



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE ENSINO DE QUÍMICA

YAN BATISTA DIAS

**A TRANSPOSIÇÃO DE CONTEÚDOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UM ENSAIO
ACERCA DO TEMA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES**

PROJETO FINAL DE CURSO

ORIENTADOR:
WALDMIR NASCIMENTO DE ARAUJO NETO, D.SC.

2023

**A TRANSPOSIÇÃO DE CONTEÚDOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UM ENSAIO
ACERCA DO TEMA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES**

YAN BATISTA DIAS

Projeto de Final de Curso submetido ao corpo docente do Instituto de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Química.

Aprovado por:

Grazieli Simões, D.Sc.
(DFQ - IQ - UFRJ)

Priscila Tamiasso Martinhon, D.Sc.
(DFQ - IQ - UFRJ)

Orientado por:

Waldmir Nascimento de Araujo Neto, D.Sc.
(DQO - IQ - UFRJ)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Dezembro de 2023

Dias, Yan Batista.

A transposição de conteúdos para o ensino de química: um ensaio acerca do tema dos óleos lubrificantes

(Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, 2023.

Orientador: Waldmir Nascimento de Araujo Neto.

1. Óleos Lubrificantes 2. Ensino de Química 3. Viscosidade 4. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação UFRJ/IQ). 5. Waldmir Nascimento de Araújo Neto, D.Sc.

Dedico este trabalho à minha família

"Não tenha medo de ser diferente.
Tenha medo de ser igual a todos os
outros." (Alvo Dumbledore)

AGRADECIMENTOS

Quando comecei a minha jornada para finalizar este trabalho de conclusão de curso, jamais imaginei que esse dia chegaria. Mas hoje, graças ao apoio e incentivo de pessoas tão especiais em minha vida, estou aqui, pronto para apresentar o resultado deste esforço.

Gostaria de expressar minha gratidão a minha família, que sempre esteve ao meu lado, me incentivando e apoiando em cada etapa desta jornada. Em especial, agradeço aos meus pais, Helaim e Sérgio por terem me dado todo suporte e condições para que eu pudesse me dedicar aos estudos e realizar este sonho.

À minha namorada Nathalia, agradeço por ser minha companheira nessa caminhada, por me incentivar a seguir em frente e me ajudar a manter o equilíbrio emocional em momentos de estresse e ansiedade.

Ao meu orientador Waldmir, expresso minha gratidão por ter me guiado e apoiado durante o processo de elaboração do trabalho, por ter compartilhado seus conhecimentos e experiências.

Aos meus amigos, agradeço pela amizade, pelo companheirismo e por terem me dado o suporte necessário para que eu pudesse chegar até aqui.

Por fim, gostaria de agradecer ao Instituto de Química - UFRJ, por me proporcionar as condições necessárias para o meu desenvolvimento acadêmico e profissional. Agradeço aos professores e funcionários por toda a contribuição para a minha formação, e por terem me inspirado a buscar sempre mais conhecimento.

A todos vocês, meu mais profundo agradecimento. Este trabalho de conclusão de curso não é apenas meu, mas também de cada um que esteve ao meu lado, me incentivando e apoiando em cada etapa desta jornada.

A TRANSPOSIÇÃO DE CONTEÚDOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA: UM ENSAIO ACERCA DO TEMA DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

Yan Batista Dias

2023

Orientador: Waldmir Nascimento de Araujo Neto, D.Sc.

RESUMO

O presente trabalho de conclusão de curso centra-se no tema dos óleos lubrificantes, abordando sua relevância e aplicação dentro do ensino de química. A estratégia adotada foi a transposição didática, um processo que transforma conhecimento científico ou acadêmico em conteúdo acessível para estudantes, conforme conceituado por Yves Chevallard. Este processo envolve não apenas simplificar, mas contextualizar o material, mantendo sua essência e integridade, enquanto considera as realidades socioculturais dos estudantes. O óleo lubrificante, em particular, desempenha um papel crítico nos processos produtivos de diversas indústrias, sendo fundamental para a eficiência e longevidade de máquinas e equipamentos. Este estudo enfoca a viscosidade dos óleos lubrificantes, um conceito-chave no entendimento de suas propriedades e aplicações práticas. Ao longo dos séculos, contribuições significativas de cientistas como Isaac Newton e George Gabriel Stokes moldaram o entendimento e a aplicação da viscosidade, desde aplicações industriais até biológicas. Este trabalho também explora a evolução histórica dos lubrificantes, destacando seu papel no avanço da sociedade, desde o uso de gorduras animais na antiguidade até os modernos lubrificantes sintéticos e biodegradáveis. Em resumo, este estudo aborda a importância dos óleos lubrificantes, não apenas em termos de suas aplicações práticas e ambientais, mas também como um tópico valioso e dinâmico no ensino de química, utilizando a transposição didática para tornar esse conhecimento acessível e relevante para os alunos. São formuladas duas propostas de atividades para o trabalho do tema no ensino médio de química. Busca-se promover um aprendizado crítico e conectado com a realidade, preparando os alunos para interpretar e intervir no mundo como cidadãos informados e responsáveis. A inclusão de óleos lubrificantes no currículo escolar representa uma oportunidade rica para expandir a experiência educativa dos estudantes em química, integrando conhecimento técnico e complexo sobre óleos lubrificantes em um conteúdo relevante e que pode ser mobilizado no âmbito escolar.

THE TRANSPOSITION OF CONTENTS FOR CHEMICAL EDUCATION: AN ESSAY ON THE THEME OF LUBRICATING OILS

Yan Batista Dias

2023

Advisor: Waldmir Nascimento de Araujo Neto, D.Sc.

ABSTRACT

This work focuses on the topic of lubricating oils, addressing their relevance and application within chemical education. The strategy adopted was didactic transposition, a process that transforms scientific or academic knowledge into accessible content for students, as conceptualized by Yves Chevallard. This process involves not just simplifying, but contextualizing the material, maintaining its essence and integrity, while considering the sociocultural realities of the students. Lubricating oil, in particular, plays a critical role in the productive processes of various industries, being fundamental for the efficiency and longevity of machines and equipment. This study focuses on the viscosity of lubricating oils, a key concept in understanding their properties and practical applications. Over the centuries, significant contributions from scientists such as Isaac Newton and George Gabriel Stokes have shaped the understanding and application of viscosity, from industrial to biological applications. This work also explores the historical evolution of lubricants, highlighting their role in the advancement of society, from the use of animal fats in antiquity to modern synthetic and biodegradable lubricants. In summary, this study addresses the importance of lubricating oils, not just in terms of their practical and environmental applications, but also as a valuable and dynamic topic in chemical education, utilizing didactic transposition to make this knowledge accessible and relevant to students. Two proposals for activities to work on the theme in high school chemistry are formulated. The aim is to promote critical learning connected with reality, preparing students to interpret and intervene in the world as informed and responsible citizens. Including lubricating oils in the school curriculum represents a rich opportunity to expand students' educational experience in chemistry, integrating technical and complex knowledge about lubricating oils into relevant content that can be mobilized in the school context.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	7
3.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
3.1	Transposição Didática	8
3.2	Saberes e poderes: a transposição do conhecimento científico para a escola	10
3.3	Viscosidade	14
4.	HISTÓRIA DO ÓLEO	19
4.1	História do óleo lubrificante.....	19
4.2	Os lubrificantes no Brasil	20
4.3	O petróleo e sua determinação no óleo lubrificante	21
4.3.1	Composição do petróleo para a matriz de óleos lubrificantes.....	21
4.3.2	Obtenção de óleos lubrificantes minerais	22
5.	TIPOS DE ÓLEO LUBRIFICANTES	27
5.1	Óleos lubrificantes sintéticos.....	27
5.2	Óleos lubrificantes vegetais.....	28
5.3	Aditivos Químicos.....	28
5.3.1	Aditivos detergentes e dispersantes	29
5.3.2	Aditivos antioxidantes.....	29
5.3.3	Aditivos melhoradores de viscosidade	30
5.3.4	Aditivos Antiespumantes.....	30
6.	ESPECIFICIDADES PARA ÓLEO AUTOMOTIVO.....	32
7.	ASPECTOS AMBIENTAIS.....	37
8.	TENDÊNCIAS FUTURAS NOS ÓLEOS LUBRIFICANTES	41
9.	PROPOSTAS DE TRANSPOSIÇÃO DO CONTEÚDO “ÓLEO COMBUSTÍVEL” NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA	43
10.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Processo simplificado da obtenção de óleo base para lubrificantes	25
Figura 2- Exemplo de estrutura de molécula de sal sulfonato formando micela de detergente.	29
Figura 3- Atuação dos aditivos melhoradores de viscosidade (polímeros).....	30

1. INTRODUÇÃO

A forma como determinado tema científico-disciplinar é selecionado para se tornar um conteúdo escolar, um item do currículo de uma disciplina, é objeto de debate e constitui um território de estudo situado, por exemplo, entre o currículo e as políticas públicas (APPLE, 1982; PEDRA, 1993). Essa seleção pode ocorrer de diferentes maneiras, em diferentes tempos e lugares. É verdadeiramente um sentido complexo do (e no) processo escolar (LOPES; MACEDO, 2002; CANDAU, 2002).

O conhecimento que é produzido no âmbito acadêmico ou científico, onde sua complexidade e abstração são elevadas, muitas vezes, está distante da realidade dos alunos e do contexto escolar. A transposição didática compreende a seleção e adaptação desse conteúdo para torná-lo acessível e relevante para estudantes. Isso envolve simplificar, exemplificar e contextualizar o material, mas manter sua essência e integridade.

O processo de escolarização formal tem sido tradicionalmente centrado no conhecimento proveniente de campos científicos, como matemática, ciências naturais e sociais. Esta abordagem, embora fundamental, muitas vezes marginaliza ou subestima outras formas de conhecimento que são igualmente importantes no desenvolvimento integral do indivíduo. O conhecimento científico é essencial para a compreensão do mundo, no entanto, ele não abarca todas as dimensões da experiência humana e, por vezes, pode limitar a percepção e valorização de saberes que não se enquadram em seus paradigmas rígidos.

Ainda que não seja nosso objetivo articular cenários da cultura social e suas possibilidades de transposição na escola, reconhecemos a necessidade de integrar outras formas de conhecimento no processo educativo. Isso inclui saberes culturais, artísticos, filosóficos e práticos, que proporcionam compreensão ampla da condição humana e de suas diversas manifestações. A importância da contextualização cultural e social na seleção de temas para o trabalho docente, construção do currículo e prática pedagógica, sugere que a escolha e adaptação dos conteúdos em química devem considerar as realidades socioculturais dos estudantes. Isso implica em um processo que vai além do mero ajuste do conteúdo científico para a sala de aula; trata-se de integrar o conhecimento químico a questões sociais, éticas e ambientais relevantes para os alunos. Requer que educadores e educadoras em química não apenas simplifiquem conceitos complexos, mas

também os relacionem com o mundo vivenciado pelos alunos, promovendo aprendizado crítico e conectado com a realidade. (LOPES, 1999; WARTHA, 2013; COLTURATO, 2021)

Nos interessa, especificamente neste trabalho, refletir sobre o potencial de um objeto, o óleo lubrificante, suas características, entornos e formas de uso, para atuar como conteúdo ou um núcleo de articulações didáticas e pedagógicas para atividade docente de química no segmento do ensino médio. Delimitamos para essa reflexão o conceito de transposição didática.

A teoria da transposição didática, expandida¹ pelo matemático e educador francês Yves Chevallard, na década de 1980, parte do princípio de que o conhecimento científico ou acadêmico passa por um processo de transformação para se tornar acessível e compreensível no contexto da sala de aula. Chevallard enfatiza que este não é um processo simples de diluição ou simplificação do conhecimento, mas uma reconstrução complexa e cuidadosa, adaptada às necessidades e capacidades dos alunos.

Chevallard argumenta que o conhecimento acadêmico, muitas vezes abstrato e distante da experiência cotidiana dos alunos, deve ser “recontextualizado”. Este processo envolve a seleção, organização e transformação do conteúdo por educadores, de modo que se torne pedagogicamente viável e significativo para os estudantes. Assim, a transposição didática envolve uma série de escolhas e decisões pedagógicas, onde os professores atuam como mediadores cruciais entre o conhecimento acadêmico e o conhecimento escolar (CHEVALLARD, 1991).

O processo de recontextualização também foi trabalhado por Basil Bernstein, dentro do âmbito da sociologia da educação (RIOS, 2023). Bernstein explorou como o conhecimento é selecionado, organizado e transformado no sistema educacional. A recontextualização, segundo ele, é o processo pelo qual o conhecimento é adaptado e

¹ Michel Verret, é considerado precursor na formulação da teoria da transposição didática. Sua contribuição inicial à teoria concentrou-se na maneira pela qual o conhecimento acadêmico ou científico é adaptado para o ensino, um conceito que mais tarde seria detalhadamente desenvolvido por Yves Chevallard. Verret observou que o conhecimento, ao ser transposto do campo profissional ou acadêmico para o contexto escolar, sofre uma transformação significativa, não apenas em sua forma, mas também em seu propósito e função. A abordagem de Verret lançou as bases para uma análise mais profunda dos mecanismos pelos quais o conhecimento é recontextualizado na educação, influenciando significativamente as discussões sobre currículo, didática e a relação entre teoria e prática na educação (BANEGAS, 2014).

modificado ao ser transferido de seu local de produção original, como a academia ou a indústria, para o ambiente educacional, como escolas e universidades. Este conceito é fundamental para entender a relação entre o conhecimento e o poder no contexto educacional, e como essa relação afeta o currículo e a prática pedagógica.

Ao pensarmos no objeto de nossa proposta de transposição, o lubrificante é um produto mundialmente conhecido e sua utilização é necessária em quase todos os processos produtivos, pois pode ser considerado “sangue” dos maquinários nas indústrias e motores automotivos, gerando funcionamento adequado e aumentando a vida útil dos equipamentos. Pode-se definir a lubrificação como o fenômeno da redução de atrito entre duas superfícies em movimento relativo pela introdução de uma substância entre elas (SCHRAMM, 2006). A vida útil de todo equipamento pode ser aumentada com o uso de lubrificantes, uma vez que tem a função de formar uma película que impede o contato direto entre as peças, de forma que o movimento se faça com um mínimo de aquecimento, ruído e desgaste.

A lubrificação desempenha um papel crítico nos processos produtivos de inúmeras indústrias, sendo fundamental para a eficiência e longevidade de máquinas e equipamentos. Historicamente, o conceito de lubrificação remonta a tempos antigos, onde materiais como óleos animais e vegetais eram utilizados para reduzir o atrito entre superfícies em movimento. Essa prática primitiva evoluiu significativamente ao longo dos séculos, especialmente com o advento da Revolução Industrial, quando a necessidade de métodos de lubrificação mais eficientes e confiáveis se tornou evidente devido ao aumento da complexidade e escala das máquinas.

A lubrificação moderna começou a se desenvolver no século XIX, marcada pelo uso de óleos minerais derivados do petróleo. A descoberta e o refinamento do petróleo abriram caminho para a produção de lubrificantes mais eficazes e adaptáveis a uma variedade de aplicações industriais. Esses óleos minerais ofereciam vantagens significativas em termos de desempenho e consistência em comparação com os óleos vegetais e animais anteriormente utilizados. Desde então, a tecnologia de lubrificação tem avançado continuamente, com o desenvolvimento de lubrificantes sintéticos e aditivos especializados que melhoram ainda mais o desempenho e a proteção dos equipamentos (HURST; LEASK, 2012).

A principal função da lubrificação é minimizar o atrito e o desgaste entre superfícies em contato, o que é crucial para a eficiência e durabilidade de máquinas e

componentes. O atrito não apenas causa desgaste, mas também gera calor, o que pode levar a falhas mecânicas e reduzir a eficiência operacional. Lubrificantes eficazes ajudam a manter as superfícies separadas, reduzindo o atrito e, conseqüentemente, o desgaste e a geração de calor. Além disso, os lubrificantes desempenham um papel importante na proteção contra a corrosão, na remoção de contaminantes e no controle da temperatura dentro dos sistemas mecânicos (PIRRO; WEBSTER; DASCHNER, 2016).

A importância da lubrificação nos processos produtivos não pode ser subestimada. Em ambientes industriais, a falha em manter uma lubrificação adequada pode resultar em paradas não planejadas, reparos dispendiosos e, em casos extremos, falhas de equipamentos. Por isso, a gestão eficaz da lubrificação é uma parte crítica da manutenção preventiva em ambientes industriais. O monitoramento contínuo dos lubrificantes, incluindo a análise de sua condição e a substituição oportuna, é essencial para garantir o funcionamento otimizado das máquinas e a minimização de tempos de inatividade.

Como veremos, a evolução da tecnologia de lubrificação continua a ser uma área de pesquisa e desenvolvimento intensos. O foco está na criação de lubrificantes mais eficientes, ambientalmente sustentáveis e adaptáveis às crescentes demandas de máquinas e processos produtivos modernos. Com o avanço das tecnologias, como máquinas cada vez mais precisas e a crescente automação, a necessidade de lubrificantes inovadores que possam atender a requisitos específicos é mais importante do que nunca. Assim, a lubrificação não é apenas uma parte essencial dos processos produtivos atuais, mas também um campo dinâmico que continua a evoluir e inovar em resposta às necessidades em constante mudança do mundo industrial (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Esses conceitos estão presentes no cotidiano da sociedade em diversas aplicações, porém pouco se conhece de suas diversas propriedades químicas no plano escolar. Por serem produtos acessíveis e cumprirem funções primordiais mundialmente, nos parece uma temática importante de ser proposta como tema de trabalho para o ensino de química.

Nas linhas à frente encontra-se um panorama sobre as diversas especificidades dos óleos lubrificantes e seus derivados, propondo um debate sobre conceitos fundamentais na química como, viscosidade, ligações químicas, polaridade e etc. Nossa intenção ao oferecer esse tema implica também na transformação do conhecimento técnico e complexo sobre óleos lubrificantes em um conteúdo relevante para estudantes. Este processo não apenas facilita o entendimento dos alunos sobre a química prática e suas aplicações no mundo real, mas também incentiva o desenvolvimento de habilidades

analíticas e críticas. Ao integrar este tema ao currículo, os professores podem explorar a interseção entre química, tecnologia e formas adequadas de relação com o ambiente, compreensão das implicações sociais e econômicas associadas à produção, uso e formas de descarte de lubrificantes. Assim, a inclusão de óleos lubrificantes como tema de estudo no ensino médio pode ser uma oportunidade rica para ampliar a experiência educativa de estudantes em química.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste Trabalho de Conclusão de Curso é apresentar uma abordagem diferenciada para o ensino de Química, centrada na transposição didática do tema dos óleos lubrificantes, suas propriedades químicas, contextos de uso, produção e riscos ao ambiente. Ao reconhecermos a insuficiência de conteúdos sobre este tópico em livros didáticos de ensino médio, ainda que de forma não sistematizada, nosso trabalho propõe duas atividades para o trabalho desse tema.

Inspirados pelo conceito de transposição didática de Yves Chevallard, buscamos transformar o conhecimento acadêmico em um conteúdo de trabalho docente, relevante para os estudantes, mantendo sua essência e integridade. Este processo envolve não apenas a simplificação, mas também a contextualização do conteúdo, ligando-o às realidades socioculturais dos alunos para promover um aprendizado mais crítico e conectado com a realidade.

O foco no óleo lubrificante, elemento crítico em processos produtivos industriais, serve como um ponto de partida para propor a mobilização de conceitos específicos de química, como viscosidade, ligações químicas e polaridade. Ao fazer isso, nosso trabalho visa não apenas enriquecer o conhecimento teórico e pedagógico de professores, mas também desenvolver um texto que possa colaborar para ampliar o repertório de materiais e propostas com foco no desenvolvimento da capacidade de estudantes em interpretar e interagir com o mundo, entendendo as implicações tecnológicas e ambientais desses conhecimentos no contexto da vida moderna

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesta sessão, apresentaremos o conceito de transposição didática, suas características a partir de Yves Chevallard, ao toma-lo como protagonista da mobilização desse conceito na educação. Faremos também uma derivação das formas de transposição situadas a partir do conhecimento científico, e na sessão seguinte delimitaremos aspectos de um fundamento teórico motriz, mas pouco explorado no ensino médio, para o agir da lubrificação: a viscosidade.

3.1 Transposição Didática

O conceito de transposição didática foi inicialmente proposto pelo sociólogo Michel Verret em 1975 e posteriormente desenvolvido e ampliado por Yves Chevallard no campo da didática da matemática a partir de 1980. Este conceito descreve o processo pelo qual o conhecimento especializado é transformado em conteúdo ensinável. Este processo, historicamente enraizado, facilita uma série de ações críticas: reavaliar, distanciar-se, questionar o óbvio, desafiar ideias simplistas e libertar-se das percepções enganosas sobre o objeto de estudo. Como Chevallard (1991) enfatiza, é esse processo que possibilita a manutenção da vigilância epistemológica. Ao longo da história, essa prática tem sido uma ferramenta essencial para educadores, permitindo-lhes desmistificar e contextualizar o conhecimento.

A transposição didática descreve a maneira pela qual o conhecimento originário do meio científico ou acadêmico é convertido em uma forma apropriada para o ensino em ambientes educacionais. Esse processo abrange diversas fases e envolve múltiplos participantes, desde os desenvolvedores do conhecimento original até os educadores e estudantes em sala de aula. Como Chevallard (2001) explica, o conhecimento inicialmente identificado para ser ensinado passa por uma série de adaptações para se tornar adequado como material de ensino. Esse procedimento de modificar o conhecimento para fins educacionais é o que se chama de transposição didática.

O processo é fundamental para tornar o conhecimento complexo mais acessível e relevante para os alunos. A transposição didática não é apenas uma simples transferência de informações, mas uma reinterpretação cuidadosa do conteúdo para se alinhar com as necessidades educativas e contextos de aprendizagem. Ao entender esse processo, é possível apreciar melhor a complexidade e a importância do trabalho dos educadores em transformar saberes acadêmicos em lições valiosas e compreensíveis dentro da sala de

aula. Sendo assim, ao ser ensinado, todo conceito deve manter semelhanças com a ideia original presente no seu contexto de pesquisa, mas adquire outros significados próprios do ambiente escolar ao qual será instalado. Assim os saberes não são meras simplificações de objetos retirados do contexto de pesquisa e transferidos para a sala de aula. Trata de novos conhecimentos capazes de responder a dois domínios epistemológicos diferentes, a ciência e a sala de aula (CHEVALLARD, 2001).

A relevância do trabalho de Chevallard, por sua vez, estende-se além da teoria, influenciando práticas pedagógicas e políticas educacionais. Ao reconhecer que o conhecimento científico e acadêmico precisa ser adaptado para ser efetivamente ensinado, a teoria da transposição didática destaca a importância da formação e desenvolvimento contínuo dos professores. Eles não são apenas transmissores de conhecimento, mas agentes ativos na sua reconstrução e adaptação, garantindo que o ensino permaneça relevante, engajador e acessível. Essa abordagem oferece um quadro robusto para entender as complexidades e desafios enfrentados no processo educativo, ressaltando a dinâmica essencial entre o conhecimento acadêmico e a prática pedagógica (RANTHUM; SILVA; FRASSON, 2023).

Um aspecto crucial da transposição didática é a consideração das necessidades e características dos alunos. O conhecimento deve ser adaptado não apenas em termos de dificuldade, mas também em relação aos interesses e à realidade sociocultural dos estudantes. Isso ajuda a criar uma conexão mais forte entre estudantes e o conteúdo, facilitando o processo de aprendizagem (CHEVALLARD, 1991). Além disso, professoras e professores desempenham papel central na transposição didática. São responsáveis por interpretar o programa estabelecido e o conhecimento acadêmico, adaptando-os de forma criativa e personalizada para seus alunos. A habilidade do professor em realizar essa adaptação influencia diretamente a qualidade do ensino e a aprendizagem dos alunos. Nossa aposta aqui, ao desenhar o presente texto, é de que o óleo lubrificante possa ser um objeto de trabalho a partir da formação contínua e do desenvolvimento profissional de professores, essenciais para aprimorar a prática da transposição didática.

Analisar a evolução do saber que se encontra na sala de aula através da transposição didática possibilita fundamentação teórica para uma prática pedagógica reflexiva e questionadora. Para Chevallard, isso equivale à capacidade e à necessidade constante do professor exercer vigilância epistemológica em seu magistério, garantindo assim que a

distância entre saber científico e saber ensinado não comprometa a relação entre ambos em termos de verossimilhança.

A teoria da transposição didática de Yves Chevallard fornece uma perspectiva crítica sobre a relação entre o conhecimento acadêmico e o conhecimento escolar. No domínio acadêmico, o conhecimento é dinâmico, e tem como pretensão o avanço através de pesquisa e debate contínuos. Caracteriza-se também pela busca incessante de novas descobertas e compreensões, muitas vezes orientada por teorias complexas e metodologias rigorosas. Este conhecimento é construído e validado por uma comunidade de especialistas, estando em constante transformação à medida que novas informações e compreensões emergem (ALMEIDA, 2014).

Em contraste, o conhecimento escolar é mais estático e estruturado. A transposição didática envolve um processo de adaptação onde o conhecimento complexo e muitas vezes abstrato do domínio acadêmico é transformado em conteúdo mais concreto, sequencial e acessível para o ensino. Este processo não é apenas uma simplificação, mas recontextualização, e considera as necessidades de aprendizagem dos alunos, os objetivos educacionais e os contextos culturais e sociais em que a educação ocorre. O conhecimento escolar, portanto, não reflete apenas o estado atual do conhecimento acadêmico, mas também as prioridades e valores da sociedade em relação à educação.

No entanto, a relação entre esses dois domínios epistemológicos não é unidirecional. Enquanto o conhecimento acadêmico é transformado para fins educacionais, o feedback do ambiente educacional também pode influenciar a pesquisa acadêmica. Questões e perspectivas emergentes no ambiente escolar podem gerar novas linhas de investigação no campo acadêmico. Além disso, a transposição didática revela as tensões e desafios inerentes ao equilíbrio entre manter a integridade do conhecimento acadêmico e torná-lo acessível e relevante para o público escolar. Essa interação contínua entre os dois domínios reflete a natureza dinâmica do conhecimento e sua interdependência com o contexto social e cultural (CHEVALLARD et. Al., 2022).

3.2 Saberes e poderes: a transposição do conhecimento científico para a escola

De acordo com um conjunto de pesquisas (LOPES, 1997; WARTHA, 2013), o ensino de ciências nas escolas, em especial no ensino de química, tem sido apontado como um campo que requer permanente atenção em termos de estratégias e atividades didáticas. Como forma de enfrentamento a esses desafios na área, novas metodologias e abordagens

de ensino têm sido propostas (COLTURATO, 2021). Nessa corrente de pensamento, inclui-se por exemplo a transposição didática, ferramenta esta que possui um potencial para contribuir de forma positiva para o ensino, muito embora tenham sido pouco ou nada explorada pelos autores de livros didáticos de Química e igualmente pela maioria dos professores. Como resultado de tais pesquisas, contata-se o distanciamento entre os conteúdos abordados na disciplina de química e suas aplicações no desenvolvimento de tecnologias nas sociedades modernas e, conseqüentemente, na vida cotidiana das pessoas. Não é de se estranhar que, esse fato também seja apontado como um dos motivos para o baixo índice de aprendizagem por parte dos alunos.

De acordo com a análise de Brockington e Pietrocola (2005), uma compreensão profunda das dinâmicas presentes no sistema educacional exige a inclusão do conhecimento como um componente chave. Esta perspectiva ressalta a importância de entender as transformações pelas quais o conhecimento passa, desde a sua origem na comunidade científica até sua incorporação no ambiente escolar. Ao acompanhar essa jornada do saber, podemos atribuir maior relevância e significado ao conteúdo educativo apresentado nas escolas.

A trajetória do conhecimento científico até sua adaptação para o ensino é um processo complexo, que envolve não apenas a transmissão de informações, mas também a contextualização e adaptação desses saberes às realidades e necessidades dos alunos. Reconhecer e entender esse caminho pode enriquecer significativamente o processo educativo, tornando-o mais dinâmico, relevante e conectado às vivências dos estudantes. Assim, ao abordar o conhecimento não apenas como um conjunto de dados a ser memorizado, mas como um elemento vivo e em constante evolução, a educação pode se tornar uma ferramenta ainda mais poderosa para o desenvolvimento intelectual e social dos indivíduos.

“[...] Uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber. Pode formular-se uma pergunta que concede a polémica seu verdadeiro interesse: o que é então aquilo que, no sistema didático, se coloca sob o estandarte de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação estabelece com o que se proclama dele fora desse âmbito? E que relação estabelece então o “saber sábio”, o dos matemáticos? Quais distâncias existem entre um e outro?” (CHEVALLARD, 1991, apud BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005).

Para o desenvolvimento de materiais educativos é essencial compreender a natureza e a origem dos conhecimentos científico, cotidiano e escolar, bem como a interação entre eles. Em particular, é importante explorar como o conhecimento científico se conecta ao conhecimento escolar por meio do processo de transposição didática. Expandindo essa ideia, observa-se que a transposição didática é um processo crucial no qual o conhecimento científico é adaptado, recontextualizado e transformado em uma forma apropriada para o ensino e aprendizagem nas escolas. Esse processo não é simplesmente transmissão de informações, mas cuidadosa consideração das necessidades educacionais, contextos culturais e níveis de compreensão dos alunos. Assim, a transposição didática não só facilita a conexão entre o conhecimento científico e o escolar, mas também permite a integração de saberes cotidianos, enriquecendo a experiência educativa e tornando-a mais relevante e acessível para os estudantes (LOPES, 1997).

O conhecimento científico é criado através de métodos e sistemas específicos, visando entender e influenciar fenômenos que capturam a atenção humana. Este tipo de conhecimento, conforme descreve Lopes (1999), pode ser visto como uma perspectiva única de interpretar o mundo, uma forma de representação que busca descrever e explicar seus objetos de estudo através de processos de validação específicos. Contudo, é fundamental reconhecer que o conhecimento científico não é uma verdade absoluta ou final, é construído sobre erros, tanto quanto sobre verdades que são influenciadas por circunstâncias de caráter social e político.

Por outro lado, o conhecimento cotidiano emerge da interação direta com o mundo ao nosso redor. Diferente do conhecimento científico, ele não está atrelado a teorias ou interpretações lógicas rigorosas. Ao invés disso, é permeado pelas interações sociais, opiniões e o subjetivismo inerente à vida diária. Importante é notar que a questão não reside em avaliar qual forma de conhecimento é superior ou mais importante. Em vez disso, é crucial compreender que cada tipo de conhecimento tem sua validade e relevância dentro de contextos específicos. Assim, tanto o conhecimento científico quanto o cotidiano têm papéis distintos, mas complementares, na forma como compreendemos e interagimos com o mundo ao nosso redor.

De acordo com Lopes (1999), a experiência cotidiana é caracterizada por uma espontaneidade intrínseca nas ações diárias, que, embora possam parecer rotineiras ou comuns, não devem ser interpretadas pejorativamente. Essa rotina é repleta de ações instintivas e familiares, elementos que compõem o tecido da vida diária. No contexto do

cotidiano, empregamos de forma integrada nossos sentidos, capacidades intelectuais, emoções, paixões, ideologias e habilidades. Apresentamos a nós mesmos de maneira completa, ainda que isso signifique que nem todas as nossas potencialidades sejam exploradas ao máximo em cada momento.

Consideramos, portanto, que o conhecimento cotidiano é fundamental para a existência humana. Devemos reconhecer a importância dos diversos tipos de saberes dentro de seus respectivos campos de atuação, sem impor hierarquias, extratos ou subestimar uns em favor de outros. Ressaltamos com isso, a necessidade de uma abordagem holística e inclusiva do conhecimento, onde cada forma de saber é valorizada por sua contribuição única e essencial à compreensão e à experiência humanas, sempre sujeitas ao debate e diálogos entre as partes envolvidas. A valorização de diferentes tipos de conhecimento, sem preconceitos ou hierarquias, é crucial para compreendermos as formas de vida de maneira mais rica e diversificada no mundo em que vivemos.

O conhecimento escolar é uma amalgama de diversos saberes, cada um refletindo aspectos variados da sociedade em que estamos inseridos. Lopes (1999) destaca que os saberes presentes no ambiente escolar são um espelho da distribuição de poder e dos mecanismos de controle social. Originalmente, esse conhecimento é gerado dentro da comunidade científica e, posteriormente, passa por um processo de reestruturação e seleção antes de ser incorporado ao currículo escolar. Esse processo de adaptação é guiado por uma série de critérios que variam amplamente, dependendo tanto das metas específicas do ensino quanto do contexto sociocultural em que alunos e educadores estão inseridos.

Essa seleção e adaptação do conhecimento científico para o contexto escolar são cruciais para tornar o ensino relevante e acessível. Eles permitem que o conhecimento seja não apenas transmitido, mas também contextualizado de maneira a ressoar com as experiências e necessidades dos estudantes. Assim, o conhecimento escolar não é apenas um reflexo do conhecimento científico, mas uma entidade dinâmica que é continuamente moldada e influenciada pelo contexto social, cultural e político em que a educação ocorre.

“[...] Na despersonalização, os sujeitos produtores do conhecimento tornam-se anônimos, o conhecimento toma ares de universalidade generalidade. Na descontextualização são negligenciados os contextos e as origens da produção e desenvolvimento de determinado conhecimento” (LOPES, 1999).

Diversos atores influenciam o processo de transposição didática, incluindo pesquisadores, autores de livros didáticos, professores, alunos e a sociedade em geral. Conforme apontado por Chevallard (1991), quando o conhecimento acadêmico é adaptado para o contexto escolar, ele passa por uma transformação significativa, perdendo algumas de suas características originais. Isso destaca a importância de entender os mecanismos de mediação do conhecimento e a necessidade de uma contextualização nas salas de aula.

Este processo de adaptação e transformação do conhecimento acadêmico em conhecimento escolar é complexo e multifacetado. Ele não apenas altera a forma como o conhecimento é apresentado, mas também como é compreendido e internalizado pelos alunos. A compreensão desses processos de mediação é crucial para garantir que o conhecimento transmitido seja não apenas informativo, mas também relevante e acessível para os estudantes. Portanto, a contextualização cuidadosa em sala de aula é fundamental para conectar o conteúdo ensinado com a realidade vivida pelos alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e integrada.

3.3 Viscosidade

Uma característica primordial associada aos óleos lubrificantes é a viscosidade, pois está diretamente relacionada com suas aplicações e influencia diretamente o desempenho nas máquinas. A história do conceito de viscosidade é marcada por contribuições significativas de muitos cientistas ao longo dos séculos. Os primeiros registros do entendimento de viscosidade remontam à Antiguidade, mas foi durante o Renascimento que as observações se tornaram mais sistemáticas. Leonardo da Vinci (1452-1519) realizou experimentos sobre o comportamento de líquidos e tentou descrever suas propriedades de escoamento (CORSINI, 2018).

Isaac Newton desempenhou papel fundamental na história da viscosidade. Foi ele quem, em sua obra *Principia Mathematica*, propôs a lei da viscosidade, que descreve a relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação em fluidos. Essa lei foi um passo crucial para entender a natureza dos fluidos e sua resistência ao fluxo. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a viscosidade é medida em Pascal-segundo (Pa·s). Esta unidade é derivada de unidades básicas do SI, com um Pascal-segundo equivalente a um Newton-segundo por metro quadrado (N·s/m²). Este padrão é utilizado

mundialmente para quantificar a viscosidade de fluidos, tanto em contextos científicos quanto industriais (WHITE, 2018).

No século XIX, o estudo da viscosidade ganhou mais espaço com cientistas como Jean Louis Marie Poiseuille (1797-1869) e George Gabriel Stokes (1819-1903). Poiseuille, conhecido por seu trabalho na fisiologia do fluxo sanguíneo, desenvolveu a lei de Poiseuille, que descreve o fluxo de fluidos em tubos. George Gabriel Stokes, por sua vez, contribuiu para a teoria do fluxo viscoso e a dinâmica dos fluidos, incluindo a formulação do famoso teorema de Stokes na hidrodinâmica (ZEYTOUNIAN, 2017).

A Lei de Stokes é uma lei fundamental na dinâmica dos fluidos que descreve a força de arrasto (resistência) que atua sobre esferas sólidas em movimento dentro de um fluido viscoso. Esta lei é particularmente relevante para o estudo da viscosidade de líquidos e tem amplas aplicações, desde a engenharia até a geologia e a biologia. Proposta por George G. Stokes em 1851, a Lei de Stokes descreve a relação entre o tamanho de uma esfera e a sua velocidade de queda em um fluido. Três forças principais atuam sobre a esfera: a força gravitacional (F_g), que depende da aceleração da gravidade (g) e da massa (e , portanto, do diâmetro e da densidade) da esfera; a força de flutuação (F_b), que é influenciada pela massa do fluido deslocado pela esfera (e , assim, pelo diâmetro e densidade do fluido); e a força de arrasto (F_d), que é afetada pelo tamanho da esfera, pela viscosidade do fluido e pelo diâmetro da esfera (WHITE, 2018).

A Lei de Stokes pode ser expressa matematicamente como:

$$F = 6 \pi \eta r v$$

Onde:

1. F é a força de arrasto exercida pelo fluido sobre a esfera (em Newtons).
2. η é a viscosidade do fluido (em Pascal x segundos) (ou equivalente a N.s/m²).
3. r é o raio da esfera (em metros).
4. v é a velocidade da esfera em relação ao fluido (em metros por segundo).

Na relação proposta por Stokes, assume-se que o fluxo ao redor da esfera é laminar, ou seja, as camadas do fluido deslizam suavemente uma sobre a outra sem turbulência. Além disso, pressupõe que a esfera é suficientemente pequena, a velocidade não é muito

alta, e o fluido tem um número de Reynolds² baixo, garantindo que as condições de fluxo laminar se mantenham. A Lei de Stokes é usada para determinar a viscosidade de líquidos em experimentos práticos, como na viscosimetria de queda de esfera, onde uma esfera é deixada cair através de um fluido e sua velocidade de queda é usada para calcular a viscosidade do fluido. Além disso, é fundamental no entendimento de fenômenos naturais, como a sedimentação de partículas em ambientes aquáticos (RUDNICK, 2017).

A revolução industrial intensificou a necessidade de compreender melhor a viscosidade para aplicações práticas. Isso levou a avanços significativos na pesquisa de fluidos, com a introdução de conceitos como viscosidade dinâmica e cinemática e a diferenciação entre fluidos newtonianos e não-newtonianos. Esses conceitos foram essenciais para a modelagem e previsão do comportamento dos fluidos em diversas aplicações industriais e científicas (ZEYTOUNIAN, 2017).

No século XX, o campo da viscosidade continuou a evoluir, impulsionado pelo advento da computação e da simulação numérica. Isso permitiu uma modelagem mais precisa de sistemas fluidos complexos. A viscosidade, como conceito, expandiu-se tanto em compreensão teórica quanto em aplicação prática, influenciando desde a engenharia aeroespacial até a medicina. Isaac Newton, junto com Poiseuille, Stokes e outros, permanecem como figuras centrais na história do conceito de viscosidade, demonstrando a interconexão duradoura entre as leis fundamentais da física e suas aplicações no mundo real.

Um óleo com alta viscosidade apresenta um fluxo mais lento devido à maior resistência ao escoamento, enquanto um óleo de baixa viscosidade flui mais facilmente. A viscosidade está diretamente relacionada à resistência ao fluxo. As diferenças na viscosidade entre substâncias recebem influência das interações intermoleculares. Estas interações variam em intensidade dependendo da natureza e estrutura das moléculas envolvidas. Moléculas polares, por exemplo, tendem a ter interações mais fortes entre si devido às suas cargas parciais, o que pode resultar em uma maior viscosidade para um fluido que as contém. (RUDNICK, 2017).

² Um fluido com um número de Reynolds baixo indica que o escoamento é dominado por forças viscosas, em vez de forças inerciais. O número de Reynolds é uma quantidade adimensional que ajuda a caracterizar o tipo de escoamento de um fluido. Quando o número de Reynolds é baixo (geralmente considerado menor que aproximadamente 2000 para escoamento em tubos), o escoamento é tipicamente laminar. Isso significa que o fluido se move em camadas paralelas, sem turbulência. As forças viscosas são suficientemente fortes para resistir a perturbações e manter um fluxo suave e ordenado (WHITE, 2018).

Em certas situações, outros elementos podem igualmente influenciar o desempenho dos óleos lubrificantes. Um dos fenômenos que pode ser observado é a formação de uma película ou camada fluida, na qual ocorre a adesão física do óleo a um material específico, normalmente um tipo de metal. Esse fenômeno explica por que dois óleos com a mesma viscosidade podem exibir diferentes comportamentos em termos de resistência. Essa característica surge devido à ligação entre uma fina camada de óleo e a superfície do metal quando eles entram em contato. As moléculas criam uma camada inicial de filme que na partida a frio de um motor, por exemplo, reduz o atrito ou o contato entre as superfícies metálicas.

Isso leva, por exemplo, ao conceito de lubrificação limítrofe, no qual a camada de filme mais fina formada é responsável por minimizar a fricção. A lubrificação limítrofe é um regime de lubrificação que ocorre quando as superfícies de contato em um rolamento ou deslizamento estão muito próximas e a película de lubrificante entre elas é extremamente fina. Nesta situação, a espessura do filme de lubrificante não é suficiente para evitar completamente o contato direto entre as superfícies, levando a interações significativas entre as asperezas das superfícies. Em regimes de lubrificação limítrofe, as propriedades químicas do lubrificante tornam-se cruciais. Os aditivos no lubrificante podem interagir com superfícies metálicas para formar uma camada protetora, reduzindo o desgaste e a fricção. Esse tipo de lubrificação é comum em condições de carga pesada e baixa velocidade. (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Conforme estabelecido pela American Society Testing and Materials (ASTM), existem duas definições de viscosidade: a dinâmica e a cinemática. A viscosidade dinâmica, também conhecida como absoluta, está associada à resistência que um fluido apresenta ao cisalhamento quando sujeito a uma força aplicada em uma superfície, movendo-se a uma velocidade de um centímetro por segundo. A unidade de medida usada para expressar a viscosidade dinâmica é o Poise (P), que é representado em gramas por centímetro por segundo. Por outro lado, a viscosidade cinemática refere-se ao tempo que um fluido leva para escoar através de um tubo capilar de dimensões conhecidas, dependendo apenas do tempo e do comprimento do tubo. No Sistema Internacional de Unidades (SI), a viscosidade cinemática é expressa em milímetros quadrados por segundo (mm^2/s) ou, de maneira mais comum, em centistokes (cSt) (MANG e DRESEL, 2007).

Frequentemente, a viscosidade é avaliada a uma temperatura específica, embora outra propriedade igualmente significativa seja a variação da viscosidade conforme a

temperatura varia, conhecida como variação viscosidade-temperatura (VT). O Índice de Viscosidade (IV) é o método convencional usado para representar essa relação entre viscosidade e temperatura. O IV é uma medida amplamente utilizada para identificar e discernir a origem dos óleos base utilizados na composição de lubrificantes, mesmo quando ocorre a mistura de diferentes tipos de óleo. Esse cálculo se baseia em uma escala empírica que utiliza valores de viscosidade de óleos de referência e valores de viscosidade obtidos a partir da análise dos óleos em questão. O procedimento envolve medições de viscosidade realizadas em uma faixa de temperatura normalmente situada entre 40 e 100 °C. Vale ressaltar que, apesar de ser amplamente empregado na indústria de lubrificantes, o Índice de Viscosidade (IV) possui limitações e não é aplicável a todos os tipos de óleos (MANG e DRESEL, 2007).

4. HISTÓRIA DO ÓLEO

Nesta sessão apresentaremos algumas questões sobre o óleo como um objeto de lubrificação, sua história, aspectos da indústria de lubrificantes no Brasil, a importância do petróleo nesse objeto-produto, e finalmente a matriz dos lubrificantes minerais.

4.1 História do óleo lubrificante

O uso de lubrificantes foi de grande importância ao longo da história, sua evolução e diversas aplicações foram essenciais para grandes avanços na sociedade. Por volta de 2500 A.C, os egípcios utilizavam troncos de árvores para reduzir o atrito entre os trenós e o solo, esses trenós serviam para carregar grandes pedras utilizadas nas construções das pirâmides (SÁ, 2017). Nesta mesma época, surgiram os primeiros lubrificantes, onde eram constituídos de sebo de boi e/ou carneiro, substituindo os troncos de árvores.

Segundo Sá (2017), alguns anos depois, os gregos começaram a usar gordura animal para lubrificar as rodas das vigas que eram usadas como transporte. Por volta do século VIII, os noruegueses começaram a usar óleo de baleia para lubrificar os eixos dos lemes e as articulações das velas. Somente no século XVII que começaram a surgir os primeiros óleos derivados do petróleo, um lubrificante melhor do que a gordura animal para o desenvolvimento da civilização e, a revolução industrial fez com que aumentasse o uso de óleo lubrificantes minerais.

Com o passar dos anos, as tecnologias e novos maquinários forçaram as pesquisas para o desenvolvimento dos lubrificantes para que pudessem ser utilizados de forma mais eficaz, garantindo um maior desempenho dos maquinários. Dessa forma, o lubrificante se dividiu tendo diversas bases de adições diferenciadas, com diversas especificações, assim, adquiriram melhor qualidade e utilização de forma correta (ARAÚJO, 1997; CARRETEIRO E MOURA, 1987).

Assim, o lubrificante passou de apenas um mero redutor de atrito, para um produto decisivo na competitividade das indústrias, proporcionando melhorias no desempenho dos equipamentos. Hoje verificamos que há uma grande preocupação com o uso e a destinação dos lubrificantes usados, desta forma, as empresas preocupadas com o meio ambiente vem desenvolvendo produtos biodegradáveis, que causam menos impacto ao meio ambiente (ARAÚJO, 1997; CARRETEIRO E MOURA, 1987).

4.2 Os lubrificantes no Brasil

No Brasil, em 1864, teve início a exploração de poços de petróleo, mas essa fase inicial foi caracterizada por diversas tentativas infrutíferas realizadas por pessoas curiosas e persistentes. Posteriormente, entre 1892 e 1896, essas tentativas culminaram na concessão de direitos para a prospecção de petróleo a particulares. O primeiro poço de petróleo a entrar em operação no país foi identificado em 1897, na região de Bofete, no estado de São Paulo (THOMAS, 2004).

No início do século XX, uma sequência de eventos teve um impacto significativo na evolução da indústria de petróleo no Brasil. Em 1934, o Código de Minas estabeleceu diretrizes para a pesquisa e extração de petróleo. No ano de 1938, o Conselho Nacional de Petróleo (CNP) foi estabelecido e várias leis foram promulgadas para garantir que os direitos de exploração de poços de petróleo fossem reservados para cidadãos brasileiros. No ano seguinte, em 1939, o primeiro poço de petróleo comercial do país foi descoberto graças aos esforços pioneiros de Oscar Cordeiro e do engenheiro Manoel Inácio Bastos, localizado no município de Lobato, na Bahia. A partir desse marco, foram realizadas descobertas de muitos campos petrolíferos em diferentes estados, incluindo Paraná, Sergipe, Alagoas e Recôncavo Baiano. Durante a década de 1940, surgiram discussões sobre a nacionalização das reservas de hidrocarbonetos e a necessidade de proteger os recursos minerais contra empresas privadas que almejavam explorar essas valiosas reservas (THOMAS, 2004).

A partir dos anos 1950, iniciaram-se os primeiros estudos sobre as propriedades físico-químicas dos óleos lubrificantes. Nesse período, a ênfase estava principalmente na obtenção de uma viscosidade adequada e na garantia da ausência de substâncias ácidas nos óleos. No entanto, com os avanços nos estudos de petroquímica, especialmente na síntese de compostos orgânicos, na década de 1960, foram introduzidos os aditivos químicos. O uso desses aditivos permitiu a extensão da vida útil de máquinas e motores. Na década de 1970, surgiram os óleos sintéticos, que eram produzidos em laboratório por meio de síntese química. Eles demonstraram ter desempenho superior em comparação aos óleos de base mineral. Embora os óleos sintéticos oferecessem vantagens, como melhor desempenho, o alto custo inicial inicialmente levou à resistência por parte do mercado. Entretanto, nas décadas de 1980 e 1990, devido ao avanço tecnológico e à crescente demanda por óleos mais amigáveis ao meio ambiente e de qualidade superior, os preços tornaram-se mais acessíveis aos consumidores (MANG e DRESEL, 2007).

Quando se trata de quantidade, o componente mais predominante nos lubrificantes é o óleo base mineral, que é extraído do petróleo e pode compor até 95% do produto final. Devido a essa razão, os lubrificantes frequentemente são relacionados aos outros produtos secundários da indústria do petróleo. No entanto, é notável que os óleos lubrificantes estão se tornando cada vez mais distintos dos demais subprodutos do petróleo, apresentando características específicas e um mercado próprio que está em constante crescimento. Além disso, existe uma demanda crescente por lubrificantes de elevada qualidade (MANG e DRESEL, 2007).

4.3 O petróleo e sua determinação no óleo lubrificante

Nesta sessão faremos relações entre a composição do petróleo e a obtenção de lubrificantes minerais.

4.3.1 Composição do petróleo para a matriz de óleos lubrificantes

O petróleo, utilizado como matéria-prima na fabricação de óleos lubrificantes, é uma mistura essencialmente composta por substâncias orgânicas, com uma parcela minoritária de componentes inorgânicos. Sua composição varia significativamente dependendo de sua origem geológica, mas em geral, inclui uma grande variedade de moléculas, desde gases como metano e etano até hidrocarbonetos mais pesados e compostos com enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais. A natureza diversificada desses componentes confere ao petróleo um vasto espectro de propriedades físicas e químicas, tornando-o uma fonte de energia extremamente versátil e valiosa.

O petróleo bruto é constituído principalmente por aproximadamente 90% a 99% de hidrocarbonetos. De forma geral, o petróleo se manifesta na forma de um líquido de coloração escura, com densidade inferior à da água, uma viscosidade considerável e um odor intenso e característico. No petróleo, hidrocarbonetos que podem existir nos estados líquido, sólido ou dissolvidos na forma gasosa. Além disso, o petróleo carrega consigo impurezas como água, sedimentos, sais e outras substâncias que contêm átomos de enxofre, nitrogênio, cloro e outros elementos (THOMAS, 2004).

As propriedades dos hidrocarbonetos são influenciadas pelo número de átomos de carbono, pelo número de átomos de hidrogênio nas moléculas e pela estrutura molecular. Conseqüentemente, as características físico-químicas podem variar consideravelmente entre os diferentes tipos de hidrocarbonetos. Com base na natureza da ligação entre os átomos de carbono e na configuração molecular, os hidrocarbonetos são classificados em

categorias distintas, que incluem parafínicos, naftênicos, olefínicos e aromáticos (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008; XAVIER & BRONZI, 2011).

O processo de refino do petróleo é projetado para separar e purificar esses diferentes componentes, aproveitando sua variedade para produzir uma gama de produtos úteis. Este processo geralmente começa com a destilação fracionada, na qual o petróleo bruto é aquecido e os diferentes hidrocarbonetos são separados com base em seus pontos de ebulição. Este método permite a separação de várias frações, como gases, gasolina, querosene, diesel e óleos mais pesados. Cada fração tem uma gama específica de tamanhos de moléculas e, conseqüentemente, propriedades distintas que as tornam adequadas para diferentes aplicações.

Além da destilação fracionada, processos adicionais, como craqueamento, reforma catalítica e tratamento com hidrogênio, são usados para melhorar a qualidade ou alterar as características das frações do petróleo. Esses processos podem quebrar moléculas maiores em menores, remover impurezas ou aumentar a proporção de hidrocarbonetos mais desejáveis, como os aromáticos, que são importantes para a produção de combustíveis de alta qualidade e produtos petroquímicos. O refino moderno envolve uma combinação complexa desses métodos, visando maximizar a eficiência e a produtividade, ao mesmo tempo em que atende aos padrões ambientais e de segurança (SPEIGHT, 1998).

Para a obtenção de óleos lubrificantes, as frações de interesse são os óleos básicos, que são obtidos principalmente das frações mais pesadas do petróleo. Estes óleos básicos são tratados posteriormente para melhorar suas propriedades, como a estabilidade térmica e a resistência à oxidação. O processo inclui a remoção de impurezas e a adição de aditivos para melhorar as características de desempenho, como a viscosidade, a resistência ao desgaste e a proteção contra a corrosão. Os óleos lubrificantes são essenciais para a operação eficiente e a longevidade de uma vasta gama de máquinas e motores, evidenciando mais uma das múltiplas aplicações valiosas dos componentes derivados do petróleo.

4.3.2 Obtenção de óleos lubrificantes minerais

Dado que o petróleo é uma substância composta por diversos componentes, é razoável inferir que a separação dessas substâncias é necessária por meio de uma série de

processos, com o objetivo de obter somente os produtos desejados. Esse procedimento, conhecido como refinação, desempenha um papel fundamental na extração de materiais com propriedades físico-químicas específicas e maior valor agregado (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008). As maneiras como os processos de refino são implementadas depende da composição e das características do petróleo bruto.

Em termos essenciais, o refino tem três principais objetivos: a produção de combustíveis, a obtenção de insumos químicos e a geração de óleos básicos e parafinas (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008). Neste contexto, nossa abordagem se concentrará particularmente no processo de refino do petróleo com o intuito de obter óleos básicos destinados à fabricação de lubrificantes. Contudo, é possível subdividir o tratamento do petróleo em três categorias distintas de processamento.

1. Processo de separação: de natureza física, consiste na separação das frações de petróleo de acordo com o número de carbonos – frações leves, intermediárias e pesadas;
2. Processos de transformação: de natureza química, tem por objetivo alterar a “composição química” de uma fração, de modo a se obter matérias com propriedades desejáveis;
3. Processo de acabamento ou tratamento final: objetiva melhorar o produto por meio de eliminação de impurezas.

A fase inicial do tratamento do petróleo nas instalações da refinaria implica na separação das substâncias por meio de um processo de destilação, que conduz à obtenção de frações com diferentes faixas de temperatura de ebulição, conforme especificado na Tabela 1. Esse procedimento se fundamenta na separação física dos componentes presentes em uma mistura de líquidos que são miscíveis, porém, possuem distintos pontos de ebulição. É relevante destacar que as propriedades físicas dos componentes em cada fração permanecem inalteradas (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

A técnica de destilação se apoia na variação da volatilidade dos elementos constituintes do petróleo e é executada por meio de uma série de processos sequenciais de vaporização e condensação. Isso permite a separação das diversas substâncias, com base na diferença de suas temperaturas de ebulição. Nesse momento, a pressão de vapor alcança o equilíbrio com a pressão do ambiente circundante. É relevante destacar que os

valores das temperaturas de ebulição dos hidrocarbonetos aumentam à medida que suas massas molares crescem (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

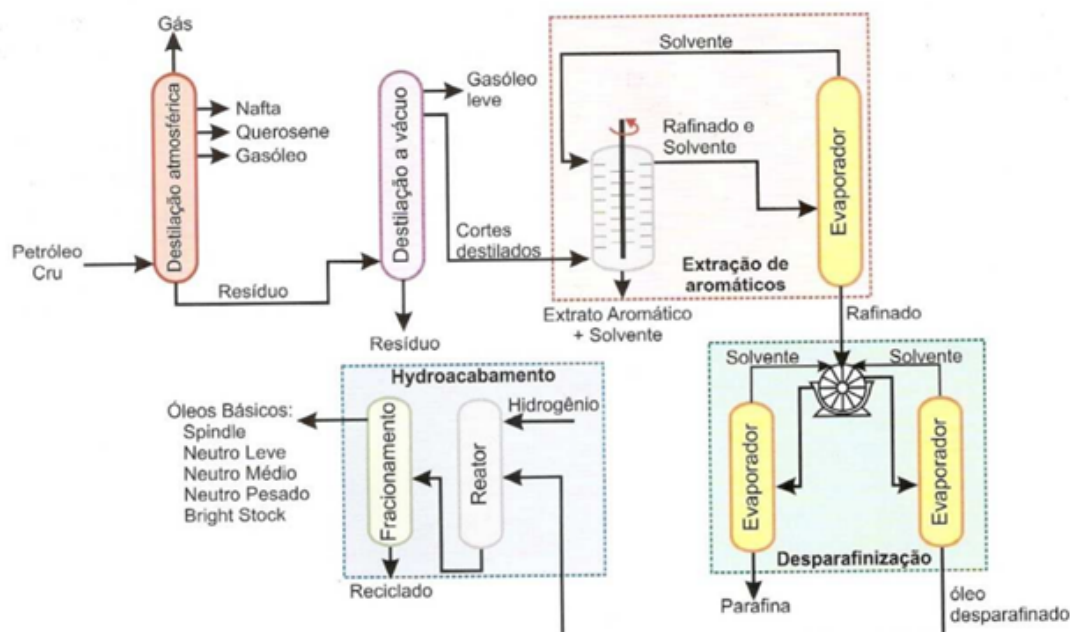
Durante essa operação, é frequente que as substâncias arrastrem consigo outras substâncias de pontos de ebulição semelhantes. No entanto, é crucial observar que a composição do vapor que está em equilíbrio com a mistura líquida será sempre mais concentrada no componente mais volátil do que a composição da própria mistura líquida. O princípio fundamental subjacente ao processo de destilação se baseia exatamente nessa discrepância de composição entre a mistura líquida e o vapor em equilíbrio, possibilitando sua separação após a condensação. Simultaneamente, ocorre a formação de um resíduo composto por substâncias de massas molares elevadas que, nas condições de temperatura e pressão durante a destilação (Quadro 1), não passam para a fase vapor (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Quadro 1- Frações típicas do petróleo obtidas pelo processo de destilação – Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008)

Fração	Temperatura de ebulição (°C)	Composição aproximada	Uso
Gás Liquefeito – GLP	Até 40	C ₁ – C ₂ C ₃ – C ₄	Gás doméstico e industrial
Gasolina	40 – 175	C ₅ – C ₁₀	Combustível de automóvel e solvente
Querosene	175 – 235	C ₁₁ – C ₁₂	Iluminação e combustível de avião
Gasóleo Leve	235 – 305	C ₁₃ – C ₁₇	Diesel e fornos
Gasóleo Pesado	305 – 400	C ₁₈ – C ₂₅	Insumo para lubrificantes
Lubrificantes	400 – 510	C ₂₆ – C ₃₈	Óleos lubrificantes
Resíduo	Acima 510	C ₃₈ ou mais	Asfalta, piche, impermeabilizantes

De acordo com Carreteiro e Belmiro (2008), para obter as frações de petróleo que servem como base para fabricação de óleo lubrificante, é necessário realizar um processo de destilação em dois estágios, seguido por etapas de extração de aromáticos, desparafinação e hidro acabamento. Esses procedimentos estão apresentados visualmente na Figura 1.

Figura 1- Processo simplificado da obtenção de óleo base para lubrificantes



Fonte: CARRETEIRO e BELMIRO, 2008

A primeira etapa ocorre em uma torre de destilação que opera à pressão atmosférica. Nesse estágio, ocorre a separação dos combustíveis e do gasóleo. O resíduo que não foi destilado é encaminhado para um aquecedor de uma segunda torre, que opera sob pressão reduzida. A destilação a vácuo se torna essencial devido ao fato de que a separação dos componentes mais pesados do petróleo, que possuem massas molares maiores, sem que haja degradação térmica (craqueamento), só é possível mediante a redução da pressão de vapor e, conseqüentemente, da diminuição da temperatura de ebulição, que ocorre em torno de 450°C (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Após o processo de destilação a vácuo, são obtidas frações de óleos pesados que ainda contêm impurezas indesejáveis, como hidrocarbonetos naftênicos e aromáticos, capazes de afetar de forma adversa a qualidade do produto final. Para eliminar esses contaminantes, diversos métodos de extração por solvente são empregados. Geralmente, a extração é realizada logo após a destilação a vácuo, e seu foco principal é a remoção dos componentes aromáticos. Essa etapa visa aumentar o índice de viscosidade e melhorar a estabilidade à oxidação, já que a presença de substâncias aromáticas pode prejudicar a qualidade do produto final e acarretar riscos para a saúde. Em resumo, os óleos aromáticos não são adequados para aplicações de lubrificação (MANG e DRESEL, 2007).

A fração isenta de aromáticos é então direcionada para a etapa de desparafinação. Nesse processo, a temperatura da mistura é reduzida a um ponto no qual a maior parte

das parafinas de cadeias longas se solidifica e pode ser removida por filtração. A importância dessa fase reside no fato de que o excesso de parafinas com cadeias carbônicas longas tem efeitos adversos nas propriedades dos óleos lubrificantes. Isso resulta na redução da capacidade de escoamento do óleo em baixas temperaturas e no aumento do ponto de fluidez, que é a temperatura mínima na qual o óleo ainda pode fluir (MANG e DRESEL, 2007).

A fase final do processo tem como objetivo principal aprimorar a estabilidade, o odor e a claridade do óleo, mediante a eliminação de substâncias cujas moléculas contenham átomos de enxofre, nitrogênio ou oxigênio. Essencialmente, esse procedimento envolve a reação da mistura com gás hidrogênio, a altas temperaturas e pressão, em um reator fechado, com a adição de um catalisador. Isso tem o propósito de converter as olefinas em hidrocarbonetos saturados (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008). Outros tratamentos finais que utilizam substâncias absorventes, como argilas, podem ser necessários, dependendo do tipo de petróleo bruto.

5. TIPOS DE ÓLEO LUBRIFICANTES

Nesta sessão trataremos de apresentar os tipos de óleos lubrificantes, ao focalizar a distinção entre lubrificantes sintéticos e vegetais. Apresentaremos um debate sobre os tipos de aditivos implementados nos óleos lubrificantes, com destaque para os aditivos químicos, tipos de detergentes e dispersantes, aditivos com papel antioxidante, para melhoria da viscosidade e os antiespumantes.

5.1 Óleos lubrificantes sintéticos

A classificação de um óleo lubrificante como sintético ocorre quando o seu componente principal, o óleo base, é produzido por meio de síntese em laboratório. Ainda que a fabricação das bases sintéticas envolva, em grande parte, reagentes derivados do petróleo, o óleo final resultante é composto exclusivamente pelos componentes desejados, com praticamente nenhuma presença de impurezas. Essa característica confere a esses produtos uma maior confiabilidade e a capacidade de oferecer um desempenho superior em comparação aos óleos convencionais (MANG e DRESEL, 2007).

A partir da década de 1930, a produção industrial de lubrificantes sintéticos experimentou um notável crescimento. Desde então, devido aos avanços tecnológicos na indústria e à crescente demanda por óleos lubrificantes com uma vida útil prolongada, capazes de atender a condições mais severas ou específicas, as bases sintéticas têm ganhado uma crescente importância no mercado de lubrificantes (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016). Hoje em dia, há várias bases sintéticas disponíveis no mercado, como as polialfaolefinas (PAO) e os polialquilenoglicóis (PAG), e a escolha entre elas para a formulação do óleo final depende do tipo de aplicação e dos aditivos que serão incorporados (MANG e DRESEL, 2007).

A comparação entre o uso de bases sintéticas e minerais para lubrificação revela diversas vantagens na adoção de óleos sintéticos, mas também algumas desvantagens. Entre os aspectos técnicos favoráveis estão a alta resistência a temperaturas extremas e suas flutuações, uma melhor resistência à oxidação, maior estabilidade química, ou seja, menor reatividade, e uma vida útil prolongada do produto. No entanto, entre as principais desvantagens, destacam-se a incompatibilidade com certos aditivos químicos na produção do produto final acabado e o custo elevado em comparação com as bases convencionais,

o que torna essencial a avaliação de custo-benefício sempre que se considera seu uso (CARRETEIRO e BELMIRO, 2008).

5.2 Óleos lubrificantes vegetais

Uma alternativa adicional para a fabricação de óleos lubrificantes é a utilização de óleo vegetal como base. A indústria de lubrificantes tem investido na produção de óleos biodegradáveis há muitos anos, embora seu uso em larga escala ainda não tenha sido amplamente adotado devido a várias limitações associadas a esses óleos (MANG e DRESEL, 2007).

Os óleos vegetais, provenientes de sementes como girassol, mamona, soja e outras fontes, são compostos principalmente por triglicerídeos, que resultam da combinação de glicerol e ácidos graxos. Esses óleos apresentam propriedades lubrificantes superiores em comparação com óleos minerais. No entanto, sua aplicação é restrita devido à baixa resistência térmica, propensão à oxidação e viscosidade reduzida em baixas temperaturas. Essas limitações surgem devido à presença de insaturações nas cadeias carbônicas, tornando-os suscetíveis a diversas reações químicas. Como alternativa para superar essas limitações, existem duas opções: a utilização de aditivos químicos para modificar essas propriedades ou a modificação química dos óleos vegetais, ou seja, a alteração da própria composição dos óleos (MANG e DRESEL, 2007).

5.3 Aditivos Químicos

Conforme previamente discutido neste estudo, aproximadamente 95% do volume total do óleo lubrificante é composto pelo óleo base, que pode ser de origem mineral, sintética ou vegetal. No entanto, é fundamental ressaltar que apenas o óleo base por si só não consegue atender aos rigorosos critérios de desempenho exigidos pelas máquinas modernas na atualidade (MANG e DRESEL, 2007).

Adicionalmente, as condições ambientais nas quais o óleo é utilizado, incluindo variáveis como temperatura e pressão, podem impactar a sua estabilidade. Por essa razão, é crucial introduzir componentes com a capacidade de alterar essas propriedades. Esses componentes são referidos como aditivos químicos e desempenham uma função essencial na aprimoração da qualidade do óleo lubrificante (MANG e DRESEL, 2007).

De maneira geral, os aditivos são substâncias químicas sintéticas que, quando incorporadas em pequenas quantidades, geralmente variando de 1% a 5% em volume, conferem características específicas ao produto. Eles desempenham um papel

fundamental na melhoria da qualidade do óleo, abrangendo desde a extensão da vida útil até o aprimoramento do desempenho da lubrificação. Existem diversas categorias de aditivos que são introduzidas no óleo base, permitindo que o produto atenda às exigências particulares de diferentes aplicações (MANG e DRESEL, 2007).

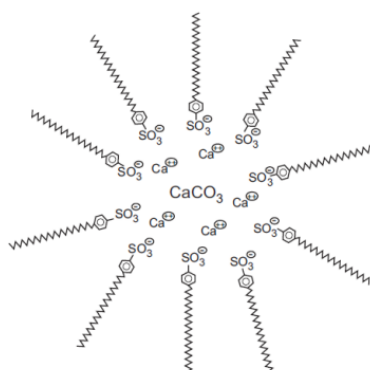
Os principais aditivos podem ser categorizados como antioxidantes, detergentes, dispersantes, antiespumantes e melhoradores de viscosidade.

5.3.1 Aditivos detergentes e dispersantes

Esses aditivos desempenham um papel fundamental nos motores modernos, sejam eles a gasolina ou a diesel. A principal função dos detergentes e dispersantes é solubilizar partículas contaminantes presentes no óleo e impedir a formação de resíduos sólidos a partir dos subprodutos da oxidação resultantes do processo de combustão do motor (MANG e DRESEL, 2007).

Em termos gerais, esses aditivos têm semelhanças com os detergentes utilizados em aplicações domésticas, consistindo em substâncias cujas moléculas possuem longas cadeias de hidrocarbonetos com grupos polares nas extremidades, frequentemente compostas por sais de fosfonatos ou sulfonatos (Figura 2). Vale destacar que os sais sulfonados também apresentam excelentes propriedades anticorrosivas, neutralizando os produtos ácidos gerados durante a combustão e dispersando os óxidos e hidróxidos metálicos (MANG e DRESEL, 2007).

Figura 2- Exemplo de estrutura de molécula de sal sulfonato formando micela de detergente.



Fonte: MANG e DRESEL, 2007.

5.3.2 Aditivos antioxidantes

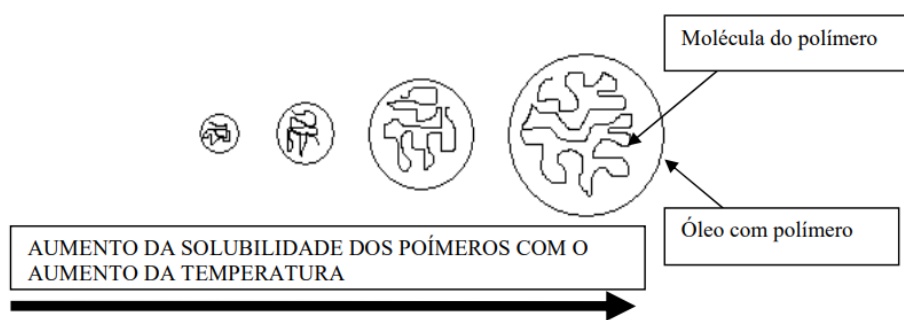
São substâncias orgânicas que têm a capacidade de reduzir ou eliminar a oxidação dos hidrocarbonetos, ou seja, inibem a reação das moléculas do lubrificante com o

oxigênio presente no ar. De acordo com Carreteiro e Belmiro (2008): "a oxidação dos hidrocarbonetos está diretamente relacionada com a formação de peróxidos orgânicos, que se decompõem e geram mais radicais, iniciando uma reação em cadeia". Em essência, os antioxidantes desempenham seu papel de duas maneiras: prevenindo a formação de radicais orgânicos e decompondo os peróxidos já formados.

5.3.3 Aditivos melhoradores de viscosidade

Esses aditivos atuam de modo a reduzir a variação da viscosidade em resposta às flutuações de temperatura. Em óleos lubrificantes, é comum notar que a viscosidade diminui à medida que a temperatura aumenta e, inversamente, aumenta quando a temperatura diminui. Os aditivos melhoradores de viscosidade contrariam essa tendência. Eles funcionam porque o óleo base atua como um solvente para o aditivo, e à medida que a temperatura sobe, a capacidade de solvatação também aumenta. Isso leva à solubilização dos polímeros, que se emaranham e expandem, resultando em um aumento da viscosidade do óleo, conforme podemos verificar na Figura 3 (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Figura 3- Atuação dos aditivos melhoradores de viscosidade (polímeros).



Fonte: CARRETEIRO e BELMIRO, 2008.

5.3.4 Aditivos Antiespumantes

A ocorrência de espuma, o processo de criação de suspensões estáveis de pequenas bolhas de ar nos óleos lubrificantes, é um efeito indesejado. Isso acontece porque a formação de espuma acelera a degradação do óleo, aumentando o contato com o oxigênio do ar. Além disso, a formação de suspensões de espuma altera as propriedades de lubrificação do óleo. Os compostos mais eficazes em prevenir a formação de espuma são os silicones líquidos, especialmente aqueles com estrutura linear.

Primeiramente, esses aditivos reduzem a tensão superficial do óleo, o que dificulta a formação de bolhas de ar estáveis. Quando o óleo é agitado ou circula sob condições que normalmente induziriam a formação de espuma, a presença do aditivo antiespumante ajuda a romper rapidamente as bolhas de ar que se formam. Isso é feito alterando a propriedade superficial do óleo de modo que as bolhas de ar sejam menos estáveis e colapsem mais facilmente (RUDNICK, 2017).

A maioria dos aditivos antiespumantes são compostos à base de silicone, como o *Polidimetilsiloxano*, que é eficaz mesmo em concentrações muito baixas. Esses compostos são hidrofóbicos, o que significa que eles têm tendência a se mover para a superfície do óleo, onde as bolhas de ar se formam. Ao se concentrarem na superfície, eles modificam as propriedades do óleo de forma que as bolhas se tornem instáveis e colapsem rapidamente (RUDNICK, 2017).

Além disso, os aditivos antiespumantes são formulados para serem compatíveis com outros aditivos no óleo lubrificante e não afetarem adversamente suas propriedades de lubrificação. Eles devem ser estáveis em altas temperaturas e sob as condições de operação típicas de motores e sistemas mecânicos. É importante que esses aditivos mantenham sua eficácia ao longo do tempo, garantindo que o óleo lubrificante permaneça eficiente e seguro durante toda a sua vida útil. Os aditivos antiespumantes são essenciais para manter a integridade e o desempenho dos óleos lubrificantes.

6. ESPECIFICIDADES PARA ÓLEO AUTOMOTIVO

Os óleos lubrificantes desempenham um papel fundamental em diversas indústrias, com o objetivo de assegurar o correto funcionamento dos equipamentos. No mercado, há uma ampla gama de lubrificantes disponíveis, cada um com características físico-químicas específicas que devem ser cuidadosamente avaliadas para atender a aplicações particulares. Isso ocorre porque as máquinas possuem peculiaridades individuais, como a velocidade de rotação, carga e temperatura de operação, que requerem consideração especial. A seleção do lubrificante mais adequado para um determinado equipamento envolve a análise de fatores como viscosidade, aditivos e resistência à oxidação, entre outros (XAVIER & BRONZI, 2011).

Desde o início da operação dos primeiros motores, o uso de lubrificantes tornou-se indispensável devido à sua função principal de formar uma película que reduz o atrito. Essa camada de lubrificação impede o contato direto entre duas superfícies que se movem uma em relação à outra, evitando o desgaste das peças e, conseqüentemente, aumentando sua vida útil (XAVIER; BRONZI, 2011).

Inicialmente, o petróleo bruto era utilizado como óleo lubrificante para automóveis. De acordo com Lastres (2002), durante a Segunda Guerra Mundial, houve um notável progresso na criação de novos lubrificantes. Com o avanço da indústria de lubrificantes automotivos e a introdução de uma variedade de tipos de óleos, surgiu a necessidade de categorizar os óleos lubrificantes para motores. Essa classificação se baseava apenas em dois critérios: a viscosidade e as especificações dos fabricantes de automóveis.

A viscosidade é uma das propriedades mais cruciais que possibilita o uso de óleo lubrificante em motores. Sua importância foi reconhecida no início do século XX, quando a Society of Automotive Engineers (SAE), em 1911, estabeleceu o primeiro sistema de classificação para óleos lubrificantes de motor, baseado unicamente na viscosidade. Em 1933, a SAE introduziu a designação "W", que corresponde a "winter", para viscosidades medidas a 0°F. Em 1950, foram oficialmente introduzidos os graus 5W, 10W e 20W. Posteriormente, em 1955, os óleos "multigrado" ou "multiviscosos" foram incorporados à classificação (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

É amplamente reconhecido que o maior desgaste de um motor ocorre nos primeiros segundos após a partida, quando o óleo ainda está frio e demora mais para alcançar as partes superiores do motor. Esse cenário gerava um dilema: usar óleos de menor viscosidade, que chegariam rapidamente ao motor e resolveriam esse problema, mas

poderiam causar desgaste quando o motor atingisse sua temperatura normal de operação (100°C), ou optar por óleos mais viscosos, que prejudicariam a partida do motor, reduzindo seu desempenho e aumentando o consumo de combustível, mas garantiriam um funcionamento eficaz em temperaturas mais elevadas (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Esse desafio foi superado com o desenvolvimento dos óleos multiviscosos, que conseguem mitigar o desgaste durante a partida a frio e, ao mesmo tempo, satisfazer as demandas de funcionamento do motor em temperaturas elevadas. Os lubrificantes multiviscosos são aqueles que atendem a mais de uma especificação da SAE, ou seja, possuem especificações de viscosidade tanto para baixas quanto para altas temperaturas. Esses óleos mantêm uma boa fluidez em temperaturas baixas, ou seja, não se tornam tão viscosos a ponto de impedir o fluxo, e ao mesmo tempo mantêm um desempenho adequado em temperaturas de funcionamento do motor. Essa característica é alcançada principalmente por meio da adição de aditivos químicos conhecidos como melhoradores do índice de viscosidade, que minimizam a variação da viscosidade do óleo com as mudanças de temperatura, embora isso aumente o custo final do produto (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Essa característica de multiviscosidade dos óleos utilizados em motores automotivos tornou-se fundamental devido à capacidade desses óleos de alcançar rapidamente as partes superiores do motor, reduzindo assim o contato prolongado entre metais, que ocorre nos primeiros segundos da partida do veículo e é quando ocorre o maior desgaste (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Em 1967, o método de avaliação da viscosidade em baixas temperaturas, originalmente denominado Cold Cranking, passou por diversas revisões subsequentes e evoluiu para se tornar o principal parâmetro de medição da viscosidade a frio utilizado pela indústria, sendo agora chamado de Cold Cranking Simulator (CCS). Outro aspecto importante a ser considerado nos lubrificantes era a necessidade de manter uma película de óleo estável sob condições de alta temperatura e alto cisalhamento. Isso levou à criação do teste de High Temperature High Shear (HTHS), que é realizado a 150°C e serve como referência para a determinação dos limites de viscosidade dos óleos para motores (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008).

Os óleos lubrificantes para automóveis são rotulados e categorizados com base em sua viscosidade, o que simplifica a avaliação de qualidade e a comunicação. Portanto,

atualmente, a indústria de lubrificantes automotivos adota a classificação da SAE para óleos com base em seu grau de viscosidade, determinado por meio de análises que seguem as normas técnicas da American Society Testing and Materials (ASTM) (CARRETEIRO E BELMIRO, 2008). A Tabela 2 apresenta os diversos graus de viscosidade e as especificações de viscosidade às quais os óleos devem aderir, de acordo com a SAE.

Tabela 2- Graus de viscosidade SAE para óleos de motor. Fonte: Carreteiro e Belmiro (2008)

Grau de Viscosidade SAE	Viscosidade a baixas temperaturas		Viscosidade a altas temperaturas		
	Viscosidade máxima ^a (cP)		Viscosidade ^d (cSt a 100°C)		Viscosidade ^e (cP a 150°C)
	CCS ^b	MRV ^c	Mínimo	Máximo	-
0W	6.200 até -35°C	60.000 até -40°C	3,8	-	-
5W	6.600 até -30°C	60.000 até -35°C	3,8	-	-
10W	7.000 até -25°C	60.000 até -30°C	4,1	-	-
15W	7.000 até -20°C	60.000 até -25°C	5,6	-	-
20W	9.500 até -15°C	60.000 até -20°C	5,6	-	-
25W	13.000 até -10°C	60.000 até -15°C	9,3	-	-
20			5,6	< 9,3	2,6
30			9,3	< 12,5	2,9
40			12,5	< 16,3	2,9 ^f
50			16,3	< 21,9	3,7 ^g
60			21,9	< 26,1	3,7

1. 1 cP = 1 mPa.s; 1 cSt 2 mm² / s
2. Viscosidade aparente utilizando o simulador de partida a frio (CCS) – Método ASTM D 5293
3. Viscosidade aparente utilizando o simulador o viscosímetro rotativo (MRV) – Método ASTM D 4684
4. Viscosidade cinemática utilizando o viscosímetro capilar – Método ASTM D 445
5. Viscosidade após o cisalhamento de 10⁻⁶ s e temperatura de 150°C, utilizando o viscosímetro simulador de rolamento selado – Método ASTM D 44683
6. Para óleos SAE 0W40, 5W40 e 10W40
7. Para óleos 15W40, 20W40 e 40

A qualidade dos óleos de motor costumava ser determinada principalmente com base em sua viscosidade, sem levar em conta seu desempenho específico no motor ou o tipo de combustível utilizado. A partir de 1947, o American Petroleum Institute (API) passou a regular a classificação dos óleos de motor com base em condições operacionais. Inicialmente, foram estabelecidas três categorias: Regular, Premium e Heavy Duty (HD), com base na intensidade das operações do motor. Os óleos da categoria "Regular" eram óleos minerais adequados apenas para serviços muito leves em motores a gasolina e diesel. Os óleos "Premium" eram destinados a motores de veículos de passeio e eram produtos mais sofisticados, muitas vezes contendo aditivos em suas formulações. Os óleos "HD" foram formulados para lidar com as exigências rigorosas de tratores e caminhões movidos a diesel.

Em 1952, o API introduziu categorias de desempenho distintas para motores a gasolina e motores a diesel. É fundamental ressaltar que todas essas classificações foram estabelecidas com base em séries de testes específicos para avaliar o desempenho. Apesar das revisões realizadas no sistema API nos anos de 1955, 1960 e 1968, havia um consenso de que as definições de qualidade para óleos de motor não eram suficientemente precisas e necessitavam de ajustes. Portanto, em 1970, em uma colaboração envolvendo o API, a SAE e a ASTM, foi implementado um novo sistema de classificação que englobava não apenas as categorias existentes, mas também aquelas que representavam expectativas futuras de desempenho (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

Os lubrificantes automotivos, de maneira geral, são utilizados em motores, engrenagens e sistemas de transmissão de veículos. O desenvolvimento de equipamentos mais avançados, juntamente com a promulgação de regulamentações ambientais cada vez mais rigorosas, desempenha um papel fundamental no contínuo avanço das tecnologias no mercado automotivo (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

Conforme indicado por Carreteiro e Belmiro (2008), a lubrificação automotiva visa alcançar as seguintes finalidades:

1. Reduzir o atrito e o desgaste das peças moveis.
2. Permitir uma partida rápida do motor.
3. Evitar a formação de depósitos na câmara de combustão do motor.
4. Prevenir a formação de ferrugem, isto é, impedir a corrosão das partes metálicas do automóvel.
5. Limpar e manter o motor limpo, dispersando os produtos de combustão.
6. Colaborar com a refrigeração do motor.

Assim, os óleos lubrificantes automotivos são formulados especificamente para atender às exigências únicas dos motores de veículos de passageiros, que geralmente operam em uma ampla gama de temperaturas e condições. Esses óleos são projetados para proporcionar uma partida fácil do motor em temperaturas baixas, enquanto oferecem proteção adequada em altas temperaturas durante a condução em alta velocidade ou em condições de tráfego intenso. Além disso, como vimos, os óleos de motor automotivos frequentemente contêm aditivos que ajudam a reduzir o desgaste do motor, proteger contra a corrosão, manter a limpeza interna do motor e minimizar a formação de depósitos. Eles também precisam ser compatíveis com os sistemas de controle de

emissões dos veículos, ajudando a prolongar a vida útil de componentes críticos como catalisadores e filtros de partículas (RUDNICK, 2017).

Por outro lado, os óleos lubrificantes para motores industriais e comerciais, como os usados em equipamentos pesados, máquinas agrícolas ou geradores, são formulados para suportar condições operacionais mais severas. Esses óleos precisam lidar com cargas mais pesadas, temperaturas operacionais mais altas e ciclos de operação mais longos. Eles geralmente possuem uma viscosidade mais alta para garantir uma película de lubrificação adequada sob altas cargas e pressões. Além disso, são enriquecidos com aditivos que proporcionam maior resistência à oxidação, melhor proteção contra o desgaste sob condições extremas e maior capacidade de neutralizar ácidos formados durante a combustão (RUDNICK, 2017). Essas características garantem que os óleos industriais e comerciais mantenham sua eficácia por longos períodos sob condições desafiadoras, o que é crucial para minimizar o tempo de inatividade e prolongar a vida útil do equipamento.

7. ASPECTOS AMBIENTAIS

Em todo o mundo, são gerados anualmente mais de 20 bilhões de litros de óleos lubrificantes usados, segundo levantamento realizado, em 2018, pela Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. Se for considerado que 50% desse volume é coletado e adequadamente utilizado, ainda existirão 10 bilhões de litros não coletados anualmente e sendo descartados de forma incorreta poluindo a água potável e o ar que se respira.

Além da poluição que pode causar ao meio ambiente, o óleo usado é um recurso que, se reciclado adequadamente, pode retornar à cadeia produtiva por ilimitadas vezes, sofrendo apenas as perdas de cada processamento, gerando consideráveis vantagens econômicas e poupando recursos, no caso de países como o Brasil, que são importadores de básicos para lubrificantes (TRISTÃO et al., 2017).

Conforme descrito na Norma NBR-10004 da ABNT, o óleo usado é um resíduo perigoso, classificação esta adotada pelos mais importantes órgãos de controle ambiental em todo o mundo (ABNT, 1997). Dessa forma, o óleo usado não pode ser lançado no meio ambiente nem ser queimado “in natura”, devido aos contaminantes nele contidos (compostos clorados, metais pesados etc.). Sua queima só pode ocorrer de forma controlada e após processo de remoção desses contaminantes.

De acordo com média obtida pela *American Petroleum Institute (API)* junto às refinarias americanas, considerando o composto de subprodutos obtidos em seus processos, elas utilizam 84 litros de petróleo cru para produzir 1 litro de óleo básico virgem (o restante dos subprodutos são combustíveis, gases e petroquímicos), enquanto, com os mesmos 84 litros de óleo usado, são produzidos 55 litros de óleo re-refinado tão bom ou melhor que o virgem, conforme a *Evergreen Oil Refinery-California, EUA* (HILSDORF, 1974; TRISTÃO et al., 2017).

Quando o óleo lubrificante é produzido a partir de básicos virgens (de primeiro refino), ele contém moléculas instáveis que se oxidarão nas primeiras situações adversas. O óleo básico, originado de re-refino, quando processado adequadamente, não contém essas moléculas, que já foram oxidadas na primeira utilização e eliminadas no processo de re-refino. Com isso, afirma-se que o óleo básico re-refinado pode ter qualidade superior à de um básico de primeiro refino, por ser constituído de moléculas remanescentes com maior resistência à oxidação (DESIDERATO, 2009).

Para se produzir óleo básico a partir de óleo usado, numa rerrefinaria, consome-se apenas 33% da energia que se gastaria para produzir a mesma quantidade de óleo básico

a partir de petróleo cru, numa refinaria. No caso do re-refino, a tecnologia é bem restrita, o acesso às matérias-primas é garantido, no Brasil, por meio de portarias e resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), além de ter todas as condições para ser altamente competitivo em preços (DESIDERATO, 2009).

No Brasil, a problemática da contaminação e poluição provocada pelos óleos lubrificantes usados ou contaminados (Oluc) representa um desafio ambiental significativo. Estes resíduos são classificados como tóxicos e persistentes, apresentando riscos tanto para o meio ambiente quanto para a saúde humana. São ricos em metais pesados, ácidos orgânicos, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e dioxinas, substâncias altamente poluentes. Um único litro de óleo lubrificante usado pode contaminar até um milhão de litros de água, e sua queima pode liberar gases venenosos e cancerígenos.

Tem havido no Brasil, nos últimos anos, um considerável progresso tecnológico no processo de rerrefino, o que resulta em produto de melhor qualidade, reduzindo-se as restrições técnicas impostas à sua utilização. Entretanto, antes do processamento e comercialização do óleo usado, temos a etapa mais crítica que é a sua coleta. A coleta é o principal empecilho ao crescimento da atividade de rerrefino no mundo. Segundo estudos da Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, o Brasil comercializa anualmente cerca de 1 bilhão de litros de lubrificantes e correlatos que geram cerca de 450 milhões/ano de óleos usados. Destes, cerca de 250 milhões deverão ser coletados para rerrefino e os restantes 200 milhões terão destinação desconhecida (TRISTÃO et al., 2017; DESIDERATO, 2009).

O rerrefino também contribui para a soberania nacional, reduzindo a necessidade de importação de óleo leve do Oriente Médio, crucial na fabricação de óleos lubrificantes. Desde a implementação da resolução, ações coordenadas entre governos e sociedade civil têm retirado quantidades crescentes desses poluentes do meio ambiente. Atualmente, o Brasil alcançou um índice de 36% de recolhimento de óleo usado, com metas de aumentar esse percentual nas próximas décadas.

Essas medidas demonstram um compromisso crescente com a gestão ambiental responsável e a reciclagem efetiva de óleos lubrificantes no Brasil. O sucesso dessas iniciativas, contudo, depende da participação ativa da sociedade e da continuidade de políticas ambientais eficazes. A meta é atingir um índice ainda maior de rerrefino, o que

exige um aumento da consciência social sobre a importância de práticas sustentáveis e o combate ao uso indevido de Óleos.

A correta administração desses resíduos é de suma importância para toda a sociedade, governo e entidades privadas, pelos ganhos que podem vir de sua reciclagem e pelos altos custos que serão evitados ao se impedir a contaminação de lençóis freáticos, rios, lagos, mares e atmosfera. Muito se tem feito no Brasil, principalmente em termos de legislações que punem e controlam os descartes incorretos, mas muito se tem ainda por fazer, no que diz respeito à coleta, que passa por uma questão cultural e sofre pela falta de uma estrutura nacional para recolhimento desses resíduos. As regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, juntas, geram cerca de 100 milhões de litros/ano de óleo usado e não possuem sequer uma refinaria em operação. A falta de alternativa do que fazer com esses resíduos pode estar conduzindo-os aos rios, subsolo e atmosfera, resultado da queima indiscriminada (DESIDERATO, 2009).

Os óleos lubrificantes atingem o fim de sua vida útil, quando perdem suas características originais, por contaminação interna ou externa, oxidação ou depleção dos aditivos. Os óleos usados, de base mineral, não são biodegradáveis e podem provocar danos irreparáveis ao meio ambiente se descartados de forma inadequada. Os lubrificantes usados possuem diferentes tipos de contaminantes, dependendo de sua origem, tais como: produtos de oxidação (borras, gomas, lacas e vernizes), metais de desgaste (ferro, cobre, alumínio, estanho etc.), metais componentes dos aditivos (zinco, fósforo, cloro, chumbo, enxofre etc.), hidrocarbonetos leves (provenientes de combustíveis não queimados), ácidos formados na combustão etc. Os lubrificantes usados são considerados responsáveis por 10% da poluição observada nos mares do mundo (LIMA, 1974; TRISTÃO et al., 2017). Por isso, verifica-se a necessidade de desenvolvimento e avaliação dos conceitos de ciclo de vida e do processo de reciclagem de óleos lubrificantes, com benefícios em termos de racionalização do processo produtivo, agregação de valor ao produto e minimização dos impactos ambientais.

Para enfrentar esse desafio, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) do Brasil implementou a Resolução nº 362/2005³, que regulamenta a coleta e recolhimento destes óleos. Essa normativa estabeleceu um sistema de gestão para esses resíduos perigosos, evitando o caos ambiental. Além disso, a resolução gerou benefícios

³ Veja em http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457 (acesso em 21/11/2023).

ambientais e econômicos através do rerrefino, permitindo a recuperação de 75% a 80% dos Olucs para a produção de novos óleos lubrificantes, essenciais em diversas operações industriais.

8. TENDÊNCIAS FUTURAS NOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

O século XXI continua a ver avanços na tecnologia de equipamentos à medida que a sociedade coloca novas demandas em produção e desempenho ambiental. Os equipamentos estão sendo projetados para atingir níveis de produção mais altos com maior eficiência energética e menor custo total de propriedade. Isso resultará em novos e diferentes materiais usados em equipamentos, menores dimensões de equipamentos com maior densidade de potência, avanços na tecnologia de vedação, filtragem de óleo mais fina, reservatórios de menor capacidade de lubrificante, velocidades operacionais mais altas, temperaturas mais altas e pressões de sistema mais altas que colocarão maior demandas de lubrificantes. Essas demandas, juntamente com as tendências de operação reduzida ou sem manutenção, lubrificação vitalícia, busca por lubrificantes mais eficientes em termos de energia, maior conscientização e regulamentação ambiental, sustentabilidade e maior atenção às questões de segurança, continuarão a desafiar o mercado de lubrificantes (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

O uso de materiais alternativos é impulsionado por muitos fatores, como redução de peso, maior resistência, resistência à fadiga e melhoria nas propriedades da superfície que influenciam o atrito e o desgaste. Nos últimos 10 anos, houve um rápido aumento no desenvolvimento de novas resistências ao desgaste e revestimentos redutores de fricção. Muitos deles agora são usados rotineiramente em equipamentos comerciais. Como a superfície exibe diferentes propriedades químicas e físicas, as interações com o lubrificante também são modificadas. Mais recentemente, tem havido um maior foco na tentativa de entender como otimizar melhor essas interações, o que pode levar ao desenvolvimento de novos componentes lubrificantes e produtos acabados com o objetivo de aproveitar ao máximo esses novos revestimentos (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

Um desafio significativo é o aumento do número e da complexidade dos materiais utilizados em um único equipamento. Assim, os motores futuros podem conter um número maior de materiais diferentes para os quais um lubrificante ideal geral precisa ser encontrado. Isso adiciona mais complexidade ao já desafiador problema de otimizar uma solução de lubrificação que fornece um benefício geral de desempenho em todo o motor (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

A busca pelo desenvolvimento de fontes de energia mais eficientes e cada vez mais benignas para o meio ambiente já está tendo um impacto dramático nas práticas e

produtos de lubrificação. Um exemplo recente é o rápido crescimento da energia eólica. À primeira vista, esses sistemas, que normalmente são construídos usando componentes mecânicos conhecidos, como rolamentos de elementos rolantes, engrenagens e geradores elétricos, parecem não apresentar grandes desafios. No entanto, o que aconteceu é que muitos dos componentes podem sofrer de uma ampla variedade de problemas de durabilidade, incluindo atrito e fadiga superficial. As abordagens tradicionais de design, materiais, acabamento e lubrificação tiveram que ser atualizadas para aliviar esses problemas e, também levou ao desenvolvimento de produtos lubrificantes especificamente projetados para atender esses novos desafios (PIRRO, WEBSTER e DASCHNER, 2016).

Visando o futuro, podemos apenas imaginar quais tecnologias novas ou adaptadas serão necessárias para produzir a energia do futuro. O que se sabe, no entanto, é que haverá partes móveis que exigirão lubrificação.

9. PROPOSTAS DE TRANSPOSIÇÃO DO CONTEÚDO “ÓLEO COMBUSTÍVEL” NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA

As propostas que apresentamos foram pensadas em relação às competências da BNCC do ensino médio de Ciências da Natureza. Para ambas as atividades é possível usar como referência, além dos aspectos que oferecemos nas sessões anteriores, o artigo de Sampaio et Al. (2015), o qual propõe uma atividade experimental ao ensino de química sobre o tema da viscosidade; o artigo de Souza et. Al. (2020) que apresenta uma dimensão lúdica para o trabalho com esse mesmo conceito; ou ainda o texto de Granda, Maximovitch e Faria (2017) que articula relações didáticas entre os conceitos de densidade e viscosidade no ensino médio. O foco de nossas propostas não é estritamente a noção de viscosidade, mas acreditamos que esse tecido teórico e consulta a essas referências podem ser importantes para o andamento das atividades propostas, que podem ser tomadas para realização como atividades em feiras/semanas acadêmicas ou ainda como projetos ao longo do próprio ano letivo.

A primeira proposta refere-se à primeira competência geral da BNCC do ensino médio: “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global” (BRASIL, 2017).

Nesta competência destacamos a habilidade **EM13CNT104**: “avaliar potenciais prejuízos de diferentes materiais e produtos à saúde e ao ambiente, considerando sua composição, toxicidade e reatividade, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o uso adequado desses materiais e produtos” (BRASIL, 2017).

Atividade 01: "Óleos Lubrificantes: Impactos Ambientais e Soluções Sustentáveis"

Objetivos:

1. Avaliar os impactos ambientais e à saúde associados aos óleos lubrificantes, considerando sua composição, toxicidade e reatividade.
2. Desenvolver pensamento crítico e posicionar-se sobre o uso responsável de óleos lubrificantes.
3. Propor soluções individuais e coletivas para minimizar os danos ambientais e à saúde causados por óleos lubrificantes.

Etapas da Atividade 01:

- 1. Pesquisa e Análise Crítica:**
 - Grupos de alunos pesquisarão diferentes tipos de óleos lubrificantes, focando em sua composição química e potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde.
 - Discussão em sala sobre os impactos negativos, incluindo contaminação do solo e da água, efeitos na saúde humana, e impactos na fauna e flora.
- 2. Estudo de Casos:**
 - Análise de casos sobre contaminação ambiental causada por óleos lubrificantes.
- 3. Desenvolvimento de Soluções:**
 - Proposição de soluções individuais e coletivas para o uso responsável de óleos lubrificantes, incluindo reciclagem, substituição por alternativas mais sustentáveis, e medidas de prevenção de contaminação.
 - Criação de campanhas de conscientização ou projetos comunitários para promover práticas ambientalmente responsáveis.
- 4. Apresentação e Debate:**
 - Cada grupo apresentará suas descobertas e propostas.
 - Realização de um debate para discutir as diferentes soluções propostas e sua viabilidade.

Chevallard salienta a importância de adaptar o conhecimento científico para torná-lo ensinável, e essa atividade cumpre a função ao situar o tópico dos óleos lubrificantes como um componente de trabalho para o ensino médio. A atividade não apenas apresenta os conceitos fundamentais sobre a composição e a toxicidade dos óleos, mas também os contextualiza dentro das preocupações ambientais e de saúde atuais, incentivando os alunos a aplicar esse conhecimento na análise crítica de problemas reais e na proposição de soluções sustentáveis.

Ao incorporar a pesquisa e o debate, a atividade proposta abraça outro aspecto central da transposição didática de Chevallard: a necessidade de uma abordagem multidimensional no processo de ensino-aprendizagem. Esta abordagem permite que os alunos não apenas assimilem os conhecimentos teóricos, mas também os apliquem, os questionem e os expandam. Através da análise de estudos de caso e do desenvolvimento de projetos práticos, os alunos são levados a compreender a relevância do saber científico no mundo real e a desenvolver competências essenciais para a solução de problemas ambientais contemporâneos. Assim, a atividade faz uma ponte entre o saber científico e a realidade vivencial dos alunos, alinhando-se com as diretrizes de Chevallard sobre a transposição didática e promovendo uma educação científica mais integrada.

A segunda proposta refere-se à terceira competência geral da BNCC do ensino médio: “Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).” (BRASIL, 2017).

Nesta competência destacamos a habilidade **EM13CNT309**: “analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual com relação aos recursos fósseis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.” (BRASIL, 2017).

Atividade 02: "Motores e Materiais do Futuro: Uma Análise Comparativa em Relação aos Óleos Lubrificantes"

Objetivos:

1. Explorar a relação entre diferentes tipos de motores, processos de produção de novos materiais e tecnologias de óleos lubrificantes.
2. Comparar o impacto ambiental e a eficiência energética de diversos tipos de motores e processos de produção, considerando o papel dos óleos lubrificantes.
3. Incentivar a reflexão crítica sobre o desenvolvimento e a escolha de tecnologias sustentáveis.

Etapas da Atividade 02:

1. **Pesquisa e Análise de Motores:**
 - Grupos de alunos investigarão diferentes tipos de motores (como motores de combustão interna, elétricos e híbridos), focando no papel dos óleos lubrificantes em cada um.
 - Análise das diferenças na eficiência energética e nas demandas de lubrificação entre os diferentes tipos de motores.
2. **Estudo de Processos de Produção de Materiais Sustentáveis:**
 - Pesquisa sobre processos de produção de novos materiais, especialmente aqueles que utilizam ou substituem óleos lubrificantes tradicionais por alternativas mais sustentáveis.
 - Comparação dos impactos ambientais dos processos de produção tradicionais e inovadores.
3. **Debate e Reflexão Crítica:**
 - Organização de um debate em sala sobre as vantagens e desvantagens de cada tipo de motor e processo de produção, considerando os aspectos ambientais e a eficiência dos óleos lubrificantes.

- Reflexão sobre como as escolhas de motores e processos de produção influenciam a sustentabilidade e o futuro energético.

4. **Projeto Integrador:**

- Desenvolvimento de um projeto que propõe uma solução inovadora para melhorar a eficiência energética e a sustentabilidade dos motores ou dos processos de produção, utilizando óleos lubrificantes avançados ou alternativos.

Oferecemos ainda duas propostas de temas que podem estar alinhados aos projetos integradores da atividade 02. Primeiramente sugerimos o tema de produção de bioplásticos e óleos lubrificantes. Bioplásticos derivados de fontes renováveis como o amido de milho, oferecem uma alternativa ambientalmente amigável aos plásticos tradicionais. Este achado é crucial, considerando os crescentes desafios ambientais associados ao uso de plásticos derivados de petróleo. Além disso, a pesquisa apontou para a possibilidade de integrar óleos lubrificantes biodegradáveis no processo de produção de bioplásticos. Essa integração pode resultar em um ciclo de produção mais sustentável, reduzindo ainda mais o impacto ambiental. Além disso, a viabilidade de utilizar subprodutos da produção de bioplásticos como base para óleos lubrificantes inovadores abre caminho para práticas industriais mais sustentáveis e eficientes (PATEL; SHARMA, 2023).

Outra proposta para o projeto integrador é a reflexão sobre a fabricação de materiais compósitos leves e eficiência dos óleos lubrificantes, ou seja, os estudos sobre o impacto positivo dos materiais compósitos leves na eficiência energética, especialmente em setores como o automotivo. A produção desses materiais compósitos, que combina fibras como carbono com resinas, resulta em produtos mais leves, contribuindo para a redução do consumo de combustível e das emissões de gases poluentes. Óleos lubrificantes avançados podem otimizar esse processo em termos do trabalho no motor, promovendo maior eficiência energética e reduzindo o impacto ambiental. Isso ressalta a importância de desenvolver óleos lubrificantes que não apenas protejam os equipamentos, mas também contribuam para processos de fabricação mais sustentáveis.

As atividades apresentadas aqui como propostas para o trabalho docente pretendem transpor o conhecimento científico e tecnológico avançado para o contexto educacional. As atividades buscam transcender a mera transmissão de fatos e fórmulas, aproximando alunos da realidade científica e tecnológica e suas implicações socioambientais. Ela estimula a reflexão crítica, a investigação e a inovação, promovendo aprendizado contextualizado, o que é essencial segundo Chevallard para a transposição didática. Ao

comparar diferentes tipos de motores e processos de produção, por exemplo, os alunos são incentivados a explorar conceitos de eficiência energética e sustentabilidade, cruciais no contexto atual.

No entanto, ao considerar a realidade da escola pública brasileira, surgem desafios significativos na implementação dessa atividade. Primeiramente, a falta de recursos e infraestrutura adequada pode limitar a capacidade de conduzir experimentos práticos ou usar recursos computacionais para a pesquisa e desenvolvimento dos projetos. A disparidade no acesso à tecnologia e materiais de qualidade pode restringir a profundidade com que os conceitos podem ser explorados. Além disso, a sobrecarga curricular e a pressão por resultados em avaliações padronizadas muitas vezes deixam pouco espaço para atividades investigativas e projetos inovadores, que são essenciais para uma verdadeira compreensão e aplicação dos conceitos estudados. Esses fatores podem tornar desafiador para os educadores adaptar e aplicar plenamente os princípios de Chevallard na prática docente.

A motivação e a atenção aos professores são aspectos cruciais. Muitas vezes, os docentes das escolas públicas enfrentam limitações, o que pode impactar a eficácia com que conduzem atividades que demandam mais recursos. A transposição didática não é apenas uma questão de adaptar o conteúdo, mas também envolve a habilidade do educador em mobilizar discussões críticas, orientar pesquisas e projetos, e conectar teoria e prática de maneira significativa, tudo isso demanda tempo. Para que as atividades atinjam seu potencial máximo, é essencial considerar não apenas a adequação do conteúdo, suas possibilidades de transposição, mas também o contexto prático em que será implementada, incluindo-se aí o suporte, a motivação, o bem estar dos docentes, bem como as condições materiais das escolas.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito desse trabalho foi fornecer um panorama geral sobre os óleos lubrificantes e suas propriedades, de forma que, incentive abordagens interdisciplinares em sala de aula. Afinal, a ideia de construir pontes entre disciplinas e o cotidiano, que muitas vezes não são conectados, tem a capacidade de provocar transformações profundas no processo de ensino-aprendizagem. Além disso, busca-se contribuir para a integração da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, aplicada em sala de aula, servindo como suporte aos professores que buscam trazer relação da Química com essa temática.

O estudo de temas ligados a indústria de petróleo e seus derivados, em especial aos óleos lubrificantes, permanecem em evidência no cenário mundial. Ao incluir esses conhecimentos ao ensino de Química em sala de aula, espera-se que o professor proporcione aos alunos a possibilidade de compreenderem a Química através da sociedade e o que nos cerca, trazendo a ciência para além de teorias e dados experimentais. E assim, aguçar nos alunos o senso crítico ligado a realidade que estão inseridos e as implicações sociais das aplicações da Química.

Os óleos lubrificantes desempenham um papel fundamental em diversas aplicações industriais e mecânicas, atuando na redução do atrito e desgaste entre superfícies em movimento. A complexidade de sua composição química, que inclui uma mistura de hidrocarbonetos e aditivos específicos, oferece uma rica oportunidade para explorar conceitos de química orgânica e inorgânica. Além disso, a questão ambiental associada ao descarte e reciclagem desses óleos abre um espaço para discussões sobre responsabilidade ambiental e sustentabilidade, temas essenciais na educação contemporânea.

A estrutura molecular e as propriedades físico-químicas dos óleos lubrificantes fornecem um excelente exemplo para aplicar e compreender teorias químicas. Ao estudar esses óleos, os alunos podem visualizar conceitos abstratos como polaridade, interações intermoleculares, e estabilidade térmica de maneira prática e tangível. A análise dessas substâncias também permite a integração de conhecimentos de áreas como termodinâmica e cinética química, tornando o aprendizado mais interdisciplinar e contextualizado.

A ênfase no impacto ambiental dos óleos lubrificantes é crucial para o desenvolvimento de uma consciência ecológica nos jovens estudantes. Ao compreender como o uso inadequado e o descarte incorreto desses óleos podem prejudicar o meio ambiente, os alunos podem ser incentivados a refletir sobre a importância do manejo responsável dos recursos e sobre as práticas de sustentabilidade. Este tópico também serve como um ponto de partida para discutir as leis ambientais, a química verde e as tecnologias emergentes na área de lubrificantes biodegradáveis.

É importante também que os estudantes de química no ensino médio tenham a oportunidade de realizar experimentos práticos relacionados aos óleos lubrificantes. Atividades laboratoriais, como a análise da viscosidade, a composição química e os testes de ponto de fulgor, podem tornar o ensino dinâmico e interessante. Essas experiências práticas ajudam os alunos a desenvolver habilidades de pesquisa e análise crítica.

A noção de transposição didática de Yves Chevallard oferece uma perspectiva enriquecedora e complexa quando aplicada ao cenário educacional do Brasil, um país de dimensões continentais e diversidade cultural significativa. Este conceito, que se refere à adaptação e transformação do conhecimento científico em conhecimento ensinado, ressalta a importância de contextualizar o ensino de acordo com as realidades locais e culturais. No Brasil, com suas múltiplas realidades sociais, econômicas e culturais, a transposição didática se torna um instrumento potencial para promover um ensino mais inclusivo e relevante. Ao considerar as especificidades regionais, os educadores podem desenvolver materiais e métodos de ensino que ressoem mais efetivamente com suas audiências, tornando a educação mais acessível e atraente para estudantes de diferentes contextos. Isso abre caminho para um aprendizado que não apenas transmite conhecimento, mas também valoriza e integra as diversas experiências e perspectivas dos alunos.

No entanto, a aplicação da transposição didática no Brasil também encontra desafios, principalmente devido à heterogeneidade do país e às disparidades educacionais existentes. A necessidade de adaptar o conteúdo educacional a contextos tão variados requer flexibilidade e entendimentos que podem ser desafiadores para os sistemas educacionais. Além disso, as diferenças em recursos e infraestrutura entre regiões urbanas e rurais, escolas públicas e privadas, e entre diferentes estados, podem dificultar a implementação uniforme de práticas de transposição didática. Assim, enquanto a transposição didática oferece um caminho promissor para um ensino em diálogo com a

ciência e a tecnologia, ela também impõe a necessidade de estratégias cuidadosamente planejadas e recursos adequados para superar os obstáculos inerentes à diversidade e complexidade do Brasil.

Em resumo, consideramos que estimular a curiosidade intelectual, o raciocínio com questionamento, a análise crítica e a busca por soluções criativas e inovadoras através da combinação entre sociedade e conhecimento científico, dá sentido a relação professor/aluno e torna a educação em química viva.

BIBLIOGRAFIA

- ABNT. **Resíduos sólidos: ABNT/NBR 10004**. Rio de Janeiro, 1997
- ALMEIDA, G. P. **Transposição Didática: por onde começar?** São Paulo: Cortez, 2014.
- APPLE, Michael W. **Ideologia e currículo**. São Paulo: Brasiliense, 1982.
- ARAÚJO, M. A. S. **Reciclagem de óleos lubrificantes**. Rio de Janeiro: CENPES, 1997.
- BANEGAS, D. L. Democratizing didactic transposition: negotiations between learners and their teacher in a secondary school. *Latin American Journal of Content & Language Integrated Learning*, v. 7, n. 2, p. 1–26, 2014.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**, 2017.
- BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.
- CANDAU, V. M. (Org.). **Sociedade, educação e cultura(s): questões e propostas**. Petrópolis: Vozes, 2002.
- CARRETEIRO, R. P.; MOURA, C. R. S. **Lubrificantes e Lubrificação**. São Paulo: Makron Books, 1987.
- CARRETEIRO, R. P.; BELMIRO, P. N. A. **Lubrificantes e lubrificação industrial**. Rio de Janeiro: Interciência: Petrol, 2008. 505p.
- CHEVALLARD, Y et. Al. (eds.). **Advances in the Anthropological Theory of the Didactic**. New York: Springer, 2022.
- CHEVALLARD, Y. Aspectos problemáticos de la formación docente. **XVI Jornadas del seminario interuniversitario de Investigación en Didáctica de las matemáticas**, 2001.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado**, v. 3, 1991.
- COLTURATO, A. R. **O cotidiano na Educação em Química: uma análise bibliográfica a partir da pedagogia histórico-crítica**. 2021.
- CORSINI, A. Modeling (understanding and controlling) turbulent flows: the heritage of leonardo da vinci in modern computational fluid dynamics. **Proceedings of the 17th International Conference on Fluid Flow Technologies**, Budapest, Hungary, September 4-7, 2018.
- DESIDERATO, P. R. M. **Rerrefino de óleo lubrificante usado**. 2009.

GRANDA, L. P.; MAXIMOVITCH, M. C.; FARIA, A. G. V. Obstáculo Epistemológico na Aprendizagem do Conceito de Viscosidade. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 1, n. 1, p. 62–71, 2017.

HILSDORF, J. W. **Química Tecnológica: lubrificação e lubrificantes**. São Paulo: 1974.

HURST, G. H.; LEASK, H. **Lubricating oils, fats and greases; their origin, preparation, properties, uses and analysis**. New York: Ulan Press, 2012.

INDUSTRIAL, E. I. **Um pouco da história dos lubrificantes e seus usos na indústria e rotinas humanas**. 2018. Disponível em: <<https://inovacaoindustrial.com.br/historia-dos-lubrificantes/>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

LIMA, L. R. **Elementos básicos de engenharia química**. São Paulo: McGraw-Hill, 1974.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar em química: processo de mediação didática da ciência**. *Química nova*, v. 20, p. 563-568, 1997.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

LOPES, A. C.; MACEDO, E. (Orgs.). **Currículo: debates contemporâneos**. São Paulo: Cortez, 2002.

MANG & DRESEL, **Lubricants and lubrication**. 2nd Ed., 2007.

PATEL, A. K. SHARMA, A. K. **Sustainable Production Innovations: Bioremediation and Other Biotechnologies**. New York: Scrivener Publishing, 2023.

PEDRA, J. A. Currículo e Conhecimento: níveis de seleção do conteúdo. **Em Aberto**, n. 58, 1993.

PIRRO, D. M.; WEBSTER, M.; DASCHNER, E. **Lubrication fundamentals, revised and expanded**. CRC Press, 2016.

RANTHUM, R.; SILVA, E. A.; FRASSON, A. C. O processo da transposição didática, suas fases e suas nuances até o desenvolvimento dos materiais didáticos. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, Boa Vista, v. 14, n. 41, p. 226–247, 2023.

RIOS, G. V. UM Diálogo transdisciplinar entre Bourdieu, Bernstein e a análise de discurso crítica. **Revista Humanidades & Educação**, Imperatriz (MA), p. 51–61, 2023.

ROSSI, A. V., et al. **Reflexões sobre o que se ensina e o que se aprende sobre densidade a partir da escolarização**. *Química Nova na Escola*, 2008, 30.

RUDNICK, L. R. **Lubricant Additives: Chemistry and Applications**. 3rd Ed. New York: CRC Press, 2017.

SÁ, A. S. **O mundo segundo a História: História do Lubrificante**. 2017. Disponível em: <<http://mundosegundohistoria.blogspot.com/2017/10/história-do-lubrificante.html>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

SAMPAIO, M. M.; VAZ, E. L. S.; MONTEIRO, M. A. A.; ACCIARI, H. A.; CODARO, E. N. Uma Atividade Experimental para o Entendimento de Viscosidade. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, p. 232-235, 2015.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. Artliber ed. Karlsruhe: Artliber, 2006

SILVA, A. E. O. **Transposição didática: a química dos óleos lubrificantes**. 2011.

SOUZA, A. R.; MENDES, M. F. C.; LISBOA, R. C.; NUNES, L. B. M.; SILVEIRA, M. F. A. Aplicação de atividades lúdicas no auxílio do aprendizado de crianças de escolas municipais de Goiânia. **Revista Eletrônica do Programa de Educação Tutorial - Três Lagoas/MS**, v. 2, n. 2, p. 186 – 198, 2020.

SPEIGHT, J. G. (Ed.) **Petroleum Chemistry and Refining**. New York: Taylor & Francis, 1998.

TEIXEIRA, S. C. S. **Estudo comparativo de polímeros como melhoradores de índice de viscosidade**. Dissertação (Mestrado Instituto de Macromoléculas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 1994.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2ª edição. Editora Interciência, 2004.

TRISTÃO, J. A. M.; TRISTÃO, V. T. V.; FREDERICO, E. **O processo de reciclagem do óleo lubrificante**. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 224-238, 2017.

XAVIER, L. P.; BRONZI, M. O. **Estudo da acidez em óleos lubrificantes hidráulicos usados**. Uni-Anhanguera; Goiás, 2011.

WARTHA, E. J.; SILVA, E.; BEJARANO, N. R. R. **Cotidiano e contextualização no ensino de química**. **Química nova na escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. Porto Alegre: Artmed, 2018.

ZEYTOUNIAN, R. K. **Challenges in Fluid Dynamics: A New Approach**. New York: Springer, 2017.