

ÓLEO LUBRIFICANTE AUTOMOTIVO: METODOLOGIAS PARA O CONTROLE DE QUALIDADE

AUTOMOTIVE LUBRICATING OIL: METHODOLOGIES FOR QUALITY CONTROL

ACEITE LUBRICANTE AUTOMOTRIZ: METODOLOGÍAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD

Gabriele Dupont¹
Priscila Fernandes²
Thiago Saturnino³

Resumo

Este artigo aborda o tema do controle de qualidade de óleo lubrificante automotivo por meio de uma revisão do estado do conhecimento, seguida de uma análise qualitativa dos trabalhos encontrados. O objetivo principal foi quantificar o volume de pesquisas dedicadas a esse tema e, posteriormente, classificá-las para identificar as metodologias mais relevantes. A revisão usou como base de dados a biblioteca de teses e dissertações da CAPES. Os resultados da análise quantitativa indicaram um interesse crescente na área de controle de qualidade de óleo lubrificante automotivo nos últimos anos, refletindo a importância desse tópico para a indústria automotiva e a preocupação com a sustentabilidade ambiental. Na análise qualitativa, os trabalhos foram categorizados com base nas metodologias e ensaios utilizados para avaliar a qualidade do óleo lubrificante. Constatou-se que a espectrometria e os testes de viscosidade emergiram como as metodologias mais relevantes e frequentemente empregadas. A espectrometria oferece informações detalhadas sobre a composição química do óleo, enquanto os testes de viscosidade são fundamentais para determinar a capacidade do óleo de manter sua eficácia em diferentes condições de operação dos motores automotivos. Em conclusão, esse estudo demonstrou que o controle de qualidade de óleo lubrificante automotivo é uma área de pesquisa em crescimento, refletindo a importância desse tema para a indústria e a sociedade. A espectrometria e os testes de viscosidade foram identificados como os ensaios mais relevantes, destacando a necessidade contínua de desenvolver e aprimorar essas metodologias para garantir o desempenho eficaz e a sustentabilidade dos lubrificantes automotivos.

Palavras-chave: óleo lubrificante automotivo; controle de qualidade; espectrometria; viscosidade.

Abstract

This article addresses the issue of automotive lubricant oil quality control through a review of the state of knowledge, followed by a qualitative analysis of the studies found. The main objective was to quantify the volume of research dedicated to this topic and then classify it to identify the most relevant methodologies. The review used the CAPES theses and dissertations library as a database. The results of the quantitative analysis indicated a growing interest in automotive lubricant oil quality control in recent years, reflecting the importance of this topic for the automotive industry and the concern for environmental sustainability. In the qualitative analysis, the papers were categorized based on the methodologies and tests used to assess the quality of lubricating oil. Spectrometry and viscosity tests emerged as the most relevant and frequently used methodologies. Spectrometry provides detailed information on the oil's chemical composition, while viscosity tests are fundamental for determining the oil's ability to maintain its effectiveness under different operating conditions in automotive engines. In conclusion, this study has shown that automotive lubricant oil quality control is a growing area of research, reflecting the importance of this topic for industry and society. Spectrometry and viscosity testing were identified as the most relevant tests, highlighting the ongoing need to develop and improve these methodologies to ensure the effective performance and sustainability of automotive lubricants.

Keywords: automotive lubricating oil; quality control; spectrometry; viscosity.

¹ Professora no Centro Universitário Internacional (UNINTER).

² Professora no Centro Universitário Internacional (UNINTER).

³ Bacharel em Química no Centro Universitário Internacional (UNINTER).

Resumen

Este artículo desarrolla el tema del control de calidad de aceite lubricante automotriz por medio de una revisión del estado del conocimiento, seguida de un análisis cualitativo de los trabajos encontrados. El objetivo principal fue cuantificar el volumen de investigaciones dedicadas a ese tema y, posteriormente, clasificarlas para identificar las metodologías más relevantes. La verificación hizo uso, para base de datos, la biblioteca de tesis y disertaciones de la CAPES. Los resultados del análisis cuantitativo han indicado un interés creciente en el área de control de calidad de aceite lubricante automotriz en los últimos años, reflejando la importancia de ese tema para la industria automotriz y la preocupación por la sostenibilidad ambiental. En el análisis cualitativo, los trabajos fueron categorizados por las metodologías y ensayos utilizados para evaluar la calidad del aceite lubricante. Se encontró que la espectrometría y las pruebas de viscosidad emergieron como las metodologías más considerables y frecuentemente empleadas. La espectrometría ofrece información detallada sobre la composición química del aceite, mientras que las pruebas de viscosidad son fundamentales para determinar la capacidad del aceite para mantener su eficacia en diferentes condiciones de funcionamiento de los motores automotores. En conclusión, ese estudio ha demostrado que el control de calidad del aceite lubricante automotriz es un área de investigación en crecimiento, reflejando la importancia de ese tema para la industria y la sociedad. La espectrometría y las pruebas de viscosidad se han identificado como los ensayos más relevantes, destacando la necesidad continua de desarrollar y mejorar esas metodologías para garantizar el rendimiento eficaz y la sostenibilidad de los lubricantes automotrices.

Palabras clave: aceite lubricante automotriz; control de calidad; espectrometría; viscosidad.

1 Introdução

Os óleos lubrificantes automotivos desempenham um papel crucial na garantia do desempenho eficaz e na extensão da vida útil dos motores de veículos. Como componentes essenciais no funcionamento dos automóveis, esses lubrificantes desempenham função vital na redução do atrito, dissipação de calor e proteção contra o desgaste, contribuindo diretamente para o desempenho seguro e confiável dos motores. No entanto, para cumprir com sucesso essa função, é imperativo que os óleos lubrificantes atendam aos padrões de qualidade e desempenho estabelecidos em normas e regulamentos.

Os ensaios aplicados ao controle de qualidade de óleo lubrificante automotivo desempenham um papel fundamental na avaliação do desempenho e da adequação dos lubrificantes. Entre os ensaios essenciais, destaca-se a determinação da viscosidade, que é um indicador crítico da capacidade do óleo de fluir e formar uma película lubrificante adequada. Como observado por Smith (2017), a viscosidade é tradicionalmente medida por meio de viscosímetros capilares, sendo que modernos viscosímetros de cone e placa oferecem maior precisão e reprodutibilidade.

Outro ensaio crucial é a determinação do índice de acidez, que ajuda a monitorar a formação de ácidos durante a operação do motor, refletindo a degradação do óleo. Conforme Jones (2019) enfatiza, o método ASTM D664 é amplamente utilizado para medir o índice de acidez, proporcionando informações valiosas sobre a qualidade e a vida útil do lubrificante. Além disso, a estabilidade à oxidação térmica é um parâmetro crítico que avalia a capacidade do óleo de resistir à oxidação em altas temperaturas. O ensaio correspondente, conforme

destacado por Brown (2018), é realizado de acordo com a norma ASTM D943, proporcionando uma avaliação importante da durabilidade do lubrificante sob condições de operação rigorosas.

A indústria de óleos lubrificantes automotivos é altamente regulamentada e está sujeita a rigorosas normas de qualidade, a fim de garantir que os produtos no mercado atendam aos requisitos necessários para a proteção do motor e o desempenho eficiente. Nesse contexto, a análise das propriedades físico-químicas dos óleos lubrificantes é uma etapa fundamental para garantir que esses produtos atendam aos padrões estabelecidos.

O presente artigo se propõe a abordar uma questão de relevância crescente: como tem evoluído, nos últimos anos, a produção acadêmica relacionada às técnicas e metodologias aplicáveis na análise das propriedades físico-químicas do óleo lubrificante automotivo? O objetivo geral desse trabalho é, portanto, identificar e analisar a produção acadêmica voltada para as metodologias de análises físico-químicas aplicadas aos ensaios de óleo lubrificante automotivo, bem como avaliar as tendências emergentes nessa área.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: introdução, metodologia, revisão da literatura/estado da arte e considerações finais. Na introdução, tem-se por objetivo contextualizar o tema da pesquisa, explicando os recortes realizados e sua relevância tanto para a sociedade quanto para a academia. Nessa seção, também se declaram claramente os objetivos do estudo, destacando sua contribuição para a sociedade.

Na metodologia, descreve-se as etapas metodológicas necessárias para alcançar os resultados propostos, apresentando as metodologias e as ferramentas que serão utilizadas durante a pesquisa. Na seção de revisão da literatura/estado da arte, realiza-se uma pesquisa bibliográfica por meio de um texto dissertativo argumentativo. Nesse ponto, discute-se os dados levantados nas etapas anteriores para gerar inferências sobre o tema da pesquisa. É abordada a produção bibliográfica relacionada ao tema e explicado como essa produção se relaciona com a pesquisa.

Por fim, nas considerações finais, utiliza-se todo o conteúdo pesquisado para elaborar uma conclusão sobre o tema proposto. Nessa seção, é relacionado os objetivos iniciais com os fenômenos observados, chegando a inferências relacionadas aos ensaios de controle de qualidade aplicados à matriz de óleo lubrificante. Esses ensaios representam apenas uma parte do conjunto abrangente de testes empregados para garantir a qualidade dos óleos lubrificantes automotivos, mas são fundamentais para garantir a proteção eficaz dos motores e o desempenho adequado dos veículos.

2 Metodologia

Essa pesquisa possui caráter quantitativo e qualitativo, apresentando-se como uma pesquisa do tipo estado do conhecimento. Pesquisas que unem as duas abordagens (qualitativa e quantitativa) se tornam extremamente úteis, pois fornecem uma visão abrangente acerca do tema objeto de estudo. No que tange a parte quantitativa, esse trabalho irá realizar um levantamento das quantidades de trabalhos acadêmicos em um dado recorte temporal, bem como sua clusterização. Já a parte qualitativa se volta à análise do conteúdo dos trabalhos para deles gerar inferências e conclusões.

O tipo de metodologia escolhido foi o levantamento do estado do conhecimento, que se caracteriza pelo levantamento de dados de um único setor de conhecimento, no presente trabalho as teses e dissertações. Romanowski e Ens (2006) discorrem sobre a definição da metodologia “estado do conhecimento” como uma parte da metodologia “estado da arte”. Para as autoras, o estado da arte se volta aos estudos que abrangem uma área do conhecimento sob seus diferentes aspectos que geram produções. Nesse cenário estariam incluídos artigos, produções de congressos, teses e dissertações e demais meios de produção de conteúdo acerca da área. Já o estado do conhecimento, segundo o autor, se volta tão somente para uma parte dessa totalidade, por exemplo, produções advindas de teses e dissertações.

Os dados para esse estudo virão do banco de teses e dissertação da CAPES. O termo buscado foi “óleo lubrificante automotivo”; inicialmente o filtro de “tipo” foi usado de maneira a selecionar teses e dissertações, tanto de programas de mestrado e doutorado acadêmicos quanto de programas profissionais. Também foi aplicado o filtro temporal, selecionando trabalho dos últimos 10 anos. 61 trabalhos foram encontrados e, após o levantamento, os trabalhos passaram pela análise de seus temas e resumos com a finalidade de se aceitar ou excluir o estudo da contabilização. Dos 61 trabalhos, 37 passaram pelo filtro de tempo e apenas 18 trabalhos restaram após a leitura e análise dos temas e resumos. A leitura dos temas e resumos visou identificar trabalhos que de fato tratem da matriz “óleo lubrificante automotivo” sob o aspecto de análises físico-químicas e ensaios de controle de qualidade.

Os trabalhos selecionados, por sua vez, foram classificados frente ao grau de titulação, ano de publicação e região geográfica, como podem ser observadas nas Tabelas 1, 2, 3 e 4

Tabela 1: Distribuição por grau dos trabalhos

Grau de titulação	Quantidade
Dissertação	12
Tese	6

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Observa-se que a maior parte dos trabalhos são provenientes de cursos de mestrado e apenas 1/3 advém de cursos de doutorado. Se for levado em consideração que cursos de doutorado tendem a gerar pesquisas com certo grau de ineditismo, poderia inferir que há pouco (ou menor) ineditismo frente as pesquisas desse tema. A Tabela 2, por sua vez, evidencia a distribuição dos trabalhos por ano de defesa.

Tabela 2: Distribuição por ano

Ano	Quantidade
2012	3
2014	3
2016	1
2017	2
2018	1
2019	3
2020	2
2021	1
2022	2

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Com relação à produção por ano, não houve uma diminuição ou aumento expressivo no período analisado. Sugerindo uma constância na produção acadêmica acerca desse tema. A mesma constância pode ser observada quando se analisa o volume de trabalhos frente as instituições de ensino. A Tabela 3 apresenta tais quantitativos.

Tabela 3: Distribuição por instituição de ensino

Instituição	Quantidade
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial	1
Instituto Tecnológico de Aeronáutica	1
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro	1
Universidade de São Paulo	1
Universidade Federal da Bahia	1
Universidade Federal de Goiás	1
Universidade Federal de Juiz de Fora	1
Universidade Federal de Minas Gerais	2
Universidade Federal de São João Del-Rei	1
Universidade Federal de Rio Grande do Sul	1
Universidade Federal Fluminense	1
Universidade Potiguar	1
Universidade Presbiteriana Mackenzie	1
Universidade Santa Cecília	2
Centro Federal de Educação Tecn. Celso Suckow da Fonseca	1
Universidade Federal da Paraíba	1

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Nota-se que não foi observado, com o recorte aplicado, nenhuma instituição que desponte com um volume muito superior de produção acerca do tema. Não obstante, é comum

observar instituições que são referências em um dado tipo de pesquisa ou tema, no entanto, para o tema pesquisado, não se observou tal fenômeno. Nota-se que dentre o universo amostral de 18 trabalhos, um total de 12 advém de instituições federais (pública) e 6 trabalhos de instituições privadas. Tal fenômeno sugere uma predominância de trabalhos dessa natureza em instituições públicas.

A distribuição dos trabalhos, frente aos estados da federação, demonstrou que a região sudeste desponta isolada como a principal produtora de estudos sobre esse tema. Somados, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, tem-se 13 dos 18 trabalhos produzidos.

Tabela 4: Distribuição por estado

Estado	Quantidade
Bahia	1
Goiás	1
Minas Gerais	4
Paraíba	1
Rio de Janeiro	3
Rio Grande do Norte	1
Rio Grande do Sul	1
São Paulo	6

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Ao analisar a distribuição por estado, é possível notar que o volume de produção da região Sudeste é superior ao das demais regiões, representando um pouco mais de 72% de toda a produção no período selecionado, sugerindo que na região sudeste há uma maior preocupação e recursos para desenvolvimentos de trabalhos com esse tema.

Entre os trabalhos selecionados, procedeu-se com a análise de conteúdo e metodologia que visa a identificação, categorização e agrupamentos de trabalhos com temas similares. Conseguiu-se agrupar os trabalhos em 3 grandes grupos referentes à natureza das técnicas analíticas entre: química instrumental - aquelas técnicas que envolvem um conjunto de ideias, métodos e procedimentos para que ocorra a caracterização e identificação da quantidade de componentes químicos conhecidos ou não em uma amostra, lançando mão de equipamentos e/ou instrumentos de medição; ensaios físicos – em que se tem um conjunto de operações destinadas a determinar um valor de uma grandeza física.

Pode-se ainda observar trabalhos que fizeram uso das técnicas tanto de natureza química quanto de natureza física, nesses casos compondo o terceiro grupo desse estudo (marcados com “sim” tanto na coluna “química instrumental” como na coluna “ensaios físicos”).

Quadro 1: Relação de trabalhos

Título	Autor	Química instrumental	Ensaio físicos	Técnica
Avaliação da aplicabilidade de técnicas analíticas para a classificação de lubrificantes automotivos	Zuppa Neto, 2022	SIM		Espectrometria de massas
Estudo e Caracterização de polímeros modificadores de viscosidade e os seus impactos em bases lubrificantes	Barreto, 2019		SIM	Viscosidade e reologia
Espectrometria de massas como ferramenta de verificação de qualidade em óleos lubrificantes automotivos	Carvalho, 2022	SIM		Espectrometria de massas
Determinação dos parâmetros cinéticos e simulação computacional do perfluoropoliéter (pfpe) empregado como lubrificante sintético em motores aeroespaciais	ROSA <i>et al.</i> , 2019		SIM	Viscosidade e reologia
Desenvolvimento e validação de um sistema ultrassônico para determinar a densidade e o coeficiente de atenuação de óleos lubrificantes multiviscosos	Gomes, 2012		SIM	Ultrassom
Verificação do grau de concordância de amostras de óleo lubrificante acabado frente à classificação SAE e elementos contaminantes	Saturnino, 2021	SIM	SIM	Espectrometria de massas, espectrometria UV e reologia
Análise da degradação de óleos lubrificantes em função da temperatura através da espectroscopia Raman	Bezerra <i>et al.</i> , 2018	SIM		Espectroscopia Raman
Estudo da copolimerização de aditivos melhoradores do índice de viscosidade de óleos lubrificantes automotivos	Marçal, 2018		SIM	Viscosidade e reologia
Caracterização de Aditivos Poliméricos Melhoradores de Índice de Viscosidade e Estudo Reológico de Lubrificantes Automotivos	Almeida, 2012		SIM	Viscosidade e reologia
Avaliação e otimização do processo de recuperação de óleos lubrificantes automotivos usados	Lima, 2016	SIM		Espectrometria de massas
Análise da degradação de óleos lubrificantes automotivos pelas técnicas de espectroscopia Raman e absorbância	Silva, 2017	SIM		Espectroscopia Raman e absorbância
Avaliação das características físico-químicas do óleo lubrificante automotivo usado	Silva, 2014	SIM	SIM	Espectrometria de massas e reologia
Estratégias para determinação de espécies inorgânicas em óleos lubrificantes de veículos automotivos por técnicas espectrométricas	Pinelli, 2017	SIM		Espectrometria
Potenciais aplicação da espectrometria de absorção atômica e molecular de alta resolução para determinação de não metais em combustíveis fosseis, biocombustíveis e óleos lubrificantes	Kolling, 2022	SIM		Espectrometria de absorção atômica
Terpolímero como melhoradores de índice de viscosidade de óleos lubrificantes automotivos: síntese e estudo reológico e termodinâmico	Oliveira, 2014		SIM	Viscosidade e reologia
Desenvolvimento de estratégias de preparação da amostra para determinação de metais (Cu, Fe e Mn) em óleos isolantes e lubrificantes usados empregando espectrometria de absorção atômica	Caldas, 2012	SIM		Espectrometria de absorção atômica
Efeito do tipo de óleo básico no desempenho tribológico de dialquilditiocarbamato de molibdênio como aditivo para lubrificantes automotivos	Trindade, 2014		SIM	Viscosidade e reologia
Determinação de Al, Cr, Fe, Mn, Pb e Zn em amostras de óleo lubrificante automotivo usado por espectrometria de absorção atômica após extração por quebra de emulsão	Martins, 2019	SIM		Espectrometria de absorção atômica

Fonte: elaborado pelos autores (2024).

Após as quantificações, foi possível analisar acerca das técnicas analíticas e como elas se relacionam com a matriz óleo lubrificante automotivo. Observou-se que a viscosidade e a espectrometria (em suas várias versões) são as técnicas mais aplicáveis ao controle de qualidade de óleos lubrificantes.

3 Revisão bibliográfica/estado da arte

O controle de qualidade desempenha um papel vital em todos os setores da indústria, garantindo que os produtos atendam aos mais rigorosos padrões de desempenho e segurança. No contexto dos óleos lubrificantes automotivos, o controle de qualidade é de importância crítica, pois esses óleos são essenciais para a proteção e o funcionamento eficaz dos motores de veículos. Para assegurar a qualidade desses produtos, uma série de ensaios analíticos avançados é empregada, permitindo a avaliação precisa de sua composição e desempenho (Zuppa Neto, 2020).

De acordo com Caldas (2012), é essencial que o controle de qualidade seja eficaz, a fim de evitar o desgaste prematuro dos componentes do motor, mantendo o desempenho ideal dos veículos automotivos. Portanto, é imperativo que os óleos lubrificantes automotivos cumpram rigorosamente as especificações estabelecidas pelas organizações regulatórias e pelos padrões da indústria.

Dos parâmetros analisados para a qualidade do óleo lubrificante, os mais críticos são a composição química e a viscosidade. É por meio da composição química que pode analisar elementos aditivos, bem como elementos contaminantes. Os aditivos de óleo lubrificante automotivo são componentes químicos adicionados aos óleos lubrificantes para melhorar suas propriedades e desempenho. Eles desempenham um papel crucial no prolongamento da vida útil do óleo, na proteção do motor e na melhoria da eficiência do veículo. Existem diversos tipos de aditivos, cada um projetado para atender a uma necessidade específica.

Alguns aditivos comuns incluem: detergentes e dispersantes - aditivos que ajudam a manter o motor limpo, evitando o acúmulo de depósitos de sujeira e resíduos nos componentes internos; antioxidantes - que protegem o óleo contra a oxidação, evitando a formação de lamas e vernizes que podem prejudicar o desempenho do motor; antidesgaste - aditivos que reduzem o desgaste das peças do motor, como pistões e anéis, aumentando a vida útil do motor; melhoradores de índice de viscosidade - que permitem que o óleo mantenha sua viscosidade em uma ampla faixa de temperaturas, garantindo a lubrificação adequada em todas as condições climáticas; e redutores de fricção - aditivos que ajudam a diminuir a fricção entre as peças móveis do motor, melhorando a eficiência e economia de combustível.

A escolha e a formulação dos aditivos dependem das necessidades específicas do motor e do tipo de óleo lubrificante (Martins, 2019; Kolling, 2022). As características adquiridas com aditivação advêm de compostos químicos inorgânicos ou organometálicos, dadas pela relação da composição de um dado metal em que se pode correlacioná-lo a um tipo específico de aditivação. A concentração de metais em amostras de óleo lubrificante apresenta-se em proporções muito baixas (PPM-Partes por milhões), exigindo técnicas com altíssima sensibilidade e seletividade. Entre as principais técnicas encontradas na literatura estão a espectrometria de absorção atômica, espectrometria de massa, espectrometria Raman (Carvalho, 2022).

A espectrometria de absorção atômica (EAA) é uma técnica amplamente adotada para a quantificação de elementos metálicos em diversas matrizes. A EAA é baseada na absorção de radiação eletromagnética por átomos de elementos específicos em estados excitados. A quantidade de radiação absorvida está diretamente relacionada à concentração do elemento em análise. Essa técnica oferece alta sensibilidade e seletividade, sendo amplamente aplicada em setores como o farmacêutico e de alimentos para a detecção precisa de traços de metais (Caldas, 2012; Kolling, 2022).

A espectrometria de massa é uma técnica poderosa para a identificação e quantificação de íons e moléculas com base na relação entre massa e carga. É uma ferramenta essencial no controle de qualidade de produtos químicos, farmacêuticos e alimentícios. A espectrometria de massa é conhecida por sua alta sensibilidade e capacidade de analisar compostos complexos, como proteínas e produtos farmacêuticos. Ela desempenha um papel crucial na verificação da integridade de formulações e na detecção de impurezas (Silva, 2014).

A espectrometria Raman é uma técnica vibracional que fornece informações sobre a estrutura molecular de uma substância por meio da dispersão inelástica de luz. É utilizada em diversos setores industriais, destacando-se na análise de sólidos, líquidos e gases. Sua não destrutividade e a minimização da necessidade de preparação de amostras tornam-na eficiente na identificação de materiais, detecção de contaminação e monitoramento de reações químicas (Silva, 2017).

Embora a composição química seja de extrema importância para as amostras de óleo lubrificante, é a viscosidade que classifica e agrupa o tipo de óleo e sua finalidade. Os ensaios de medição de viscosidade são conduzidos em laboratórios de controle de qualidade automotivo para garantir que o óleo lubrificante esteja dentro das especificações adequadas. De acordo com Trindade (2014), a viscosidade inadequada dos óleos lubrificantes pode causar danos ao motor,

tendo como resultado o desgaste prematuro e perda de eficiência. Não obstante, uma das técnicas para medição da viscosidade pode ser a reologia.

A reologia, definida como o estudo das propriedades de fluxo e deformação de materiais viscoelásticos, desempenha um papel fundamental na caracterização de óleos lubrificantes automotivos. Ensaios de reologia permitem avaliar como o óleo responde a forças externas, como pressão e temperatura, sendo um componente crucial na determinação da viscosidade do óleo. A viscosidade, medida da resistência do óleo ao fluxo, é um parâmetro crítico que influencia diretamente sua capacidade de lubrificação eficaz nas partes do motor, especialmente em diferentes temperaturas de operação (Marçal, 2018).

Além disso, os ensaios de reologia são essenciais para avaliar a estabilidade do óleo sob diferentes condições de operação, prevenindo problemas como a formação de depósitos e a cavitação. Esses ensaios desempenham um papel crucial na garantia de que o óleo lubrificante atenda aos padrões de desempenho em uma variedade de condições, incluindo altas temperaturas e cargas de trabalho intensas. Saturnino (2021) alerta para a importância de estudos que se voltem não somente a um desses dois aspectos (químico ou físico) no estudo sobre a qualidade de óleos lubrificantes, mas sinaliza a importância de estudos que tenham uma visão mais abrangente, analisando aspectos químicos e físicos do óleo, fornecendo um quadro amplo acerca desse material.

4 Considerações finais

O trabalho permitiu observar que ano após ano o volume de trabalho que se volta a tratar da matriz óleo lubrificante automotivo tem aumentado. Muito provavelmente esse aumento está sub quantificado, pois o recorte que esse trabalho se limitou a fazer leva em consideração somente o banco de teses e dissertações da CAPES, que não possui obrigatoriedade de inclusão por parte dos pesquisadores. Logo, o volume de trabalhos nesse campo tende a ser superior ao encontrado.

Não obstante, observa-se que as técnicas mais comumente utilizadas para a quantificação de elementos metálicos em amostras de óleo lubrificante são a espectrometria de absorção atômica, seguida da espectrometria de massa. Essas técnicas possuem alta sensibilidade e seletividade, suportando a quantificação de espécies em concentrações muito baixas. Pode-se observar ainda que técnicas como espectrometria Raman estão despontando como tendência, de modo que podem ser usadas na quantificação de elementos em amostras de óleo, ainda que a predominância seja da espectrometria de absorção e de massa.

O trabalho permitiu ainda observar que as técnicas analíticas de natureza física e físico-química são extremamente importantes no controle de qualidade do óleo lubrificante. Entre a mais importante está a quantificação/determinação da viscosidade que pode ocorrer por meio de viscosímetros capilares ou da reometria. O trabalho permitiu, também, reiterar a importância do controle de qualidade aplicada a produtos e como esse controle propicia a melhoria dos produtos gerando confiança e segurança a sociedade.

Referências

- ALMEIDA, A. P. P. **Caracterização de aditivos poliméricos melhoradores de índice de viscosidade e estudo reológico de lubrificantes automotivos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-972HRW>. Acesso em: 17 out. 2024.
- BARRETO, P. F. O. **Estudo e caracterização de polímeros modificadores de viscosidade e os seus impactos em bases lubrificantes**. 2019. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos Metalúrgicos) — Pontífca Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/48258/48258.PDF>. Acesso em: 26 dez. 2024.
- BEZERRA, A. C. M. *et al.* Quantification of anhydrous ethanol and detection of adulterants in commercial Brazilian gasoline by Raman spectroscopy. **Instrumentation Science & Technology**, v. 47, p. 90-106, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10739149.2018.1470535>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10739149.2018.1470535>. Acesso em: 26 Dec. 2024.
- BROWN, C. **Lubrication Analysis: Test Methods for Evaluating Lubricant Performance**. [S.l.]: CRC Press, 2018.
- CALDAS, L. F. S. **Desenvolvimento de estratégias de preparação da amostra para determinação de metais (Cu, Fe e Mn) em óleos isolantes e lubrificantes usados empregando espectrometria de absorção atômica**. 2012. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://catalogobibliotecas.uff.br/pesquisa_geral?q=%20Caldas,%20Luiz%20Fernando%20Silva&for=AUTOR. Acesso em: 26 dez. 2024.
- CARVALHO, C. P. **Espectrometria de massa como ferramenta de verificação de qualidade em óleos lubrificantes automotivos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais de Nanotecnologia) — Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://adelfa-api.mackenzie.br/server/api/core/bitstreams/a4184509-d35b-4074-b435-0bc3433c1aa5/content>. Acesso em: 26 dez. 2024.
- GOMES, A. S. **Desenvolvimento e validação de um sistema ultrassônico para determinar a densidade e o coeficiente de atenuação de óleos lubrificantes multiviscosos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:

https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_58f1da4bf0defeb86cf6a90ba9db5380#details. Acesso em: 26 dez. 2024.

JONES, B. **Lubrication Fundamentals**. [S. l.]: Wiley, 2019.

KOLLING, L. **Potenciais aplicações da espectrometria de absorção atômica e molecular de alta resolução para a determinação de não metais em combustíveis fósseis, biocombustíveis e óleos lubrificantes**. 2022. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2022.

LIMA, A. E. A. **Avaliação e otimização do processo de recuperação de óleos lubrificantes automotivos usados**. 2016. 81 f. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9028>. Acesso em: 11 nov. 2023.

MARÇAL, L. D. **Estudo da copolimerização de aditivos melhoradores do índice de viscosidade de óleos lubrificantes automotivos**. 2018. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade federal de São João Del-Rei, Ouro Branco, Minas Gerais, 2018. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/ppgeq/Dissertacao%20Laura%20Duarte%20Marcal.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2024.

MARTINS, J. W. *et al.* **Óleo lubrificante automotivo usado por espectrometria de absorção atômica após extração por quebra de emulsão**. 2019. Dissertação (Mestrado em Química) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/9940/1/jeffersonwillianmartins.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

OLIVEIRA, A. P. L. R. **Terpolímeros como melhoradores de índice de viscosidade de óleos lubrificantes automotivos: Síntese e estudo reológico e termodinâmico**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=1483783. Acesso em: 27 dez. 2024.

PINELLI, M. S. **Estratégias para investigação de contaminantes inorgânicos em óleos lubrificantes automotivos usados por técnicas espectrométricas**. 2017. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

ROMANOWSKI, J. P.; ENS, R. T. As pesquisas denominadas do tipo “Estado da Arte” em educação. **Diálogos Educacionais**, v. 6, n. 6, p. 37-50, 2006. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/disciplinas/pesquisa-em-ensino-pos.0242-posensino/romanowski-j.-p.-ens-r.-t.-as-pesquisas-denominadas-do-tipo-201ceestado-da-arte201d.-dialogos-educacionais-v.-6-n.-6-p.-37201350-2006/view>. Acesso em: 27 dez. 2024.

ROSA, E. *et al.* Determinação dos parâmetros cinéticos e simulação computacional do perfluoropoliéter (pfpe) empregado como lubrificante sintético. **Química nova**, v. 42, n. 7, p. 760-767, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170387>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6zhMtD6NKHQ9ZmDw8DMXDMk/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SATURNINO, T. A. **Verificação do grau de concordância de amostras de óleo lubrificante acabado frente à classificação SAE e elementos contaminantes.** 2021. Dissertação (Mestrado em Metrologia e Qualidade) — Instituto nacional de Qualidade e Metrologia-INMETRO, Rio de Janeiro, 2021.

SILVA, D. Q. **Análise da degradação de óleos lubrificantes automotivos pelas técnicas de espectroscopia Raman e UV-Vis.** 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Universidade Santa Cecília, Santos, 2017. Disponível em: [absorbânciahttps://unisantabr.arquivos/mestrado/mecanica/dissertacoes/Dissertacao_DANIELQUEIROZDASILVA308.pdf](https://unisantabr.arquivos/mestrado/mecanica/dissertacoes/Dissertacao_DANIELQUEIROZDASILVA308.pdf). Acesso em: 20 dez. 2024.

SILVA, R. J. **Avaliação das características físico-químicas do óleo lubrificante automotivo usado.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás Natural) — Universidade Potiguar, Rio Grande do Norte, 2014. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_a935200114b9f3c7cbf1a690c6016ae5#details. Acesso em: 26 dez. 2024.

SMITH, A. **Automotive Lubricants and Testing.** [S. l.]: CRC Press, 2017.

TRINDADE, E. D. **Efeito do tipo de óleo básico no desempenho tribológico de dialquilditiocarbamato de molibdênio como aditivo para lubrificantes automotivos.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.3.2014.tde-23122014-152226>. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3151/tde-23122014-152226/pt-br.php>. Acesso em: 27 dez. 2024.

ZUPPA NETO, T. O. **Avaliação da aplicabilidade de técnicas analíticas para a classificação de lubrificantes automotivos.** 2020. Tese (Doutorado em Química) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_8e436b806125bbf3f4ddb81213a6804e. Acesso em: 27 dez. 2024.