura**. 54 f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Licenciatura em Química, Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande, Cuité – Paraíba – Brasil, 2022. Disponível em: <https://dspace.sti.ufcg.edu.br/handle/riufcg/27404>.

CURVELO, F. M.; ALMEIDA, D. T.; NUNES, I. L.; FEITOSA, S. Qualidade do óleo de palma bruto (*Elaeis guineensis*): matéria-prima para fritura de acarajés. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, vol. 70, n. 4, p. 641-646, Dez. 2011. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2011/ses-24444/ses-24444-3450.pdf>.

DANTAS, F. R.; SOUSA, I. V. S.; OLIVEIRA, I. L.; DANTAS, G. M. P.; SANTOS, J. C. O. Síntese e Caracterização Físico-Química de Biolubrificante Obtido de Óleo de Soja Residual Oriundo de Restaurante Universitário. **Educação Ciência e Saúde**, vol. 8, n. 2, p. 1-19, Dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/articloe/view/399>.

FARIAS, H. H.; MACEDO, A. D. M.; RAMOS, J. D. F.; SANTOS, J. C. O. Epoxidação Metálica do Óleo de Mamona para Síntese de Biodiesel e Biolubrificante. **Educação Ciência e Saúde**, vol. 8, n. 2, p. 1-19, 30 Dez. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ces.ufcg.edu.br/periodicos/index.php/99cienciaeducacaosaude25/articloe/view/409>.

HONG, Sung-Ho; JEON, Hong-Gyu. Monitoring the conditions of hydraulic oil with integrated oil sensors in construction equipment. **Lubricants**, vol. 10, n. 11, p. 278, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.01.002>.

LOPES, J. M.; SAMPAIO, J. R. T. Produção de biodiesel a partir da palma de óleo. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, [S. l.], vol. 17, n. 29, p. p. 23–36, 2020. DOI: 10.22481/ccsa.v17i29.6650. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/ccsa/article/view/6650>.

MACEDO, A. D. M.; FARIAS, H. H.; RAMOS, J. D. F.; PEREIRA, A. M. S.; SILVA ROCHA, E. C.; OLIVEIRA, I. L.; SANTOS, J. C. O. Optimization of the Biolubricant Synthesis Process by Epoxidation of Waste Oil from a University Restaurant. **Brazilian**

Journal of Development, vol. 7, n. 12, p. 119743-119761, Dez. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/41799>.

MARTINHO, P. J. L. **Aspectos a considerar para a avaliação de riscos no caso da aplicação do óleo descofrante**. Tese de Doutorado (Higiene e Segurança do Trabalho). Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa. Lisboa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/entities/publication/b89ec30f-ae57-4e7f-ad52-ad6c8bdffe3e>.

MARTINS, J. S.; SANTOS, J. C.O.; CONCEIÇÃO, M. M. Comparative Study of Physico-Chemical Properties of Coconut Oil (*Cocos nucifera L.*) Obtained by Industrial and Artisanal Processes. **Biotechnology - An Indian Journal**, vol. 16, n. 3, p. 210-218, 23 Out. 2020. Disponível em: <https://www.tsijournals.com/articles/comparative-study-of-physicochemical-properties-of-coconut-oil-cocos-nucifera-l-obtained-by-industrial-and-artisanal-processes-14527.html>.

MIHOC, A. B.; MITU, L. G.; ROȘCA, I. C. The effect of stacking sequence on flexural behavior of laminated hybrid epoxy biocomposite reinforced with glass and carbon fibers used in the bone plate and external fixation. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, vol. 1256, n. 1, p. 012019, 2022. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1256/1/012019/meta>.

OLIVEIRA, H. A.; MELO, F. M. C.; SANTOS, C. P.; ALMEIDA, V. G. O.; MELO, L. Reaproveitamento de Resíduo de Serragem de Madeira e Óleo Combustível na Produção de Agregado Leve. **Tópicos Atuais em Desenvolvimento Regional e Urbano**, vol. 2, p. 65-81, 2023. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/230111677.pdf>.

RAMOS, J. D. F.; SANTOS, J. C. O. Study of methyl epoxidation of cottonseed oil to obtained a biodegradable lubricant. **Caderno de Anais Home**, [S. l.], 2023. Disponível em: <https://homepublishing.com.br/index.php/cadernodeanais/article/view/415>. Acesso em: 10 Set. 2025.

RODRIGUES, J. G. P.; WEBER, R. P. Preparo de monômeros utilizados na síntese de polímeros a partir da reação de epoxidação em óleos vegetais. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, vol. 37, n. 2, Abr. 2020. Disponível em: <https://ebrevistas.eb.mil.br/CT/article/view/6780>.

SATURNINO, T. A.; FERNANDES, P.; DUPONT, G. K.. Óleo lubrificante automotivo: metodologias para o controle de qualidade. **Caderno Intersaberes**, vol. 13, n. 51, p. 42-54, 2024. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/article/view/3418>.

SILVA, G. S.; INOUE, D. Y.; DORS, G.; JUNIOR, A. F.; CASTRO, H. F. Desempenho de diferentes lipases imobilizadas na síntese de biodiesel de óleo de

palma. **Acta Scientiarum. Technology**, vol. 33, n. 2, p. 197-203, 2011. Disponível em:
<https://www.redalyc.org/pdf/3032/303226531011.pdf>.

SILVA, J.; FARIA, A.; OLIVEIRA, G.; LAGE, F. Análise comparativa entre compósitos reforçados com bagaço de cana-de-açúcar produzidos a partir de óleo de soja epoxidado comercial e óleo de soja proveniente de frituras. **Lumen et Virtus**, vol. 15, n. 43, p. 9245-9257, Dez. 2024. Disponível em:
<https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/2520>.

SNEHA, E.; RANI, S.; ARIF, M. Evaluation of lubricant properties of vegetable oils as base oil for industrial lubricant. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, vol. 624, n. 1, p. 012022, Jul. 2019. Disponível em:
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/624/1/012022/meta>.

SOUSA, C.; SOUZA, N. L.; ROSSE, V.; SILVEIRA, P. H.; BARBOSA, M. T. Utilization of dairy waste as a release agent and plasticizer for civil construction. **International Journal of Sustainable Engineering**, vol. 14, n. 6, p. 2074-2081, Ago. 2021. Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19397038.2021.1966124>.

6 Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (PIBIC/CNPq-UFCG).