



# Desafios e Oportunidades da Transição Energética no Mercado de Lubrificantes

Ailma Pereira de Jesus

Projeto de Final de Curso

Orientadora

Ana Mehl, D.Sc.

Dezembro de 2022

# **DESAFIOS E OPORTUNIDADES DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO MERCADO DE LUBRIFICANTES**

*Ailma Pereira de Jesus*

Projeto Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Química.

Aprovado por:

---

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc

---

Luís Eduardo Duque Dutra, D.Sc.

Orientado por:

---

Ana Mehl, D.Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Dezembro de 2022

de Jesus, Ailma Pereira.

Desafios e Oportunidades da Transição Energética no Mercado de Lubrificantes /  
Ailma de Jesus. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2022.

vi, 71 p.;

il.

(Projeto Final) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2022.

Orientadora: Ana Mehl.

1. Transição Energética 2. Eletromobilidade. 3. Lubrificantes. 4. Monografia. (Graduação -  
UFRJ/EQ). 5. Ana Mehl, D.Sc.



*“O essencial faz a vida valer a pena.”*

- Mário de Andrade  
iv

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Maria e Ailton, que suaram e se sacrificaram em nome de suas filhas, moldaram meu caráter e são o meu maior porto seguro. Se sou alguém na vida, devo tudo a vocês.

Agradeço às minhas irmãs Daisy e Marília, por estarem incondicionalmente ao meu lado dividindo todos os momentos, bons e ruins. Aquelas que são meu orgulho, que eu admiro e serei para sempre grata por todo colo, confiança e força. Eu amo muito vocês.

Agradeço à pessoa que esteve ao meu lado ao longo de toda a graduação e que me faz diariamente acreditar em mim mesma. Muito obrigada, Vini, sem você e o seu amor eu não teria chegado até aqui.

À Ana Mehl, minha estimada professora e orientadora, não tenho palavras para descrever tamanha gratidão. Pela paciência, pela compreensão, por acreditar em mim e me mostrar os caminhos. Muito obrigada.

Aos meus colegas e amigos, em especial Mariana, Camilla, Chico e Naty. Que me acompanharam, dividiram comigo todas as dificuldades e tornaram a jornada muito mais divertida, verdadeiros presentes da UFRJ para a vida.

Por fim, agradeço à UFRJ, à Escola de Química e aos meus professores que me deram toda a estrutura, conhecimento e suporte ao longo da minha formação acadêmica e profissional.

## RESUMO

DE JESUS, Ailma Pereira. **Desafios e oportunidades da transição energética no mercado de lubrificantes**. Rio de Janeiro, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Tendo em vista que a jornada de descarbonização global vem acelerando a eletrificação automotiva e que o mercado de lubrificantes global destina aproximadamente 50% do seu volume a aplicações veiculares, pesquisa-se sobre o impacto dessas transformações neste mercado, a fim de identificar os desafios e oportunidades futuras. Para tanto, é necessário compreender o cenário atual do mercado global de lubrificantes, explorar as projeções de avanço da transição energética e compreender as mudanças e perspectivas trazidas pela eletrificação ao mercado automotivo. Realiza-se, então, uma pesquisa qualitativa descritiva e exploratória para descrever e analisar crítica e cientificamente os impactos esperados neste mercado. Diante disso, verifica-se que eletrificação automotiva demandará diferentes propriedades físico-químicas dos lubrificantes atuais, ao mesmo tempo que gerará grandes oportunidades para que o fornecedor se torne um parceiro-chave da montadora na jornada de eletrificação. A expectativa é que a redução de demanda venha a acontecer num longo prazo após a renovação do parque circulante atual com consistente crescimento nas próximas décadas. Além disso é esperado um aumento de margem agregada causado pela crescente demanda por lubrificantes sintéticos de menor viscosidade e maior desempenho. Tais fatos impõem a constatação de que apesar de, em última análise, o avanço da transição energética trazer uma perspectiva de redução no volume, essa retração ainda levará décadas para acontecer e aqueles fornecedores que souberem se adaptar e explorar as oportunidades de aumento de margem ainda terão amplas perspectivas de crescimento nos próximos anos.

Palavras-chave: mercado de lubrificantes; eletrificação automotiva; oportunidades e desafios.

## ABSTRACT

DE JESUS, Ailma Pereira. Desafios e oportunidades da transição energética no mercado de lubrificantes. Rio de Janeiro, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Given that the global decarbonization journey has accelerated large-scale automotive electrification around the world and the global lubricant market allocates around 50% of its volume to vehicle applications, research is conducted on the impact of these transformations in this market to identify future challenges and opportunities. Therefore, it is necessary to understand the current scenario of the global lubricants market, explore the projections for the development of the energy transition and understand the changes and perspectives around electrification for the automotive market. Descriptive and exploratory qualitative research is carried out to describe and scientifically analyze the expected impacts in this market. Initially, it is verified that automotive electrification will require the development of new physical-chemical properties, generating great opportunities for the suppliers to become a key partner of the automaker in the electrification journey. The expectation is that the reduction in demand will happen in the long term after the reform of the current circulating park is completed with expectation of consistent growth in the coming decades in most part of the world. In addition, aggregated margin growth is expected to be caused by the growing demand for synthetic lubricants with lower viscosity and higher performance. These facts require the perception that while ultimately the progress of the energy transition brings a prospect of volume reduction, this retraction will still take decades to happen and suppliers who know how to adapt and exploit margin-increasing opportunities will still have broad growth prospects in the coming years.

Keywords: lubricants market; automotive electrification; opportunities and challenges.



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	MERCADO DE LUBRIFICANTES.....	10
2.1	DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO.....	10
2.2	LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS .....	13
2.3	MERCADO GLOBAL.....	15
2.4	MERCADO BRASILEIRO.....	19
3	TRANSIÇÃO ENERGÉTICA .....	24
3.1	DEFINIÇÃO E CONTEXTO.....	24
3.2	HISTÓRICO E HORIZONTES.....	26
3.3	ANÁLISE DOS SETORES .....	27
4	ELETRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA .....	33
4.1	MODELOS ELETRIFICADOS.....	33
4.2	EMISSÕES DO SETOR AUTOMOTIVO.....	40
4.3	CENÁRIO ATUAL DA ELETRIFICAÇÃO NO MUNDO E PROJEÇÕES.....	43
4.4	CENÁRIO ATUAL DA ELETRIFICAÇÃO NO BRASIL E PROJEÇÕES .....	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	PANORAMA GERAL.....	54
5.2	APLICAÇÃO DOS LUBRIFICANTES NOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	55
5.3	PROJEÇÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O MERCADO DE LUBRIFICANTES .....	58
6	CONCLUSÃO .....	65
	REFERÊNCIAS.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

A Agência Internacional de Energia (AIE) aponta que, até 2030, por volta de 7% da frota total de veículos no mundo será eletrificada caso as políticas de eletrificação anunciadas por diversos países no mundo se concretizem, totalizando 145 milhões de unidades frente a um patamar atual de 11 milhões de veículos. Essa transição, caracterizada pela adoção de motores elétricos em substituição aos motores a combustão em larga escala, faz parte da resposta necessária às mudanças climáticas que o planeta tem experimentado e figura como uma das frentes na jornada global de descarbonização.

O funcionamento de um motor elétrico em muito difere daquele de um motor a combustão, fazendo com que a configuração e estrutura dos veículos como conhecemos hoje, passe por importantes adaptações. Por esse motivo, as montadoras estão investindo fortemente no desenvolvimento e adoção de novas arquiteturas e tecnologias para tornar o veículo elétrico uma realidade frente aos diversos obstáculos que ainda existem nesse caminho.

O motor elétrico para veículos é uma tecnologia conhecida e aplicada há muitos anos, os primeiros modelos datam do final do século XVII. Com uma estrutura simples e mais eficiente, ele apresenta diversas vantagens frente ao motor a combustão que vão muito além da redução da emissão de gases de efeito estufa. Uma das diferenças entre o motor elétrico e o motor a combustão é que o primeiro possui um número consideravelmente menor de partes móveis em sua estrutura. Para seu devido funcionamento, o motor a combustão requer a utilização de óleos lubrificantes que garantem a fluidez do movimento, evitam desgaste, promovem a limpeza, controlam a temperatura, entre outras funções essenciais. Com um menor número de partes móveis, o motor elétrico deixa de demandar um grande volume de óleo com tais funções, passando a requerer mais primordialmente a função de controle de temperatura.

Devido ao seu abrangente e plural leque de funções, os óleos lubrificantes precisam contar com formulações muito específicas e variadas. Por conta disso, o desenvolvimento de novas formulações e tecnologias para atender esse vasto universo de aplicações criou um grande mercado em torno desse objetivo. Segundo a Mordor Intelligence, o mercado global de lubrificantes comercializa em torno de 35 milhões de toneladas e 130 bilhões de dólares anualmente e apresenta uma perspectiva de crescimento consistente nos próximos anos. As aplicações automotivas representam mais de 50% do volume, dividindo espaço com outras aplicações industriais que vão desde maquinários pesados, metalurgia, energia, entre outras.

A relevante participação das aplicações automotivas no volume atual do mercado de lubrificantes levanta importantes questionamentos sobre as perspectivas para este setor. Os participantes do mercado possuem o desafio de compreender como navegar nesse cenário junto a seus clientes e suportar o desenvolvimento de novas soluções.

O presente trabalho possui como objetivo central compreender os diferentes impactos que a transição energética e a eletrificação automotiva terão sobre o mercado de lubrificantes. Para isso, como primeiro objetivo específico, será explorado o cenário atual do mercado global de lubrificantes visando principalmente compreender as atuais perspectivas e fatores que influenciam tal mercado. Como segundo objetivo específico, o trabalho vai abordar a transição energética e a eletrificação automotiva identificando suas principais vertentes, histórico e perspectivas. Finalmente, munido com todas as informações, é possível projetar as expectativas, identificando desafios e oportunidades para os atuais participantes do mercado de lubrificantes.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos além dessa introdução. O capítulo dois discute as características estruturais e mercadológicas da indústria de lubrificantes apresentando o panorama atual e projeções para o futuro. No capítulo três é explorado o contexto da transição energética, onde serão analisados os setores envolvidos, os fatores de influência, e as perspectivas e projeções dos avanços nesse campo. O capítulo quatro foca na eletrificação automotiva, uma das vertentes da transição energética, abordando principalmente a construção dos modelos eletrificados, um levantamento sobre as emissões do setor automotivo, o status atual e sua projeção futura para o Brasil e para o mundo. Finalmente, no capítulo cinco, são apresentados os resultados da pesquisa apontando os principais desafios e oportunidades da transição energética para o mercado de lubrificantes. No capítulo seis, são apresentadas as conclusões do presente trabalho, suas limitações e sugestões para futuros trabalhos.

Para atingir os objetivos apresentados foi realizada uma pesquisa qualitativa descritiva e exploratória para descrever e analisar crítica e cientificamente os impactos da transição energética no mercado de lubrificantes. Durante o desenvolvimento do trabalho, recorreu-se a referenciais bibliográficos, através do “[...]levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites” (FONSECA, 2002). A partir dessas fontes, foi possível confrontar perspectivas de diferentes autores e inferir conclusões-chave acerca do tema. Para a busca de informações utilizaram-se palavras-chave nos portais de pesquisa da Google e portal de artigos acadêmicos Capes.

## 2 MERCADO DE LUBRIFICANTES

### 2.1 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

O óleo lubrificante é uma substância que serve, primordialmente, para reduzir a fricção entre superfícies móveis que estejam em contato garantindo a máxima eficiência no processo e mínimo desgaste das peças envolvidas. Além dessa função primária, existem outras funções importantes, como transferência de força, transporte de partículas, aquecimento/resfriamento, entre outras.

Sua composição consiste em uma mistura entre óleo básico, que representa até 90% da sua composição, e aditivos, responsáveis por atribuir as características específicas e desejadas de cada óleo. No caso das graxas, um tipo específico de lubrificante semissólido, além desses dois componentes, é adicionado um espessante para garantir a consistência necessária à aplicação.

A utilização de substâncias lubrificantes remonta o período da pré-história e perpassa toda a história (TOTAL ENERGIES, 2022). Apesar de não existir evidências diretas do seu uso, é altamente provável que, para tornar possível a utilização de instrumentos com rodas na idade do cobre (4.000 a 3.000 a.C) o homem aplicava a água, gordura animal e até mesmo sangue para reduzir o atrito.

Até que os óleos básicos derivados de petróleo (minerais) se popularizassem em meados do século 19, as pessoas costumavam utilizar gorduras e componentes oleosos naturais das mais diversas fontes. Inicialmente, a performance dos óleos minerais era inferior à dos óleos naturais. Somente a partir das primeiras décadas do século 20 com a advento de aditivos mais robustos é que de fato os óleos minerais passaram a ser utilizados em grande escala.

A produção dos lubrificantes utilizados atualmente exige complexos processos químicos desenvolvidos para atingir altíssimos padrões de desempenho dependendo da sua aplicação. Nesse cenário, uma grande gama de óleos lubrificantes está à disposição no mercado.

Essa grande gama cria diversas formas de segmentação do mercado de lubrificantes, criando diferentes perspectivas pelas quais se pode analisá-lo. Essa categorização pode ser realizada a partir do:

- Tipo de insumo usado na sua fabricação;
- Tipo de lubrificante;

- Setor consumidor.

Dependendo do tipo de insumo utilizado na formulação do óleo, existem as seguintes classificações de óleos lubrificantes:

- Lubrificantes minerais: Produzidos a partir de óleo básico advindo do processo de refino do petróleo. São os óleos mais simples e de menor custo, atendendo às necessidades mais básicas da aplicação.
- Lubrificantes sintéticos e semissintéticos: Levam como insumo óleo básico produzido sinteticamente em laboratório a partir de hidrocarbonetos básicos. Esse processo permite um maior controle da estrutura do lubrificante que, por sua vez, confere propriedades mais específicas e um melhor desempenho em geral.
- Biolubrificantes: Usam fontes renováveis como matéria-prima e por isso representam uma alternativa mais limpa por serem rapidamente biodegradáveis e não tóxicos para os seres humanos. Geralmente são utilizados ésteres de triglicerídeos, como óleos vegetais.

Independentemente do tipo de lubrificante, todos levam aditivação para conferir propriedades essenciais nas aplicações. Os aditivos trazem contribuições para as propriedades físicas ou químicas do óleo lubrificante. Dentre as mais diversas categorias, estão listadas a seguir aquelas mais comumente encontradas no mercado:

- Abaixador do ponto de fluidez: Inibe a formação de cristais garantindo maior fluidez do óleo a baixas temperaturas;
- Melhorador do índice de viscosidade: polímeros que mantêm a viscosidade do óleo mais estável frente à grandes variações de temperatura;
- Antiespumantes: Reduz a tensão superficial do óleo, reduzindo, conseqüentemente, a formação de bolhas que podem aumentar a oxidação do óleo e interferir na sua performance;
- Inibidores de corrosão: formam películas que previnem corrosões nas superfícies metálicas estimuladas pela alta pressão e temperatura aos quais alguns sistemas podem estar condicionados;

- Inibidores de oxidação: o processo de oxidação deteriora o óleo com o tempo, sendo esse um processo natural nas condições de operação. Os inibidores atuam para retardar esse processo;
- Detergentes e dispersantes: Garantem a limpeza do motor evitando a deposição de partículas nas superfícies metálicas e inibindo a aglomeração das partículas, que podem causar o entupimento das galerias de óleo;
- Antidesgaste: o desgaste ocorre com mais intensidade em superfícies altamente rugosas, consistindo na perda de material quando ocorre choque entre duas superfícies em movimento. Os aditivos de Antidesgaste formam uma película protetora que reduz esse efeito.

Esses diferentes tipos de aditivo são incorporados em variadas proporções para criar o óleo ideal para cada aplicação. As diferentes formulações possíveis são agrupadas e categorizadas dependendo da sua principal funcionalidade. A seguir, estão listadas as classificações mais comuns:

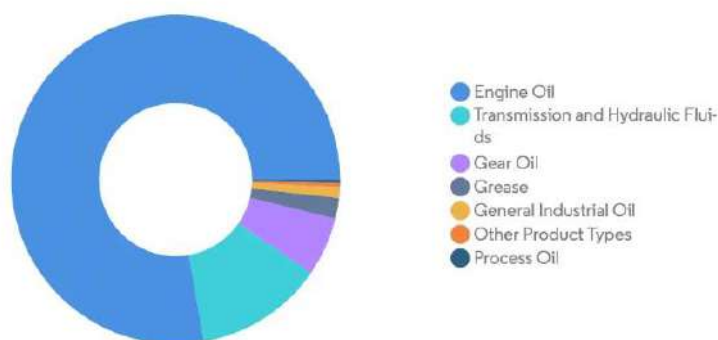
- Óleo motor: óleos utilizados em motores de combustão interna para desempenhar diversas funções, como: reduzir fricção e desgaste das partes móveis, manter o motor livre de depósitos, selar os anéis dos pistões, regulação da temperatura e neutralização de ácidos gerados no processo de combustão;
- Óleos hidráulicos e de transmissão: destinados a aplicações em sistemas hidráulicos onde é exigida larga capacidade de transferência de força e energia quando sob pressão de maneira a garantir o menor esforço possível no sistema. Um exemplo comum no dia a dia é o sistema de direção hidráulica de automóveis;
- Óleos de engrenagens: Em geral, as engrenagens servem para transformar rotação em força e, para isso, realizam extrema pressão umas nas outras. Portanto, o óleo de engrenagem possui aditivação voltada para resistência à alta pressão, desgaste e corrosão;
- Óleos de processo: óleos utilizados em aplicações muito específicas na indústria, como a indústria metalúrgica, farmacêutica, de polímeros, cuidados pessoais, entre outras. Portanto, exigem óleos com alta pureza, alto índice de viscosidade e redução de formação de espuma.

## 2.2 LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS

O setor automotivo é uma segmentação muito importante para o mercado de lubrificantes, pois movimentada mais de 50% da demanda global. Carros, motos, caminhões e os demais tipos de meio de transporte exigem lubrificantes de diversos tipos de aplicações e níveis de performance.

O principal tipo de óleo lubrificante automotivo e com o maior volume para esse segmento é o óleo motor, responsável por mais de 75% das aplicações automotivas (FIGURA 1). Conforme apresentado anteriormente neste trabalho, o óleo motor desempenha diversos papéis no processo de combustão interna e é um importante elemento para o desempenho e integridade das peças.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DE LUBRIFICANTES AUTOMOTIVOS POR TIPO, 2020



FONTE: Mordor Intelligence (2020)

Quando o objetivo é analisar o mercado, segmentam-se esses tipos de lubrificantes anteriormente apresentados e distribuídos na FIGURA 1 nas seguintes categorias detalhadas:

- Automotivos Comerciais: Óleos usados com fins comerciais em veículos como caminhões, ônibus, máquinas mineradoras e de construção, tratores, colheitadeiras e quaisquer veículos equipados com motores a diesel. Incluem-se os HDMO (Heavy-Duty Motor Oil), óleos hidráulicos e de transmissão (HTF), óleos de engrenagens e graxas. Contabilizam-se também os volumes utilizados em comerciais leves e carros de passageiros movidos a etanol e gasolina desde que utilizados com fins comerciais.

- Automotivos de Consumo: Óleos para aplicações de uso pessoal, sem fins comerciais, incluindo-se PCMO (Passenger Car Motor Oil), fluido de transmissão automática (ATF), fluidos de transmissão manual (MTF), óleo de engrenagem, graxa e MCO (Motorcycle Motor Oil, geralmente motores 2 e 4 tempos).

Os fabricantes de lubrificantes para motor no Brasil e no mundo utilizam amplamente a classificação do órgão americano e internacional SAE (Society of Automotive Engineers) para categorização dos óleos em termos de viscosidade, conforme exigido pela ANP. A viscosidade é uma propriedade muito importante dos óleos lubrificantes, pois indica a resistência ao escoamento do óleo a uma determinada temperatura. Quanto maior a viscosidade, mais resistente ao escoamento será o óleo e vice-versa.

A classificação SAE divide os óleos lubrificantes em dois tipos principais: óleos monoviscosos e óleos multiviscosos.

- Óleos multiviscosos: categoria mais comum e que promove o melhor desempenho na faixa de operação de temperatura de um motor a combustão. Apresentam a viscosidade ideal a altas temperaturas formando uma camada viscosa o suficiente para proteger o motor quando em pleno funcionamento ao mesmo tempo em que apresenta alta fluidez em baixas temperaturas, garantindo que o óleo percorrerá rapidamente o caminho entre o cárter e os pistões no momento da partida, evitando danos ao motor;
- Óleos monoviscosos: Dificilmente encontrados no mercado atual. Ao contrário do óleo multiviscoso, ele apresenta apenas um grau de viscosidade e varia com a temperatura sem realizar adaptações às necessidades do motor quando dentro e fora de funcionamento.

A nomenclatura utilizada pela SAE indica o grau de viscosidade do óleo. Quanto maiores os números, mais viscosos à temperatura de operação do motor (exemplo: SAE 30, SAE 40, SAE 50). Para óleos multiviscosos, separa-se com a letra “W” o grau de viscosidade à temperatura de operação do motor e o grau de viscosidade à baixas temperaturas (exemplo: SAE 0W30, SAE 5W40, SAE 15W40).

A título de exemplo, um óleo SAE 30 possui um grau de viscosidade 30 em temperatura de operação plena do motor e varia sua viscosidade de acordo com a temperatura apenas.



Já um óleo 5W30, terá o mesmo comportamento que o óleo SAE 30 na temperatura de operação plena do motor, porém, assume um grau de viscosidade 5 quando na temperatura ambiente no momento da partida.

Em termos de performance, as principais classificações atualmente são determinadas por associações automotivas reconhecidas pela indústria, como a API (Instituto Americano de Petróleo) e a ACEA (Associação Europeia de Fabricantes Automotivos).

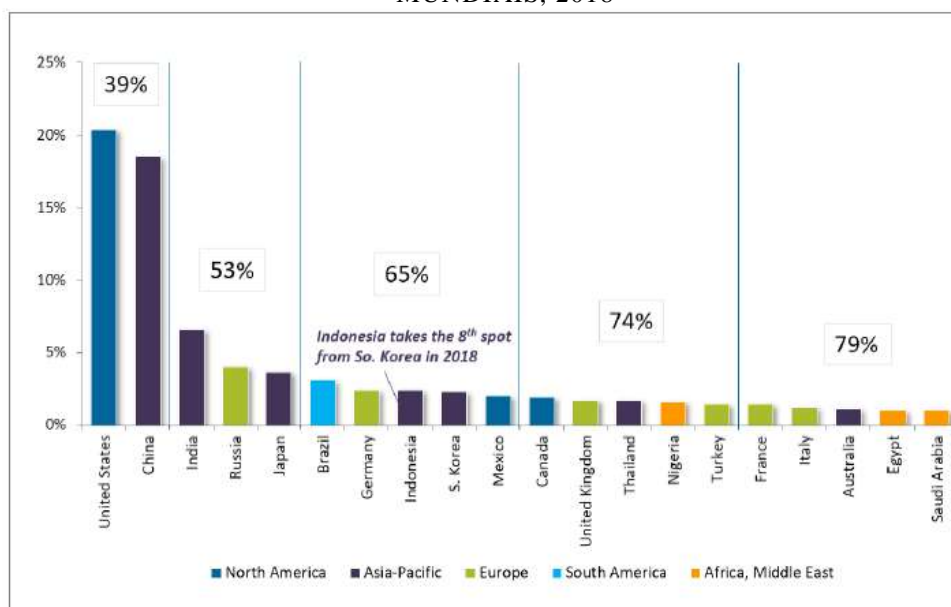
Esses órgãos definem um padrão mínimo de performance que deve ser atingido pelos fabricantes para conseguir a classificação pleiteada. Há casos também onde as próprias montadoras definem um padrão mínimo de qualidade a ser contemplado para aplicação em seus motores, com testes adicionais àqueles já existentes na indústria. Os quesitos avaliados são, por exemplo: degradação e evaporação, compatibilidade com componentes do motor, economia de combustível, entre outros.

### 2.3 MERCADO GLOBAL

O mercado mundial de lubrificantes atingiu em 2020 a marca de 35 milhões de toneladas de óleo vendido e apresenta um CAGR (do inglês, Compound Annual Growth Rate) de quase 2% no cenário projetado pela Mordor Intelligence (2020) para o período de 2021-2026. Em valores financeiros, estima-se que o tamanho do mercado gira em torno de 130 bilhões de dólares americanos.

Os 20 principais mercados globais estão listados na FIGURA 2. Juntos esses países correspondem aproximadamente a 79% da demanda global. Os primeiros colocados são Estados Unidos e China, que se destacam bastante dos demais países somando, sozinhos, 39% de toda a demanda global. O segundo bloco é formado por Índia, Rússia e Japão com demandas em torno de 5% cada e o Brasil vem logo em seguida na sexta posição.

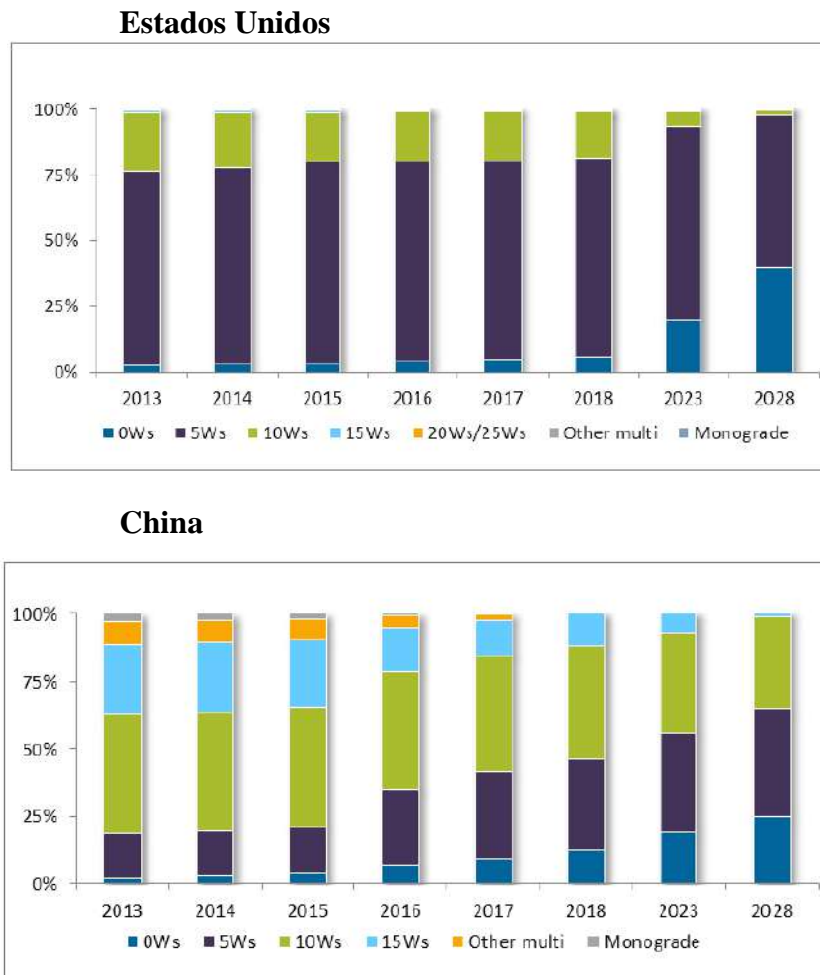
FIGURA 2 - DEMANDA DE LUBRIFICANTES ACABADOS NOS 20 MAIORES MERCADOS MUNDIAIS, 2018



FONTE: Kline (2019)

Apesar de ocupar posições próximas no gráfico de demanda, os mercados dos Estados Unidos e China são diferentes em muitos aspectos. Na FIGURA 3 é possível notar que a demanda por óleos de mais baixa viscosidade é fortemente mais alta nos Estados Unidos em comparação com a China. Em 2018, viscosidades 0W/5W representavam 46% da demanda na China, enquanto nos Estados Unidos essa porcentagem já era de 81%.

FIGURA 3 - DEMANDA DE LUBRIFICANTES PARA VEÍCULOS LEVES POR GRAU DE VISCOSIDADE, 2013-2028



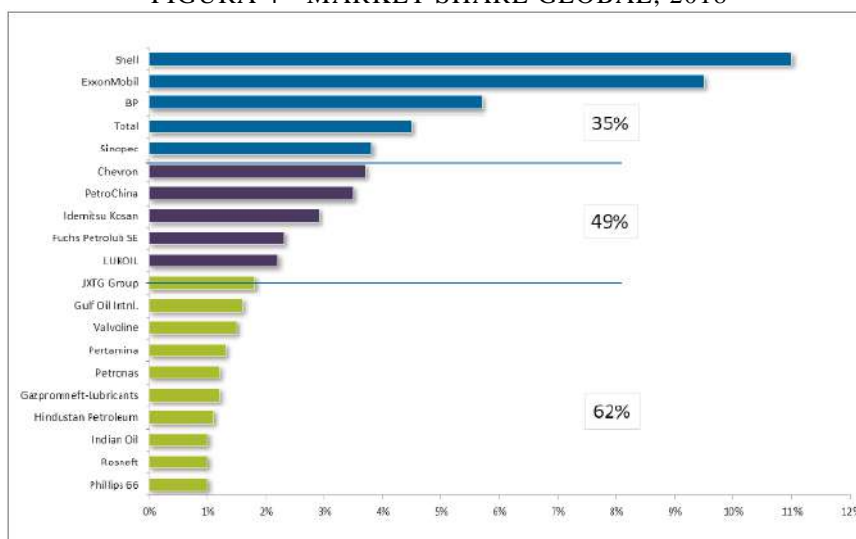
FONTE: Kline (2019)

A diminuição das viscosidades de maneira geral é uma forte tendência para o mercado mundial de lubrificantes. Quanto mais avançada a tecnologia dos motores, maior a exigência por lubrificantes que fluem com mais facilidade dentro dos novos motores mais compactos e economizam a energia gasta pelo motor. Ambos os gráficos da FIGURA 3 mostram essa forte evolução a partir do ano de 2016 e sua intensificação até 2028.

Uma das consequências da redução de demanda de óleos 20W e 15W é o aumento do intervalo de troca. As novas tecnologias empregadas nos lubrificantes de menor viscosidade garantem visitas menos frequentes às oficinas, o que se apresenta como uma grande vantagem aos usuários e traz uma tendência de redução do volume absoluto do mercado.

A FIGURA 4 apresenta as principais empresas fornecedoras de lubrificantes no mundo no ano de 2018. Juntas, essas 20 empresas são responsáveis pelo fornecimento de 62% da demanda global. A Royal Dutch Shell é a primeira colocada com 11,1% de participação no mercado e vem mantendo a sua posição pelos últimos 15 anos. As 5 primeiras colocadas representam 35% do mercado, demonstrando que, no espectro de competitividade, o mercado é relativamente consolidado na mão de poucos *players*, com uma grande quantidade de outros fornecedores que vendem baixos volumes.

FIGURA 4 - MARKET SHARE GLOBAL, 2018

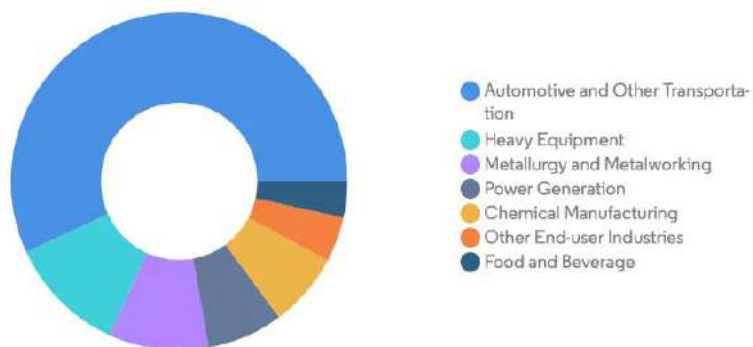


FONTE: Kline (2019)

Além do setor automotivo e de transporte, outros segmentos industriais também têm um papel importante nesse mercado. São diversos segmentos industriais atendidos no mundo, as principais classificações do mercado sob essa perspectiva são: óleos destinados à indústria automotiva e demais transportes, setor de energia, equipamentos pesados, alimentos e bebidas, metalurgia, químicos e outros.

Na FIGURA 5 é apresentada a distribuição dos 35 milhões de litros vendidos no ano de 2020. O setor automotivo e outros transportes (como marítimo e aviação) é responsável por mais de 55% de todo o volume global, com os óleos motores correspondendo a mais de 75% dessa fatia.

FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DE VOLUME POR INDÚSTRIA CONSUMIDORA



FONTE: Mordor Intelligence (2020)

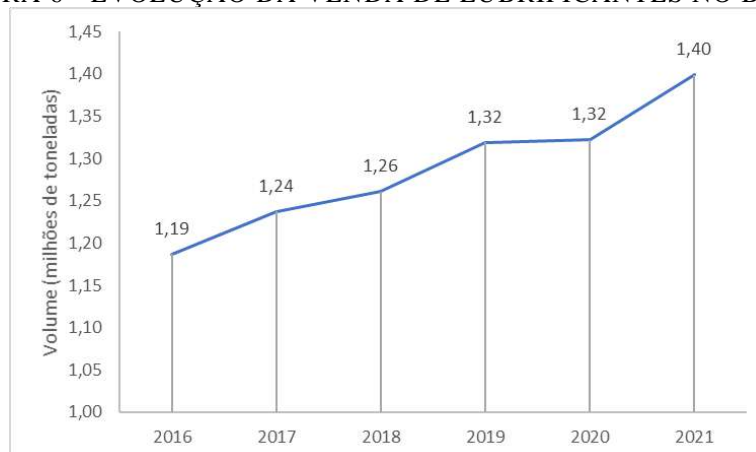
## 2.4 MERCADO BRASILEIRO

O mercado brasileiro, sem considerar exportações, figura como o sexto maior mercado de lubrificantes do mundo (KLINE, 2019), representando em torno de 2,9% do volume total do mercado. Os primeiros colocados são Estados Unidos, China e Índia, seguidos de Japão e Rússia. O Brasil atingiu a marca de 1,4 bilhões de litros vendidos internamente no ano de 2021 segundo a ANP (Agência Nacional de Petróleo). Esse volume vem em uma forte crescente nos últimos anos, chegando a um patamar 18% maior que o volume vendido em 2016.

Apesar de sofrer um forte impacto causado pela pandemia, em grande parte devido à retração do setor industrial com as paradas forçadas das fábricas e desaquecimento do consumo de maneira generalizada, o ano de 2020 apresentou estabilidade de volume de óleo vendido em relação a 2019 conforme apresentado na FIGURA 6.

Em 2021 o mercado retoma a jornada de crescimento, apresentando um aumento de 5,8% frente a 2020 e mantém a expectativa de crescimento para o ano de 2022.

FIGURA 6 - EVOLUÇÃO DA VENDA DE LUBRIFICANTES NO BRASIL

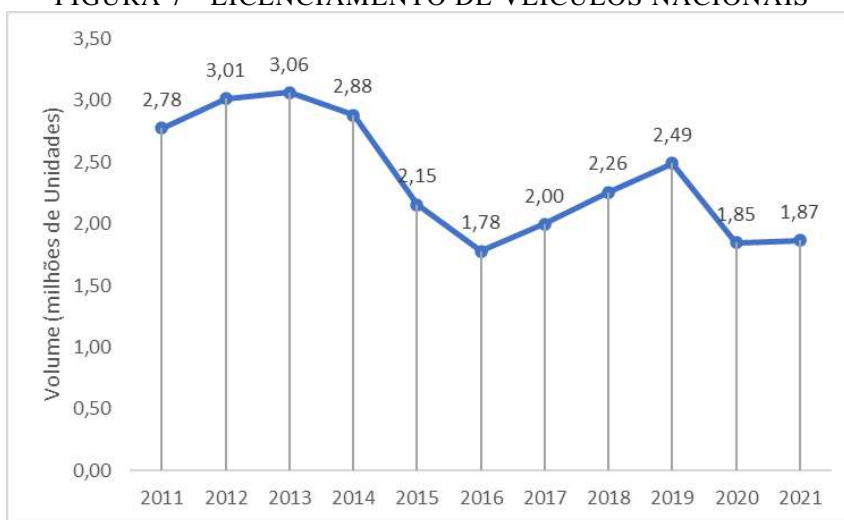


FONTE: Agência Nacional do Petróleo (2022). Elaboração Própria.

O período apontado na FIGURA 6 reflete o início da fase de recuperação da indústria brasileira após a crise que atingiu o país em 2014, e não foi diferente para o mercado de lubrificantes. A venda de lubrificantes atingiu seu pico histórico no ano de 2013, com 1,37 milhões de toneladas vendidas nacionalmente e experimentou uma forte queda de volume a partir do ano de 2014.

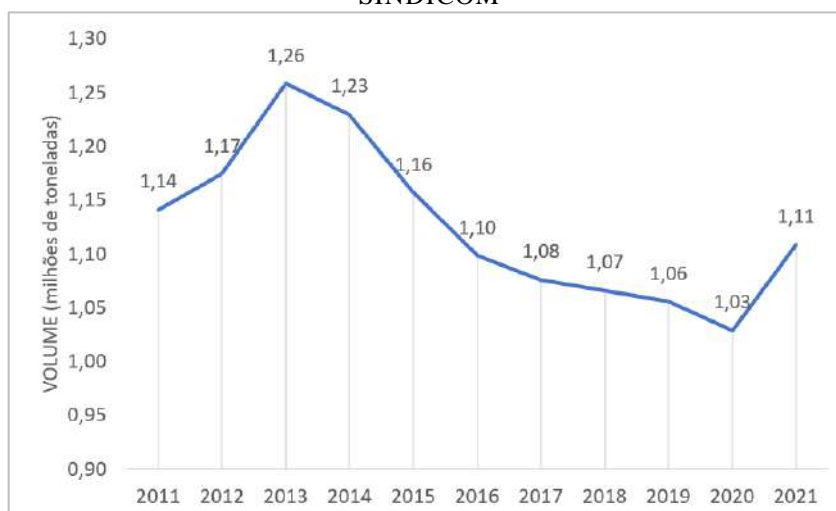
A partir da FIGURA 7 e da FIGURA 8 percebe-se a correlação entre a movimentação da indústria automotiva nesse período e o volume vendido de óleos lubrificantes. Apenas em 2017, três anos depois, um crescimento de volume foi registrado.

FIGURA 7 - LICENCIAMENTO DE VEÍCULOS NACIONAIS



FONTE: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (2022). Elaboração Própria.

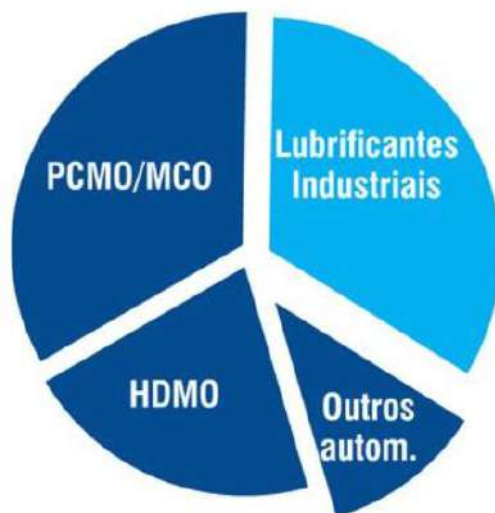
FIGURA 8 - VOLUME VENDIDO DE LUBRIFICANTES DOS PRODUTORES ASSOCIADOS À SINDICOM



FONTE: Instituto Brasileiro de Petróleo (2022). Elaboração Própria.

Analisando os principais setores que geram demanda, o Brasil acompanha a tendência mundial com o setor automotivo representando a maior fatia de mercado (em torno de 65%), conforme apresentado na FIGURA 9. Na categoria automotiva estão incluídas as seguintes subcategorias: automotivos comerciais e automotivos de consumo, anteriormente apresentadas no capítulo 2 (PCMO, MCO, HDMO, ATF, Gear Oil e Graxas com aplicações em veículos). O percentual restante sendo, principalmente, óleos com aplicações industriais (em torno de 35%).

FIGURA 9 - DISTRIBUIÇÃO POR SETOR DE DESTINO DO MERCADO BRASILEIRO



FONTE: Lubekem (2021)

Sob o ponto de vista de viscosidades estipuladas pela SAE, um levantamento realizado pela Kline em 2018 aponta que 34% do volume de óleos motores automotivos para veículos leves (PCMO) correspondeu à viscosidade 20W-50. Seguida da viscosidade 15W-40 (32%) e da viscosidade 5W-30 (14%). A tendência é que, com o tempo, as mais altas viscosidades percam espaço no mercado por corresponderem a demandas de um parque de carros com motorizações antigas que ainda circulam no país.

TABELA 1 - DEMANDA ESTIMADA PARA PCMO NO BRASIL POR VISCOSIDADE, 2018

<b>MULTIVISCOSO</b>	
20W-50	34%
15W-40	32%
5W-30	14%
10W-40	6%
10W-30	4%
5W-40	4%
0W-20	3%
Outros	2%
<b>Total</b>	<b>99%</b>
<b>MONOVISCOSO</b>	
SAE 40	1%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

FONTE: Kline (2019). Elaboração Própria

A ANP aponta que o país conta hoje com 159 agentes autorizados, entre produtores que comercializam óleo básico e lubrificante acabado dentro do mercado brasileiro e agentes coletores e rerrefinadores que atuam no reprocessamento do óleo usado e contaminado (OLUC) e sua posterior comercialização. Os agentes contam no total com 176 instalações autorizadas pelo órgão, das quais 95 são plantas produtoras de óleos lubrificantes acabados (OLACs), e estão representadas na FIGURA 10.

FIGURA 10 - PRODUTORES DE OLAC NO BRASIL



Fonte: Agência Nacional do Petróleo (2022)

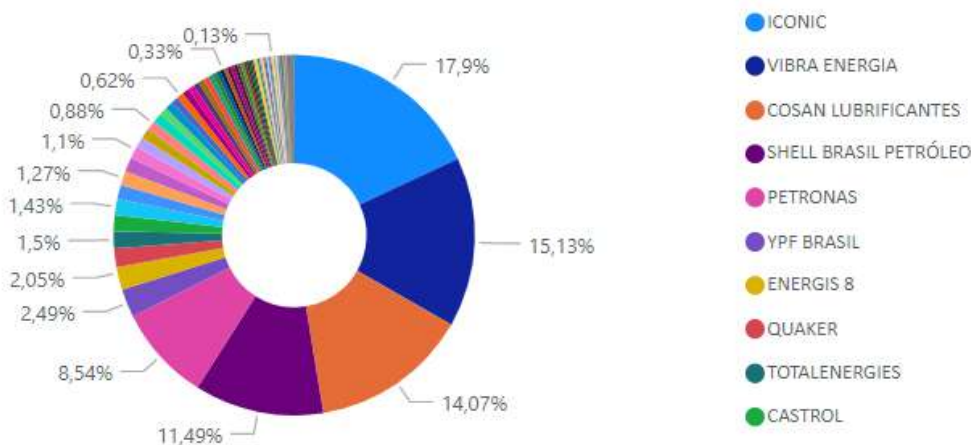
Como fica evidente na FIGURA 10, a grande maioria dos produtores fica localizado no Sudeste, região de onde se originou mais de 79% das vendas distribuídas por todo território



nacional em 2021. A região sudeste também foi a maior recebedora das vendas, com 42%, seguida da região sul que recebeu 21%.

O mercado brasileiro é atualmente dominado por 5 grandes fornecedores que juntos correspondem a mais de 67% do mercado. A ICONIC, *joint-venture* entre a Ipiranga e a Chevron (Texaco), lidera o mercado com 17,9% do volume vendido em 2021. A empresa conta com 3 fábricas no Brasil com capacidade instalada de 500 milhões de litros anuais.

FIGURA 11 - MARKET SHARE DO MERCADO BRASILEIRO DE LUBRIFICANTES, 2021



FONTE: Agência Nacional de Petróleo (2022)

A segunda colocada no ranking é a Vibra Energia, nome que surgiu após o recente *rebranding* da BR Distribuidora, com 15,3% do mercado. A Vibra é dona da marca brasileira Lubrax, a mais reconhecida do mercado e conta com uma fábrica no Rio de Janeiro que é considerada uma das maiores do gênero na América Latina.

Completando o ranking temos a Cosan Lubrificantes (14,07%), que produz e comercializa a marca Mobil no Brasil e em outras regiões do mundo; a Shell (11,49%), líder mundial do mercado há mais de 15 anos; e a Petronas Lubricants, braço focado em lubrificantes da Petronas, empresa de óleo e gás originária da Malásia.

### 3 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

#### 3.1 DEFINIÇÃO E CONTEXTO

A transição energética corrente refere-se à uma mudança na matriz energética com foco na passagem da geração majoritária de energia a partir de fontes fósseis para uma outra com baixa emissão de carbono. O fator de maior influência e que diferencia essa transição das demais é impacto de políticas globais e locais frente à ameaça da sustentabilidade do modelo atual no qual a sociedade opera.

O tema torna-se, portanto, mais abrangente do que uma mudança na geração e consumo de energia e traz à tona também discussões sobre formas de otimização da produção de bens e serviços, e seus impactos econômicos e sociais.

O desenvolvimento sustentável e a redução de emissão de gases de efeito estufa (GEEs) estão no cerne da transição energética. Segundo WWF Brasil (2019), a definição mais aceita de desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual sem esgotar os recursos para a geração futura aliando o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental. Alcançar o desenvolvimento sustentável apresenta-se como um grande desafio para a humanidade, que desde já enfrenta as consequências negativas do modelo de consumo atual e vislumbra perspectivas futuras ainda mais críticas.

Segundo a United Nations (2020), os GEEs são de ocorrência natural e possuem um importante papel para a garantia da vida na Terra, pois constituem uma camada gasosa que retém a energia solar no planeta e possibilita a manutenção da temperatura ideal para os seres vivos.

À medida que a população aumenta e o padrão de vida das pessoas cresce, maior a incidência de atividades como a industrialização, desmatamento e agricultura de larga escala. Essas atividades elevam a concentração dos GEEs na atmosfera a níveis que superam os limites naturais e criam um efeito colateral negativo.

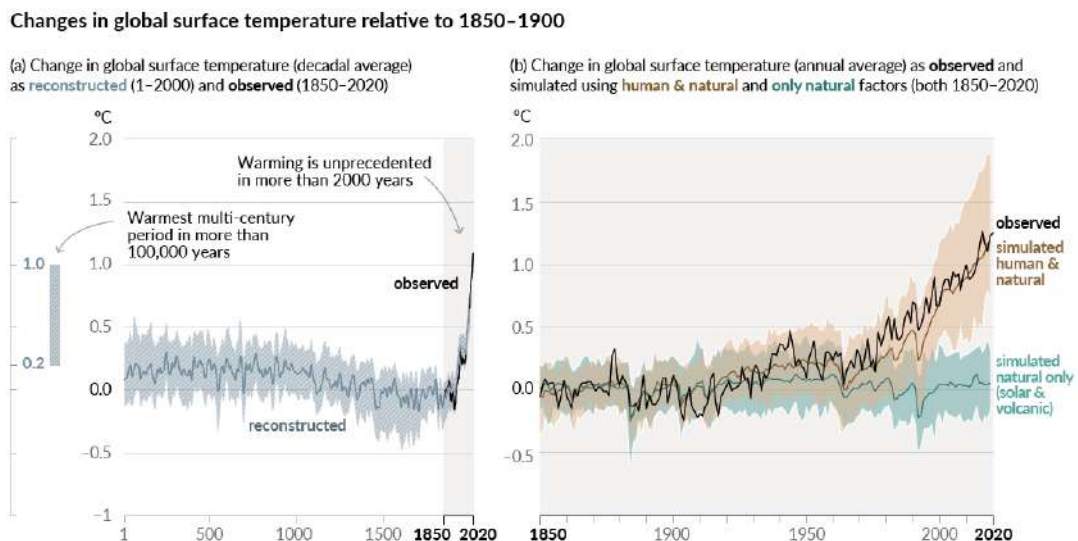
Segundo McKinsey (2022), comparando-se a temperatura média combinada entre a superfície marítima e terrestre nos dias de hoje com aquela de níveis pré-industriais (entre 1850 e 1900), calcula-se que houve um aumento de, aproximadamente, 1,1°C. E essa temperatura continua a crescer, a uma taxa em torno de 0,2°C a cada década. Além disso, o derretimento de gelo do mar ártico chega a cerca de 3.000 quilômetros cúbicos por década.

Organização das Nações Unidas (ONU), cita alguns elos científicos básicos bem estabelecidos:

- A concentração de GEE na atmosfera terrestre está diretamente ligada à temperatura global média na Terra;
- A concentração vem subindo constantemente, e as temperaturas globais médias, juntamente com ela, desde a época da Revolução Industrial;
- O GEE mais abundante, responsável por cerca de dois terços dos GEE, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), é em grande parte o produto da queima de combustíveis fósseis.

A FIGURA 12(a), publicada Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas de 2021, apresenta as temperaturas da superfície terrestre (médias da década) observadas nos últimos 170 anos (1850-2020) e essas temperaturas reconstruídas nos 2000 anos anteriores (1-2000). É notório o forte avanço sem precedentes nos últimos dois milênios da temperatura no período pós-industrial. Na parte (b) do gráfico fica clara a diferença entre o aumento observado e a simulação sem a influência humana.

FIGURA 12 – HISTÓRICO DA MUDANÇA DE TEMPERATURA GLOBAL  
**Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years**



FONTE: IPCC (2021)

Ainda segundo IPCC (2021), a temperatura da superfície na Terra aumentou mais rápido desde 1970 do que em qualquer outro período de 50 anos ao longo de pelo menos 2000 anos. Em 2019 a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico foi mais alta do que em qualquer momento em pelo menos 2 milhões de anos.

Mudanças climáticas induzidas pela atividade humana já estão trazendo sérias consequências e afetando extremos climáticos em todas as regiões do mundo. Existem diversas evidências de ondas de calor, fortes precipitações, secas, ciclones tropicais e, particularmente, de sua atribuição à atividade humana.

### 3.2 HISTÓRICO E HORIZONTES

O primeiro movimento relevante, em termos de maior participação de energia renovável, ocorreu na década de noventa e desde então vem apresentando uma alta velocidade de progressão se comparada às transições anteriores.

O Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) é categórico em afirmar que as atividades humanas são a principal causa das mudanças climáticas. E em 2018 num relatório especial, a mesma organização afirmou que, para que fosse possível limitar o aumento da temperatura global em 1,5°C, seriam necessárias medidas contundentes e rápidas, de forma nunca executada, em todas as áreas e aspectos da sociedade.

Em 1992 foi dado o primeiro passo para enfrentar o problema das mudanças climáticas globalmente, quando a ONU estabeleceu a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC) e como desdobramento desse trabalho coordenado, em 1995 foi assinado o Protocolo de Quioto que comprometeu legalmente os países desenvolvidos a metas de redução de emissão no período de 2008 a 2020.

Apesar de não ter tido sucesso com a redução de emissões de forma direta, o protocolo desempenhou um importante papel em estimular o desenvolvimento de energia renováveis em diversos países, além de ter sido um importante primeiro passo na criação de uma cooperação e diplomacia climática mundial.

Em 2015, com o objetivo de dar continuidade à cooperação global para reduzir os impactos das mudanças climáticas e intensificar as ações e investimentos necessários na causa, foi assinado o Acordo de Paris, que conta hoje com 195 países signatários. Esse acordo tem como foco específico limitar o aumento de temperatura média global a 1,5°C nesse século.

Por conta de acordos globais como os anteriormente citados neste trabalho e da forte pressão que os recentes relatórios climáticos vêm exercendo, o Estado e as políticas empregadas em cada país vêm desempenhando papéis centrais no sucesso da desaceleração de emissões. Existem diversas formas com as quais os governos podem estimular o avanço dos resultados esperados e de acordo com a *Resources for the future* (RFF, 2020), instituição americana de

pesquisas voltadas à utilização de recursos naturais e seus impactos ambientais, dentro das possíveis categorias para essas políticas públicas estão:

- Incentivos ao consumidor que recompensam as pessoas por tomarem medidas que reduzam o uso de combustíveis fósseis e, por extensão, reduzam sua pegada de carbono;
- Políticas de preços de carbono que exigem que os emissores paguem por suas emissões de carbono, como um imposto sobre o carbono (que exigiria que os emissores de carbono pagassem um imposto por cada tonelada de carbono que emitem), ou um programa de capitalização e comércio (que exigiria que as empresas tivessem uma permissão para cada tonelada de carbono que emitem);
- Regulamentos que exigem que os fabricantes aumentem a eficiência energética de seus processos e produtos, incluindo automóveis, eletrodomésticos e edifícios;
- Incentivos fiscais que incentivam os fabricantes a aumentar a eficiência energética de seus processos e produtos.

### 3.3 ANÁLISE DOS SETORES

A FIGURA 13 apresenta o percentual de emissão de cada um dos sete setores responsáveis pela emissão de GEEs no mundo. Destes, os setores que mais emitem dióxido de carbono são o de geração de eletricidade e calor (30%), o setor industrial (30%), o setor de transportes (19%). Já no caso do metano, segundo GEE mais emitido, os setores industrial, de resíduos e o de agricultura lideram, somando 95% do total. Finalmente, para o óxido nitroso que representa em torno de 7% das emissões, a agricultura é de longe o setor que mais emite, com 79% do total.

FIGURA 13 - EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA POR SETOR



1. Includes all fossil fuel CO<sub>2</sub> sources as well as short-cycle emissions (eg, large-scale biomass burning, forest fires). Power includes emissions from electricity and heat generation (i.e., from combined heat and power plants); Industry includes various industrial processes, including production of steel, cement, and chemicals, and extraction and refining of oil, gas, and coal; Mobility includes emissions from road, aviation, rail, maritime, and other forms of transportation; Buildings includes emissions from heating, cooking, and lighting of commercial and residential buildings; Agriculture includes emissions from direct on-farm energy use and fishing; Forestry includes net flux of CO<sub>2</sub> from land use and land cover change but not the opportunity cost of lost carbon capture; Waste includes emissions from solid waste disposal and treatment, incineration, and wastewater treatment. The global CO<sub>2</sub> emissions in this exhibit represent the total emissions of the full sectors, not of the subsectors considered in this report. Based on 2019 emissions.

2. Forestry and other land use.

Note: This is based on the McKinsey EMIT database that draws on a variety of bottom-up sources. Depending on the emissions database used, data per system and the economy as a whole may vary. Figures may not sum to 100% because of rounding.

Source: EMIT database by McKinsey Sustainability Insights (September 2021, data for 2019); McKinsey Global Institute analysis

FONTE: McKinsey & Company (2022)

A maior parte das emissões de dióxido de carbono, em torno de 83%, estão relacionadas à geração de energia, resultantes da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral). Os outros 17% advêm, entre outros setores, de processos industriais e, em grande parte, da atividade florestal que, além de gerar um volume relevante de emissões, destrói nesse processo (queimadas e desmatamento) uma importante fonte de captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera.

Apesar da segmentação entre setores aqui apresentada, o caminho para alcançar a emissão líquida zero é universal e interdependente. Isso significa que a transformação envolve todos os setores, sistemas e economias e que esses atores precisam trabalhar juntos e de maneira complementar para de fato entregar sua parcela de contribuição.

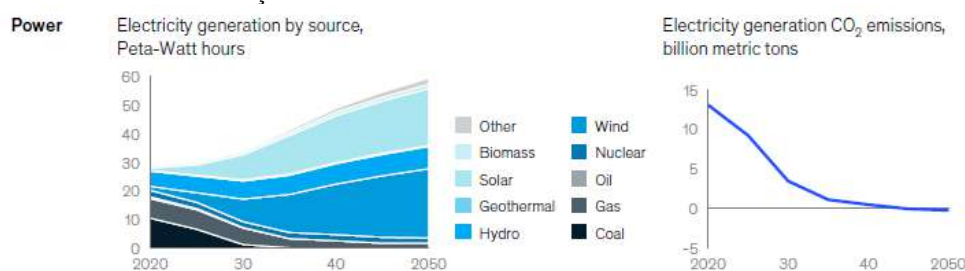
A organização *Network for Greening the Financial System* (NGFS), iniciativa focada em fortalecer a resposta global ao Acordo de Paris, desenhou diferentes cenários de como a sociedade atingirá o patamar de emissão zero adotando diferentes premissas. Como resultado, forneceram diversos dados e projeções que ajudam a entender esse caminho. A seguir, apresenta-se uma análise de alguns dos setores segundo tais projeções.

## Geração de Eletricidade e Calor

O cenário projetado pela NGFS, o NGFS Net Zero 2050, vislumbra um futuro em que combustíveis fósseis serão gradativamente substituídos pela utilização de energia elétrica nos mais diversos setores da economia. Dessa forma, a demanda por esse recurso aumentará fortemente, chegando a volumes quase duas vezes maiores nos próximos 30 anos conforme apresentado na FIGURA 14.

Além do aumento da demanda, uma característica importante desse novo cenário será a fonte utilizada para a geração dessa eletricidade que consistirá majoritariamente de recursos renováveis. A matriz energética global partirá de uma composição representada principalmente por carvão, gás natural, petróleo e recursos hídricos para uma nova realidade em que a energia solar e eólica serão dominantes, reduzindo a participação da utilização de fontes fósseis nas próximas décadas.

FIGURA 14 - PROJEÇÃO DA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA GLOBAL



FONTE: McKinsey & Company (2022)

Tais conclusões trazem à tona alguns desafios para concretizar a descarbonização do setor. O primeiro desafio envolve soluções para garantir a confiabilidade e estabilidade de fornecimento frente à intermitência diária e sazonal intrínseca às fontes renováveis. Especialmente em um cenário onde a transmissão e distribuição passam a representar um fator crítico numa economia que se tornará dependente de fontes elétricas.

O segundo desafio será gerenciar a pegada ecológica que as fontes renováveis trarão como efeito colateral. Segundo Strata (2017), comparado com fontes fósseis, o uso de terras cresce em um fator de três a seis, gerando um efeito colateral que vai de encontro o propósito inicial de descarbonização.

Por fim, elenca-se o aumento de custo da energia elétrica durante a primeira fase da transição como um desafio. Os custos podem chegar a um patamar 25% maior em 2040 quando

comparado a patamares atuais. Esse aumento é em grande parte associado a altos investimentos requeridos para construção das novas redes elétricas e armazenamento requeridas, além de custos incorridos até a completa desativação de ativos de matriz fóssil.

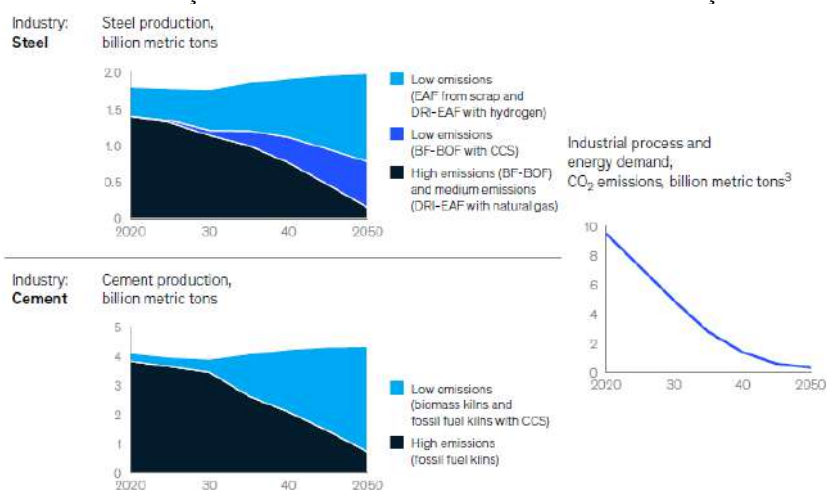
## Indústria

Atualmente, os processos industriais de maior escala consistem, entre muitos outros itens, na produção de aço, cimento, químicos e exploração e produção de combustíveis fósseis. Tais processos são atualmente responsáveis por 30% das emissões de CO<sub>2</sub>, 33% das emissões de metano e 8% das emissões de óxido nitroso.

A descarbonização da indústria requer uma análise mais específica dentro de cada processo produtivo para identificação de oportunidades. Em linhas gerais, o foco está na criação de fábricas e processos mais eficientes energeticamente, adoção de novos combustíveis e insumos e captura de carbono.

Na FIGURA 15 apresenta-se a projeção até 2050 da demanda de aço e cimento global. De forma geral, a demanda absoluta para ambos os materiais terá um crescimento relativamente moderado, em torno de 10%. A grande mudança será a emissão gerada pelos processos, insumos e técnicas empregadas.

FIGURA 15 - PROJEÇÃO DA DEMANDA INDUSTRIAL DE AÇO E CIMENTO



FONTE: McKinsey & Company (2022)

Um forte impacto nesse novo cenário, para ambos aço e cimento, seria o relevante aumento de custo devido à utilização de matérias-primas verdes, investimento em P&D e adaptações no processo produtivo. Para viabilizar tais mudanças, se faz essencial a participação de outros atores do ecossistema, como por exemplo, incentivos fiscais e subsídios do governo.



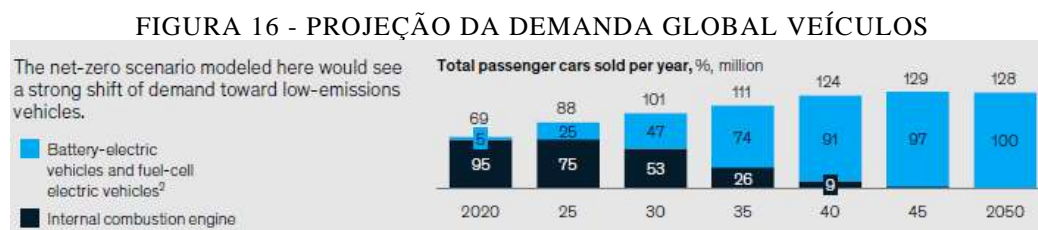
## Mobilidade

O setor de mobilidade compreende todo o universo relacionado à movimentação de pessoas e produtos por terra, ar e mar. É um setor que vem passando por diversos avanços além do esforço em prol da redução de emissões de GEEs. O avanço tecnológico vem rompendo diversas barreiras e construindo diferentes horizontes para o futuro da mobilidade.

O setor é responsável por cerca de 19% das emissões totais de CO<sub>2</sub> do planeta e 2% das emissões de N<sub>2</sub>O e é uma das grandes apostas de contribuição para a transição energética levando em conta a sua capacidade de transformação de toda a cadeia de suprimento e da já real e crescente demanda de soluções mais limpas pelo seu público-alvo.

O processo de descarbonização do setor de transportes consiste em uma transformação onde os combustíveis fósseis, principal fonte de energia dos veículos atualmente, sejam substituídos fontes de zero ou baixa emissão de GEEs. Nesse cenário, os veículos elétricos que funcionam a bateria (Battery-electric vehicles, BEVs), tornam-se uma opção muito relevante para o transporte rodoviário de passeio. Já para transportes de mais longas distâncias, os veículos elétricos de célula de combustível (Fuel-cell electric vehicles, FCEVs), que geram energia através de uma reação entre hidrogênio armazenado e oxigênio proveniente do ar, posam como a alternativa mais proeminente.

Na FIGURA 16 está apresentada a projeção do cenário NGFS especificamente para veículos rodoviários. A previsão é que até 2050 aconteça uma forte transição de modelos com motores de combustão interna (Internal Combustion Engines, ICEs) para BEVs e FCEVs, chegando a 100% da demanda formada por esses modelos de baixa emissão.



FONTE: McKinsey & Company (2022)

O caminho para descarbonização do setor de transportes passa por diversos desafios que estão listados abaixo e serão explorados em mais detalhes nos capítulos seguintes deste trabalho:

- Fabricação e cadeia de suprimentos: o impacto da transição será disruptivo para toda a cadeia de suprimento aumentando a demanda de componentes elétricos, como a bateria e reduzindo drasticamente a demanda por transmissões, motores e sistema de injeção tradicionais;
- Infraestrutura: os novos modelos passam a exigir diferentes fontes de combustível que irão demandar novas redes de abastecimento adaptadas a esses métodos de recarga/reabastecimento;
- Novas fontes de energia: a transição trará um forte aumento da demanda por eletricidade, exigindo mais da malha de distribuição e armazenamento, e hidrogênio, especialmente hidrogênio verde advindo de fontes renováveis.

Outro apontamento presente nas projeções da NGFS, retratado na FIGURA 17 é o impacto em custo para os consumidores. A expectativa é de que inicialmente exista um aumento no custo de aquisição e manutenção dos novos modelos, atreladas aos investimentos necessários para introduzir as novas tecnologias e infraestrutura exigidas.

Projeta-se que esse aumento chegue a 40% até 2025 nos Estados Unidos, com impactos maiores ou menores dependendo da região analisada. Algumas fontes afirmam quem com o aumento da escala da produção de baterias e diminuição do valor dos carros com motor a combustão, a expectativa é que esse cenário se inverta no longo prazo. Porém, faz-se necessário considerar os efeitos colaterais da maior extração de minério e exploração dos insumos das baterias.



FONTE: McKinsey & Company (2022)

Além das mudanças ligadas à tecnologia e aos veículos propriamente ditos, surgem também iniciativas para redução do volume de veículos nas ruas com incentivos a transportes compartilhados e agrupados. Essa transformação precisará passar por uma adaptação dos hábitos da população, mudando também a mentalidade em torno do tema.

## 4 ELETRIFICAÇÃO AUTOMOTIVA

### 4.1 MODELOS ELETRIFICADOS

Os modelos eletrificados estão em forte ascensão atualmente e esse movimento começou a ganhar força recentemente com a fundação da Tesla Motors há menos de 20 anos atrás, marca americana que vem revolucionando o segmento. Entretanto, os modelos elétricos não são novidade e dividiam espaço de igual para igual com os modelos a combustão interna (veículos movidos à gasolina/etanol/diesel) e modelos de combustão externa (veículos movidos a vapor) no início do século 20.

Apesar de apresentar desvantagens em relação ao modelo elétrico (como barulho, alto esforço físico para dirigir e emissão de poluentes), o modelo de combustão interna prevaleceu no mercado chegando ao ponto em que os elétricos desapareceram por volta de 1920. A razão disso foi, principalmente, o avanço da extração de petróleo em larga escala que tornou o combustível mais barato e o abastecimento mais acessível.

A partir da década de 70, com a crise do petróleo, as montadoras voltam a pensar em alternativas de propulsão e alguns modelos chegaram a ser lançados no início da década de 90. Entretanto, o alto custo impedia um aumento significativo na escala de vendas e o modelo não emplacou no mercado.

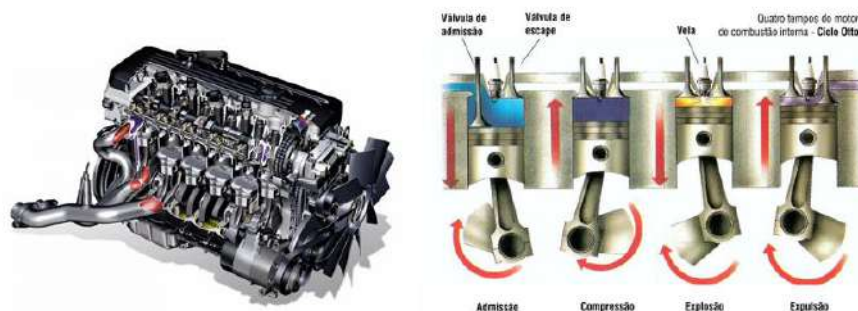
No final do século 20, já com incentivos do governo focados na pauta ambiental que começava a se tornar um tema relevante, a Toyota lança o Toyota Prius. Apesar de ter um relativo sucesso, foi apenas em 2006, com a chegada da Tesla Motors, que se percebe um movimento mais robusto das demais montadoras, intensificando-se os lançamentos de modelos eletrificados até chegarmos no cenário atual, em que que esses modelos representam 3% das vendas globalmente.

#### **Motores a Combustão Interna e Motores Elétricos**

Os motores a combustão interna automotivos funcionam transformando a energia química presente no combustível em energia mecânica para tracionar as rodas e permitir a movimentação do veículo. O motor performa um processo conhecido como Ciclo Otto, composto de 4 principais fases (ou 4 tempos) ilustradas na FIGURA 18 e descritas a seguir:

- Admissão: Através de um movimento de sucção, a válvula de admissão introduz uma mistura ar-combustível (apenas ar no caso do motor a Diesel) dentro da câmara de combustão;
- Compressão: As válvulas são então fechadas e o pistão sobe comprimindo a mistura de ar e combustível presente na câmara, resultando em alta temperatura e pressão no sistema;
- Explosão: No momento de máxima compressão, a vela de ignição produz uma centelha que inicia um processo de combustão e gera força suficiente para empurrar o pistão para baixo. No motor a Diesel, a vela é substituída por um injetor de diesel atomizado que ao encontrar o ambiente com condições superiores aos limites de autoignição do diesel gera uma explosão descontrolada;
- Expulsão: Por inércia, o pistão volta a subir ao mesmo tempo em que a válvula de escape se abre, expulsando o resíduo da combustão para fora da câmara.

FIGURA 18 - ESQUEMA DO MOTOR A COMBUSTÃO E CICLO OTTO



FONTE: Motor. in Britannica Escola (2022)

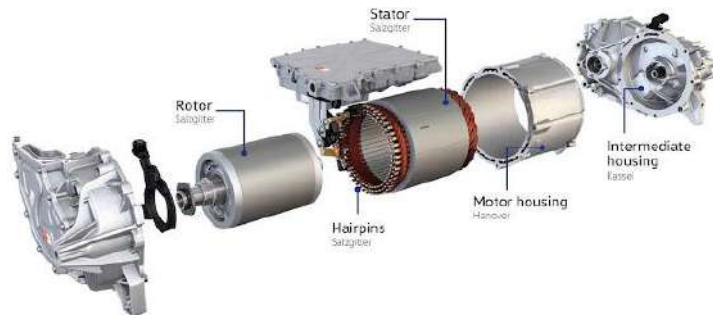
O movimento linear dos pistões que os quatro tempos do Ciclo Otto geram são convertidos em rotação numa manivela acoplada. Esse movimento de rotação aciona um sistema de transmissão que vai, por sua vez, acionar os eixos gerando tração nas rodas.

Os motores elétricos geram energia mecânica a partir de uma corrente elétrica. A tecnologia mais usada nos motores elétricos automotivos foi criada por Nikola Tesla há cerca de 100 anos atrás, o motor de indução. O funcionamento desse motor é relativamente simples e sua estrutura consiste em duas principais partes: um estator e um rotor.

- Rotor: Constituído por um conjunto de barras condutoras em curto-circuito pelos anéis terminais;

- Estator: Tem como função conduzir a corrente elétrica alternada de forma a gerar um campo magnético em torno do rotor.

FIGURA 19 - ESQUEMA DE MOTOR ELÉTRICO



FONTE: Neocharge (2021)

Uma corrente alternada trifásica é alimentada ao estator e este gera um campo magnético rotativo em torno do rotor. Esse campo magnético induz uma corrente elétrica nas barras do rotor as fazendo girar, numa velocidade de rotação inferior à do campo magnético rotativo.

A corrente elétrica é alimentada ao estator através de um indutor que transforma a corrente contínua advinda da bateria do automóvel em corrente alternada. O indutor também é responsável por controlar a frequência e a amplitude da corrente elétrica de forma a definir a velocidade de rotação do rotor e sua potência.

Dessa forma, é gerado um movimento rotativo vindo diretamente do motor que é controlado de maneira muito eficiente e precisa pelo indutor. Para transmitir o movimento aos eixos é necessária uma transmissão muito simplificada se comparado aos motores de combustão interna, pois sua estrutura garante uma extensa cobertura de rotações demandadas pelo veículo.

Na TABELA 2 encontram-se as principais diferenças entre os motores aqui apresentados e que possuem bastante peso na trajetória de eletrificação que vivemos atualmente, mostrando que os benefícios vão muito além do impacto ambiental das emissões geradas pelo motor a combustão.

TABELA 2 - COMPARATIVO ENTRE OS MOTORES A COMBUSTÃO INTERNA E ELÉTRICOS

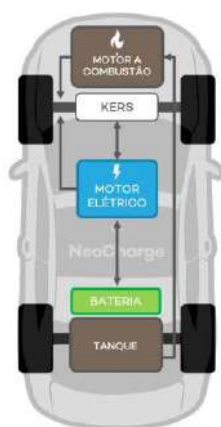
PARÂMETRO	MOTOR A COMBUSTÃO	MOTOR ELÉTRICO	VANTAGENS DO MOTOR ELÉTRICO
Potência	1 - 3 kW/kg	3 - 10 kW/kg	3x mais potente
Volume	400 kW/m <sup>3</sup>	13.600 kW/m <sup>3</sup>	motor 35x menor
Eficiência	5 - 30%	93 - 96%	3-20x mais eficiente
Manutenção	Muitas peças móveis	Uma peça móvel	Livre de manutenção
Transmissão	Câmbio e transmissão complexa	Controle direto	Mais simples, leve e barato
Refrigeração	Precisa de entrada de ar	Sem necessidade de refrigeração	Design mais aerodinâmico
Controle	Sem controle autônomo	Com controle autônomo	Maior facilidade no controle

FONTE: Neocharge (2021)

### Veículo Elétrico Híbrido (do inglês, HEV)

Os veículos elétricos híbridos possuem um motor à combustão alimentados por gasolina, etanol ou diesel, da mesma maneira que os veículos à combustão interna que dominam o mercado atualmente. A diferença é que os híbridos são equipados também com um motor elétrico e uma bateria que atuam juntamente com o motor à combustão para gerar a força demandada pelo veículo, reduzindo, portanto, o consumo de combustível e emissões de carbono geradas/demandadas nos deslocamentos.

FIGURA 20 - MODELO DE VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO



FONTE: NeoCharge (2021)

A configuração geral do modelo está apresentada na FIGURA 20. No esquema, o tanque de combustível alimenta o motor à combustão e a bateria alimenta o motor elétrico. Os veículos são equipados com um gerador que converte a energia cinética gerada no funcionamento do motor a combustão e a transforma em energia elétrica que é por sua vez armazenada na bateria.

Ambos os motores atuam na propulsão do veículo, gerando energia para os eixos. No tipo mais comum, o principal papel de propulsão fica com o motor a combustão e o motor elétrico atua de forma mais proeminente no momento da partida. Existem três tipos principais de veículos elétricos híbridos e cada um apresenta um nível e uma forma diferente de contribuição do motor elétrico. A seguir, as principais características de cada um dos tipos.

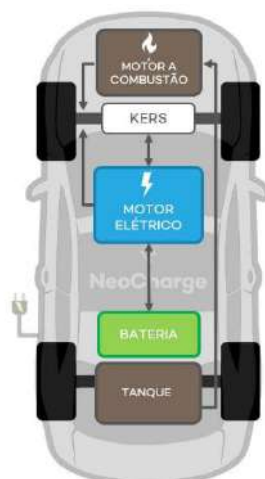
- Em série: a tração que movimenta o veículo é gerada exclusivamente pelo motor elétrico. O motor a combustão serve apenas para gerar e fornecer a energia de carregamento da bateria. Portanto, o motor elétrico é maior e mais robusto que os demais modelos, aumentando o custo do carro;
- Em paralelo: sistema mais comumente encontrado, ambos os motores atuam na tração, podendo ser ambos no eixo dianteiro ou um motor em cada eixo. Nesse sistema a maior parte da propulsão fica a cargo do motor a combustão;
- Misto: contempla ambas as tecnologias alternando entre os sistemas com base em um complexo conjunto eletrônico que constantemente avalia em que momento usar cada formato, sendo, portanto, a opção mais cara atualmente.

Independentemente do tipo, todos os HEVs vêm equipados com freios regenerativos que aproveitam a energia que seria dissipada em forma de calor no momento da frenagem para recarregar a bateria. Além disso, os modelos híbridos utilizam a bateria para manter ar-condicionado e demais recursos eletrônicos do carro funcionando quando este encontra-se parado (no semáforo, por exemplo) permitindo que o motor seja temporariamente desligado. Essas funcionalidades, contribuem para que o conjunto entregue uma eficiência energética ainda maior.

### **Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (do inglês, PHEV)**

O modelo elétrico híbrido plug-in tem a mesma configuração que o HEV com a única diferença estrutural sendo o plug-in, que permite conectar a bateria à uma fonte externa através de um cabo. Essa é, portanto, uma opção adicional para carregamento da bateria além da alimentação a partir do motor a combustão e freios regenerativos já disponíveis no HEV.

FIGURA 21 - MODELO DE VEÍCULO ELÉTRICO HÍBRIDO PLUG-IN



FONTE: NeoCharge (2021)

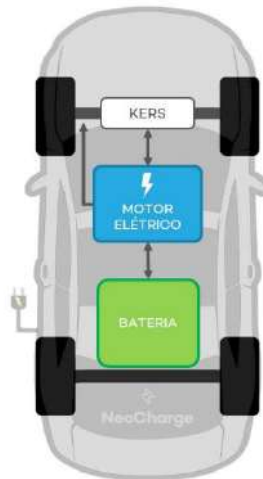
Apesar de possuírem estruturas muito similares (FIGURA 21) o carregamento através de fonte externa possibilita que o carro possua uma bateria com maior capacidade de armazenamento e um motor elétrico mais robusto. Com essas vantagens, torna-se possível utilizar o carro em modo apenas elétrico por longas distâncias, aumentando em quase duas vezes a economia de combustível e emissão de poluentes proporcionada pelo HEV. Quando esgotada a bateria ou em velocidades muito altas, o PHEV opera em modelo híbrido exatamente como um HEV.

### **Veículo Elétrico a Bateria (do inglês BEV)**

O veículo elétrico a bateria (BEV) é um modelo também chamado de “totalmente elétrico”, pois, diferentemente dos modelos híbridos, eles vêm equipados apenas com motores elétricos, sem a presença do motor à combustão. Eles são equipados com uma bateria de alta capacidade que alimenta o motor e necessita de fonte externa de energia para que o carregamento seja realizado, além de contar também com energia advinda dos freios regenerativos.



FIGURA 22 - MODELO DE VEÍCULO ELÉTRICO A BATERIA



FONTE: NeoCharge (2021)

Por não possuir um motor a combustão em sua estrutura (FIGURA 22), os BEVs não emitem nenhum tipo de emissão em seu funcionamento, e, portanto, contribuem de forma muito relevante no cenário da transição energética, tendo sempre em perspectiva a origem da energia elétrica como já discutido anteriormente nesse capítulo.

A autonomia de um modelo totalmente elétrico gira em torno de, em média, 160km, condizente com o consumo diário esperado de um usuário na cidade. Alguns modelos atingem níveis muito superiores, na faixa de 420km.

### **Veículo Elétrico a Célula de Combustível (do inglês FCEV)**

O veículo elétrico a célula de combustível é um veículo totalmente elétrico, pois funciona exclusivamente a partir a propulsão de um motor elétrico assim como o BEV. A diferença deste modelo para os demais é que, em vez de ser abastecido diretamente com energia elétrica, este veículo gera a eletricidade internamente, através de uma célula de combustível que alimenta o motor.

O tipo de FCEV mais desenvolvido até hoje é o modelo que utiliza hidrogênio como combustível para a célula. Dentro da célula ocorre uma reação entre o hidrogênio armazenado no tanque do veículo e oxigênio do ar, gerando água e energia. Desse modo, são modelo que também não geram emissões nem durante o funcionamento do motor, nem na geração da energia elétrica. O esquema da FIGURA 23 apresenta a estrutura de um veículo desse tipo e abaixo, a reação que acontece na célula.

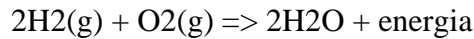
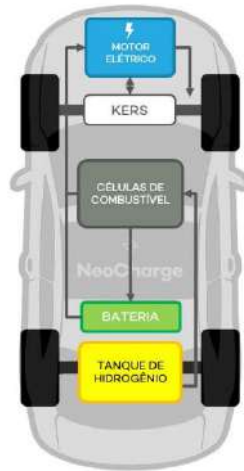


FIGURA 23 - MODELO DE VEÍCULO ELÉTRICO A CÉLULA DE COMBUSTÍVEL



FONTE: NeoCharge (2021)

A forma de abastecimento e autonomia desse modelo se assemelha em muito com os carros tradicionais com motores a combustão. O abastecimento completo demora menos de 10 minutos e a autonomia fica entre 300 e 600km, pontos vantajosos em relação aos modelos alimentados com energia elétrica diretamente.

Os desafios em relação a essa tecnologia, ainda no início de seu desenvolvimento, ficam em torno da criação de uma rede de abastecimento, que seria bastante similar ao fornecimento através de uma rede de postos de combustível, e o alto custo das células que ainda não são produzidas em larga escala.

Existem diversos esforços sendo realizados para desenvolvimento de células a base de outros combustíveis além do hidrogênio. No Brasil, por exemplo, algumas montadoras como Nissan e Volkswagen anunciaram em 2021 altos investimentos em pesquisa para desenvolver células de etanol. Para países como o Brasil, que possuem etanol sendo produzido em larga escala e que possui uma cadeia produtiva livre de emissões, essa opção surge como uma alternativa de fato, 100% limpa, e desponta como um grande candidato no país frente aos modelos elétricos. Esse tema será discutido em mais detalhes em capítulos a seguir.

## 4.2 EMISSÕES DO SETOR AUTOMOTIVO

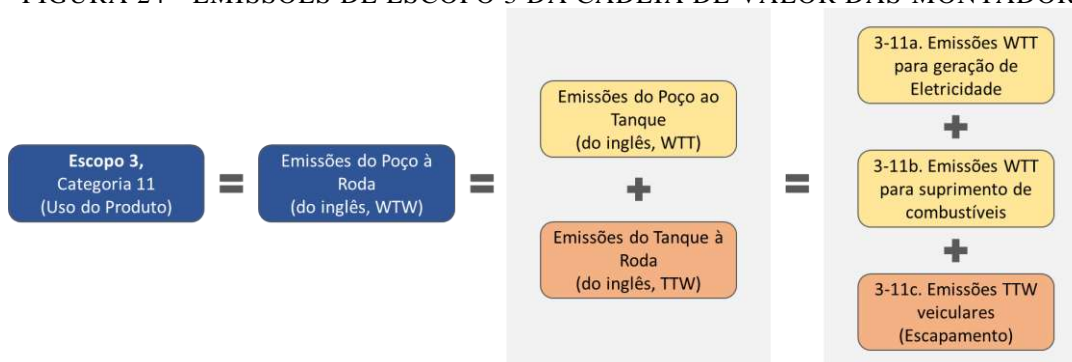
Para que seja possível compreender o impacto e contribuição da eletrificação na jornada de descarbonização global, é preciso antes, entender as emissões resultantes da cadeia de valor dessa indústria, que são divididas em emissões de escopo 1, 2 e 3.

As emissões de escopo 1 são aquelas associadas ao consumo de combustíveis na linha de produção e montagem de automóveis e as emissões de escopo 2 são referentes ao consumo operacional de eletricidade, aquecimento e refrigeração ao longo da linha de produção e montagem. O escopo 3, por sua vez, engloba emissões ligadas diretamente ao uso do produto final da montagem em todo seu ciclo de vida até o descarte.

IHS Markit (2021) aponta que as grandes corporações calculam em seus relatórios de sustentabilidade que o escopo 3 corresponde a aproximadamente 90% das emissões de toda a cadeia de valor da indústria. E 70% dessas emissões de escopo 3 estão compreendidas no que são conhecidas como emissões “do poço à roda” (do inglês WTW, well-to-wheel), a FIGURA 24 apresenta as subdivisões dessas emissões.

As emissões WTW compreendem o processo de geração de energia elétrica e de combustíveis que são alimentados aos automóveis, chamadas de emissões “do poço ao tanque” (do inglês, WTT), e as emissões geradas durante o funcionamento propriamente dito do veículo, chamadas de emissões “do tanque à roda” (do inglês, TTW).

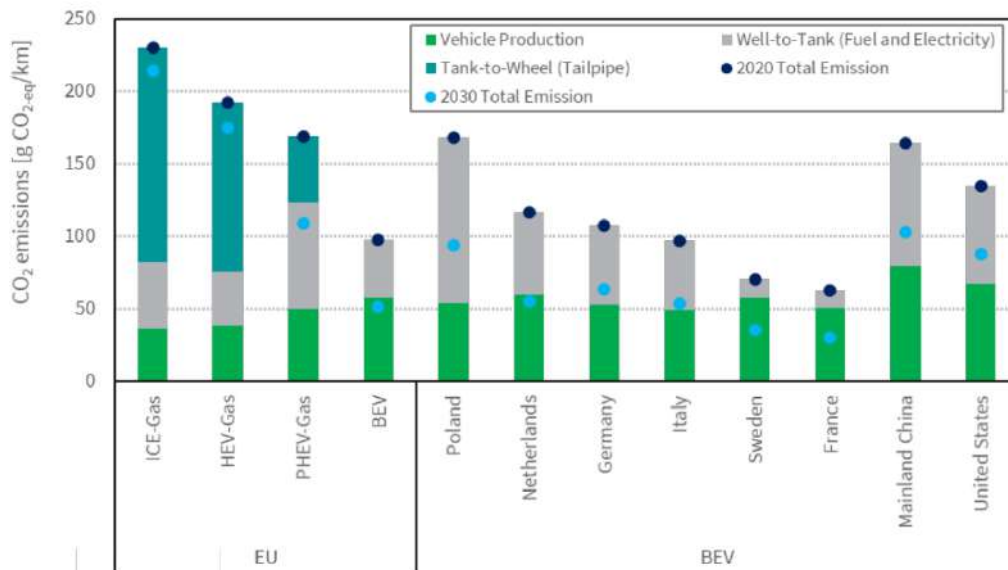
FIGURA 24 - EMISSÕES DE ESCOPO 3 DA CADEIA DE VALOR DAS MONTADORAS



FONTE: IHS Markit (2021). Elaboração própria.

Portanto, encontram-se diferentes volumes de emissão dependendo do trem de força utilizado no modelo do veículo, do combustível que alimenta o trem de força e da origem desse combustível. A FIGURA 25 apresenta a emissão de todo o ciclo de vida de diferentes tipos de veículos utilizando como base o cenário atual da matriz energética da união europeia. Adicionalmente, o gráfico traz o dado de emissões totais para BEVs em alguns países da Europa e como estes se comparam com os Estados Unidos e China.

FIGURA 25 - EMISSÕES DE CO2 DO CICLO DE VIDA DE VEÍCULOS POR TIPO DE PROPULSÃO NA UE E POR PAÍSES PARA O TIPO BEV



FONTE: IHS Markit (2021)

Nota-se uma redução expressiva, de quase 60%, nas emissões totais entre o modelo de combustão interna (ICE) e o modelo 100% elétrico (BEV). Por ser elétrico, as emissões da categoria TTW (responsável pela maior parte das emissões em ICEs), são reduzidas a zero no modelo BEV. Os modelos HEV e PHEV apresentam também significativa redução de emissões, o que justifica sua adoção como caminho alternativo na jornada até a eletrificação completa do parque de veículos.

Na segunda porção do gráfico é possível comparar as emissões de modelos 100% elétricos em diferentes países da Europa. Nota-se que as emissões advindas da produção dos veículos (escopos 1 e 2) são muito próximas entre os países e a maior diferença está nas emissões de escopo 3 (WTT). Para veículos BEV, as emissões WTT dependem da matriz de geração de energia elétrica de cada país que, pelo gráfico, podemos concluir que são muito diferentes. A Polônia, por exemplo, possui uma matriz elétrica aproximadamente 12 vezes mais poluente que a França e fica muito próxima da média total de emissões da China e Estados Unidos.

Dessa forma, podemos concluir que para que as iniciativas de eletrificação tenham o impacto esperado na jornada de descarbonização e concretizem todo o seu potencial, é indispensável que os países adotem fontes energéticas renováveis e mais limpas. Ainda na FIGURA 25 é possível observar a expectativa de emissões de cada país após a adoção medidas para redução de GEEs até 2030 em toda a cadeia de valor da indústria e aponta para um cenário mais promissor nas próximas décadas.

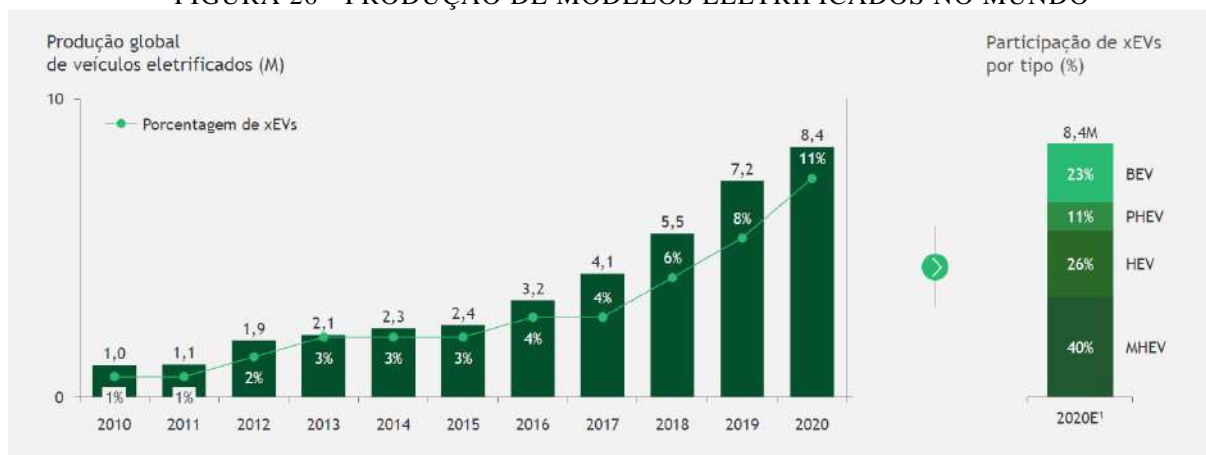
### 4.3 CENÁRIO ATUAL DA ELETRIFICAÇÃO NO MUNDO E PROJEÇÕES

Conforme informações apresentadas nos capítulos anteriores desse trabalho, as emissões automotivas são um grande foco para a transição energética em muitos países tendo em vista sua grande contribuição com emissões de carbono e, ao mesmo tempo, variadas possibilidades para mitigação desse impacto que já estão em estágio avançado de viabilização e implementação.

Avaliando-se o cenário atual da eletrificação no mundo, a velocidade das transformações vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. As consultorias especializadas no tema estão trazendo previsões cada vez maiores para os percentuais de eletrificação global em um prazo cada vez menor.

A FIGURA 26 apresenta um levantamento do Boston Consulting Group (BCG) da quantidade de veículos eletrificados produzidos a cada ano no mundo desde 2012 até 2020, juntamente com o dado de participação desses modelos em todo o mercado automotivo, bem como a participação de cada tipo de veículo eletrificado no ano de 2020.

FIGURA 26 - PRODUÇÃO DE MODELOS ELETRIFICADOS NO MUNDO



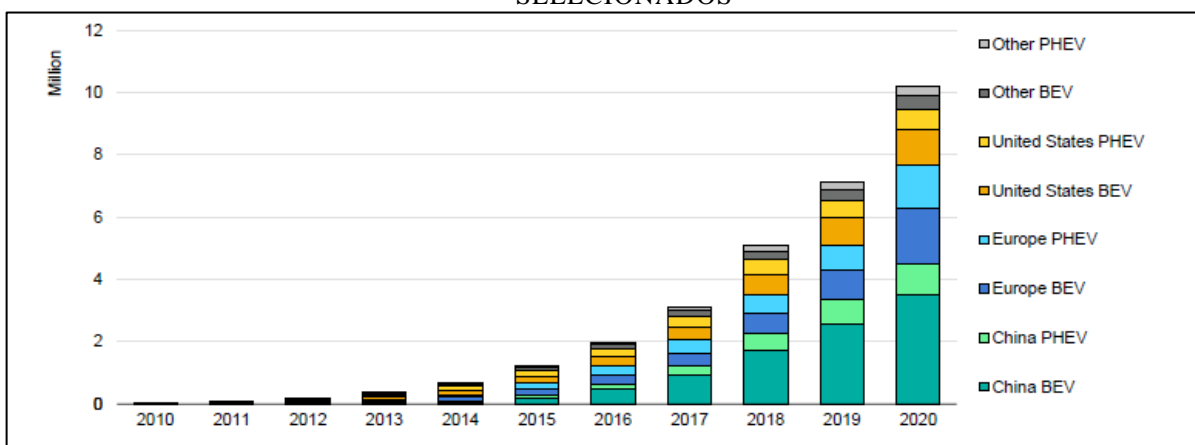
FONTE: ANFAVEA (2021); Análise BCG  
NOTA: xEV – Incluindo BEV, PHEV, HEV e MHEV

A partir dos dados apresentados é possível verificar o constante aumento da velocidade da eletrificação no mundo, principalmente a partir de 2017 quando a participação começa a crescer anualmente com incrementos em torno de 2% ao ano. Até 2020 já eram produzidas mais de 8 milhões de unidades de veículos eletrificados, sendo 77% de alguma modalidade híbrida e 23% de modelos totalmente elétricos.

O IEA (do inglês, Agência Internacional de Energia) aponta que a população de carros elétricos (BEV e PHEV) no mundo atingiu a marca de 10 milhões de unidades em 2020, com

um crescimento de 43% sobre 2019, representando 1% da população global de automóveis. A evolução do parque circulante global está apresentada na FIGURA 27 e está segmentada entre as regiões com eletrificação mais avançada. Globalmente, o maior parque de eletrificados é o da China, com 4,5 milhões de unidades. O maior crescimento de 2020 com relação a 2019 aconteceu na Europa que passou a somar 3,2 milhões de unidades.

FIGURA 27 - EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO DE MODELOS ELETRIFICADOS EM PAÍSES SELECIONADOS



FONTE: International Energy Agency (2021)

Vários fatores contribuíram de forma relevante para o aumento da velocidade de participação dos veículos elétricos nos últimos anos. Para o IEA, grande parte da contribuição veio do aumento de competitividade de tais modelos em muitos países, tendo apresentado um menor custo total (TCO, do inglês *total cost of ownership*). Além disso, as políticas públicas focadas em incentivar a produção de elétricos tiveram forte influência com a criação e manutenção de incentivos fiscais.

Para o IHS Markit, que revisou suas projeções de eletrificação automotiva para cima no seu último relatório, a 21ª Conferência das Partes do Acordo de Paris (COP-21) criou um cenário ainda mais restritivo, aumentando o compromisso das principais nações com a descarbonização e exigindo que estas aumentem a agressividade de suas políticas públicas.

Como consequência, em vez de serem resistentes à essa tendência, as montadoras têm proativamente abraçado a transição e muitas delas planejam tornar-se 100% elétricas já nas próximas décadas. E o cenário entre elas já é de competição, criando-se uma corrida para determinar quem vai liderar esse crescente mercado. Na TABELA 3 estão dispostos os compromissos publicamente assumidos pelas OEMs e seus respectivos prazos.

Nesse contexto, o número de modelos eletrificados existentes e suas projeções tendem a crescer fortemente. Segundo Miragaya (2021), em 2020 eram 335 modelos totalmente elétricos disponíveis no mercado e a projeção para 2030 é que esse número mais que dobre, atingindo a marca de 800 modelos.

TABELA 3 - AMBIÇÕES ANUNCIADAS PELAS OEMS  
Participação de BEVs nas vendas por marca

MARCA	ANO	PARTICIPAÇÃO DE BEVs
Alpine	2025	100%
Aston Martin	2030	50%
Audi	2040	90%
Bentley	2030	100%
BMW	2030	50%
Ford Europe Passenger Cars	2030	100%
GM	2035	100%
Hyundai Motor Corp	2040	78%
Kia Europe	2030	47%
Kia Worldwide	2030	34%
Jaguar	2027	100%
LandRover	2036	100%
Lotus	2030	100%
Mercedes-Benz	2039	100%
Mini	2032	100%
Porsche	2030	80%
Renault	2025	30%
Rolls-Royce	2040	100%
Smart	2019	100%
Volvo	2030	100%
VW Group worldwide	2030	50%
VW Group Europe	2030	60%
VW Brand Europe	2030	70%

FONTE: IHS Markit (2021)

Um fator inesperado que em última análise contribuiu para o avanço das perspectivas de eletrificação foi a pandemia de COVID-19. Pelo gráfico da FIGURA 27 nota-se que apesar do forte impacto da pandemia na produção e licenciamento de automóveis (queda de 16% em relação a 2019) a venda de elétricos bateu recorde com um crescimento de 70%.

A pandemia de COVID-19 estimulou um maior foco em políticas de baixo carbono em governos fiscalmente restritos. Um exemplo é o *European Green Deal* que foi implementado na europa para garantir o atingimento das metas de descarbonização frente ao cenário desafiador da pandemia e que favorece a concessão de crédito a empresas atuantes em ESG (*environmental, social and governance compliance*).

De maneira geral, as políticas de recuperação dos setores da economia no pós-pandemia, têm priorizado subsídios para veículos de baixa emissão. Adicionalmente, os países aproveitaram a redução de tráfego causado pela pandemia para aumentar a infraestrutura dedicada a meios de transporte não motorizados, como faixas de bicicletas.

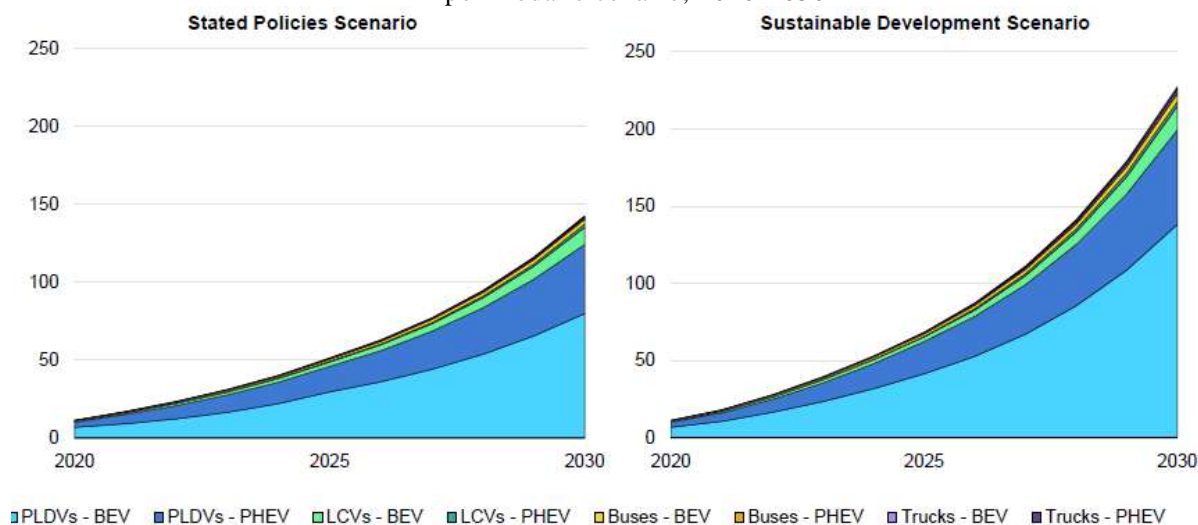
A Agência Internacional de Energia (IEA) divide a projeção da eletrificação em dois cenários. Ambos estão descritos a seguir e ilustrados na FIGURA 28.

- Cenário das Políticas Declaradas (do inglês, *Stated Policies Scenario* ou STEPS) que busca refletir as consequências das políticas já existentes, ambições e metas anunciadas por todos os governos ao redor do mundo;
- Cenário do Desenvolvimento Sustentável (do inglês, *Sustainable Development Scenario* ou SDS) que assume como premissa o acesso universal à energia, redução contundente de emissão de gases poluentes e o atingimento de todas as metas do Acordo de Paris, mesmo que as políticas atuais não sejam suficientes para tal.

No Cenário de Políticas Declaradas, o estoque global de EV (do inglês, Veículo Elétrico) expande para quase 145 milhões de veículos até 2030 (7% da frota total) saindo de um patamar de 11 milhões em 2020. Esse crescimento acontece a uma taxa média anual de aproximadamente 30%. Em termos de vendas, projetam-se 25 milhões de unidades em 2030 para os EVs, 15% de todas as vendas de veículos rodoviários. No Cenário de Desenvolvimento Sustentável, o estoque global de EV atinge, em 2030, 230 milhões de unidades, totalizando uma participação de 12% na frota.



FIGURA 28 - PROJEÇÃO DO PARQUE DE VEs  
por modal e cenário, 2020-2030



FONTE: International Energy Agency (2021)

Notas: PLDVs = veículos leves de passageiros; BEV = veículo elétrico a bateria; LCVs = veículos comerciais leves; PHEV = veículo elétrico híbrido plug-in. A figura não inclui dois/três rodas elétricos.

#### 4.4 CENÁRIO ATUAL DA ELETRIFICAÇÃO NO BRASIL E PROJEÇÕES

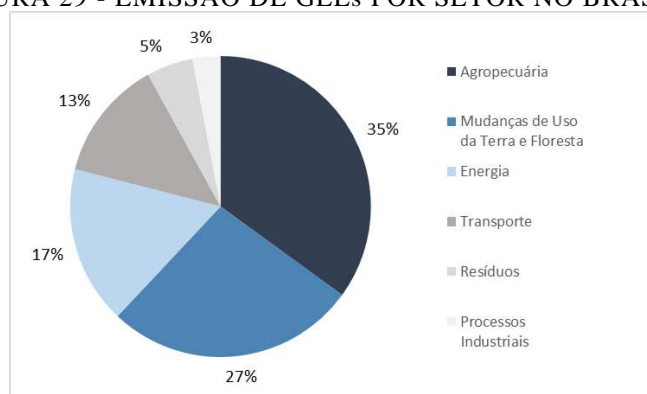
Segundo IBGE (2022), o Brasil possui por volta de 214 milhões de habitantes e cerca de 85% dessa população vive em centros urbanos. São mais de 36 cidades com população superior a 500 mil habitantes e 40 regiões metropolitanas que concentram cerca de 45% da população do país.

Adicionalmente, segundo a ANFAVEA, o país figura entre os dez maiores mercados automotivos do mundo, em 2019 era o 8º em volume de vendas de veículos leves e o 4º em veículos pesados muito por conta das suas dimensões continentais e sua forte dependência do modal rodoviário.

Sendo assim, o país está inserido no contexto apresentado neste trabalho em que o transporte urbano e energia figuram como setores-chave no processo de adaptação que a sociedade precisará passar para acompanhar o crescimento econômico e demográfico de uma forma que garanta condições de vida sustentáveis a seus habitantes.

O Brasil se comprometeu a reduzir 43% das emissões de gases de efeito estufa até 2030 no último acordo climático das Nações Unidas. Sendo o setor de transportes o 4º maior responsável pelas emissões no país (13% das emissões, como mostra a FIGURA 29) e a eletrificação dos transportes é visto como um importante caminho para o atingimento de tal meta.

FIGURA 29 - EMISSÃO DE GEEs POR SETOR NO BRASIL, 2018



FONTE: BCG (2018)

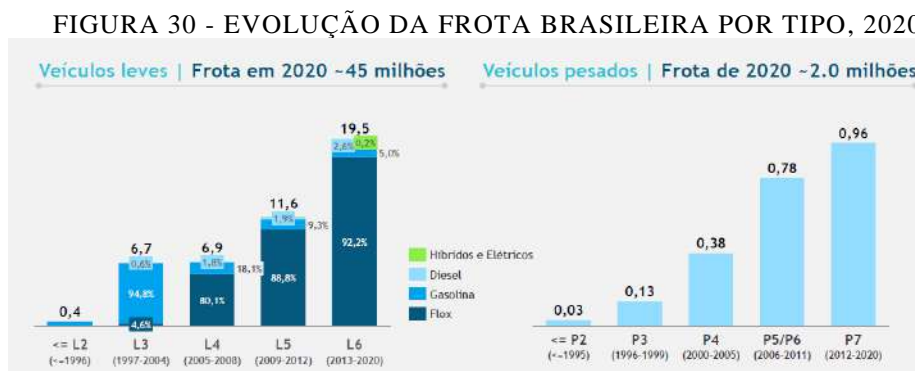
O controle e a redução de emissões de GEEs no Brasil já é uma preocupação e está em pauta há várias décadas. Em 1986 foi instituído no país o PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores que vigora até os dias atuais e se encontra em sua última fase de oito existentes. O objetivo do programa é a redução faseada de poluentes como monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio na atmosfera através do estabelecimento de limites de emissão e determinação do uso de tecnologias que garantam uma queima mais eficiente.

Antes mesmo do PROCONVE, foi criado em 1975 o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL) que objetivava viabilizar o uso do etanol como alternativa aos combustíveis advindos do petróleo. Apesar de que a motivação inicial tenha sido econômica, para driblar a crise do petróleo, o programa contribuiu fortemente para a redução da poluição do ar uma vez que as emissões da queima do etanol são reduzidas comparado ao Diesel e a Gasolina.

Vale citar também os Programas InovarAuto e o Rota 2030, programas que propuseram metas de eficiência energética nos veículos e conseqüentemente uma menor emissão através do menor consumo de combustíveis. Além disso, a RenovaBio, Política Nacional de Biocombustíveis, define eixos estratégicos que apontam os caminhos necessários para o cumprimento das metas do Acordo de Paris de 2015.

Nesse contexto, a eletrificação surge como um possível caminho que pode trazer relevantes contribuições na jornada de descarbonização. Segundo dados divulgados pela ABVE (2022) (Associação Brasileira do Veículo Elétrico), o país atingiu a marca de 1,4% do parque circulante de veículos eletrificados no primeiro semestre de 2021, sendo a maioria de híbridos. A título de exemplo e comparação, esse percentual na Alemanha já era de 28% no mesmo

período. A FIGURA 30 apresenta a distribuição da frota brasileira segundo a tecnologia embarcada nos veículos e apresenta um percentual de apenas 0,2% de veículos elétricos e híbridos leves ao final de 2020.



FONTE: ANFAVEA (2021)

Comparado aos países que já possuem claras políticas de estímulo como China, Estados Unidos e União Europeia, o Brasil se encontra muito defasado nessa trajetória. Apesar dos programas destacados anteriormente, não existe até então uma estratégia definida com foco na eletromobilidade e esse é considerado pela ABVE como um dos mais importantes fatores para a falta de tração que vem sendo observada no avanço de eletrificados no Brasil.

Apesar de tímido, o crescimento dos veículos eletrificados vem se intensificando no país. ABVE (2022) afirma que o Brasil já conta com 70 modelos disponíveis no mercado até o 1º quadrimestre de 2022. A venda de eletrificados cresceu 78% se comparado com o mesmo período do ano de 2021, ao passo que houve queda de 23% nas vendas totais de veículos leves.

Para compreender as diferenças entre a trajetória que está sendo firmada para a descarbonização no Brasil comparado aos demais países do mundo, faz-se necessário compreender as particularidades do cenário brasileiro.

Primeiramente, a matriz energética brasileira possui uma composição muito diferente da matriz mundial que é 86% composta por fontes não renováveis como carvão mineral, derivados do petróleo e gás natural. A matriz brasileira, por sua vez, tem 46% de fontes renováveis e alto potencial de crescimento em energia eólica e solar. Esse ponto isolado já coloca o Brasil numa posição mais favorável em termos de emissões de GEEs e quando trazido para o contexto da eletrificação automotiva, apresenta-se mais uma vez como vantagem em relação ao cenário mundial.

A TABELA 4 apresenta as diferentes fontes de energia para cada modelo de propulsão dos veículos comercializados no Brasil atualmente. Essas são, portanto, as alternativas mais

plausíveis para adoção nos próximos anos, e competirão por espaço na jornada de descarbonização que se desenha a frente.

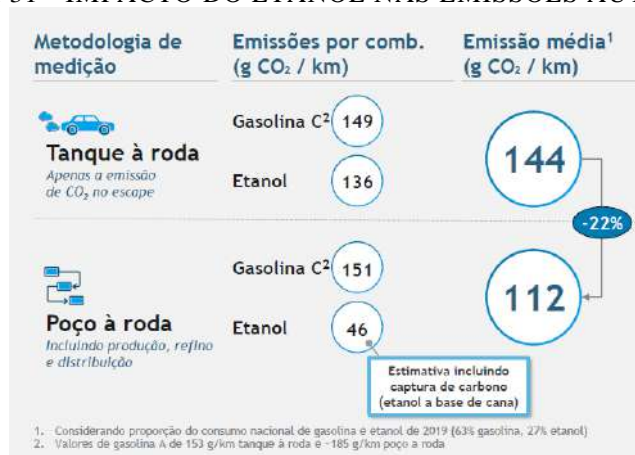
TABELA 4 – FONTES DE ENERGIA POR TIPO DE PROPULSÃO NO BRASIL

Combustíveis Fósseis	Gasolina Diesel Gás Natural Comprimido Gás Natural Liquefeito
Biocombustíveis	Bioetanol Biodiesel Diesel Verde Biogás/Biometano
Eletrificados	xEVs
Células a Combustível	Célula de Combustível (Hidrogênio) Célula de Combustível a Etanol

Adaptado de BCG (2021)

A presença dos biocombustíveis como uma opção para os motores de combustão interna é também um fator de grande importância na análise do cenário específico brasileiro. Além de gerar menos emissão durante a queima, o processo de produção do etanol envolve o plantio da cana de açúcar. Essa etapa promove uma captura de CO<sub>2</sub> que não acontece no processo produtivo da gasolina e, portanto, gera uma redução importante nos níveis de emissões quando comparado ao mesmo sistema de propulsão em outros países do mundo (FIGURA 31).

FIGURA 31 - IMPACTO DO ETANOL NAS EMISSÕES AUTOMOTIVAS



FONTE: ANFAVEA (2021)

Por conta dessas diferenças, comparado aos demais países do mundo, o Brasil possui uma gama mais abrangente de possíveis caminhos para a redução das emissões automotivas. Enquanto a principal linha perseguida pela maioria dos países (incluindo Estados Unidos, China e União Europeia) é a total eletrificação tendo os híbridos como intermediários, o Brasil possui

opções que geram o mesmo ou maior impacto através de alternativas envolvendo os biocombustíveis e sua matriz energética mais renovável.

Em 2021 o BCG (Boston Consulting Group), em parceria com a ANFAVEA, lançou um estudo com os possíveis cenários para as projeções de eletrificação no Brasil. Segmentado em linha leve e linha pesada, o estudo aponta três diferentes cenários incluindo o cenário onde, diferentemente dos demais países do mundo, o Brasil explora suas alternativas através dos biocombustíveis.

O primeiro cenário do estudo reflete a realidade atual onde os avanços são inerciais e seguem demandas específicas de eletrificação onde não são lançadas políticas e estratégias centralizadas claras e contundentes para que a tendência mundial seja seguida. Nesse cenário, o percentual de venda de veículos eletrificados (xEVs) até 2035 é de 32% para veículos leves e 14% para pesados. Percentuais por volta de metade da projeção de países europeus em prazos similares.

O segundo cenário, chamado de cenário de Convergência Global, projeta uma realidade onde o Brasil persegue as tendências mundiais de eletrificação e atinge, em 2035, os mesmos percentuais almejados pelos países europeus para 2030. Nesse cenário, 62% dos veículos leves vendidos e 33% dos veículos pesados no Brasil serão eletrificados.

Esse cenário tem naturalmente como premissa mudanças estruturais de grande porte que precisarão acontecer em médio/longo prazo no país para comportar tais percentuais. Para citar alguns exemplos, o estudo do BCG aponta que será necessária a instalação de aproximadamente 150mil postos de carregamento, que exigirão o investimento de R\$14 bilhões.

Além do percentual de venda por ano de cada um dos modelos, para fins de mensurar o impacto nas emissões, é importante avaliar a composição da frota total circulante projetada em cada cenário. No cenário inercial o percentual de veículos leves eletrificados em toda a frota sobe dos 0,2% em 2020 para 10% em 2035. Já no cenário de Convergência Global a projeção é de 18%. Em ambos os cenários os veículos flex são maioria ampla, com 76% no cenário de convergência global, o mais agressivo.

No terceiro cenário, chamado de Protagonismo dos Biocombustíveis, assume-se uma premissa de que os biocombustíveis, principalmente o etanol, ganham um espaço importante no abastecimento de veículos a combustão. Partindo da penetração atual de 30% do etanol no total de combustíveis em 2022, o terceiro cenário considera que essa penetração sobe para 61% até 2035, 15 pontos percentuais acima dos 46% considerados na projeção do cenário inercial. Além disso, a penetração de xEVs em vendas é mantido igual ao do cenário inercial. Assim

como o cenário de convergência global, o cenário com protagonismo dos biocombustíveis também requer esforços e investimentos na produção de aproximadamente 18 bilhões de litros extras de etanol, incluindo o aumento da área de plantio.

Na FIGURA 32 é apresentado o comparativo entre três cenários na perspectiva de emissões de GEEs até 2035. Para construção dessa análise levou-se em consideração um aumento de 37% no parque circulante brasileiro no período. O cenário com protagonismo de biocombustíveis foi o único a apresentar uma redução no total de emissões entre 2020 e 2035, em sua maior parte devido ao efeito de captura de CO<sub>2</sub> na etapa do poço ao tanque.

FIGURA 32 - PROJEÇÃO DE EMISSÕES AUTOMOTIVAS NO BRASIL POR CENÁRIO



FONTE: Anfavea; BCG (2021)

A forte diferença no cenário do protagonismo de biocombustíveis quando comparado aos demais cenários, onde apenas o efeito da eletrificação é considerado, é explicada por conta da velocidade com a qual as medidas serão capazes de refletir seu impacto na redução emissões. Enquanto a venda de eletrificados dependerá de uma renovação da frota circulante existente (um processo que depende de uma forte venda de veículos e da saída de veículos antigos de circulação), o protagonismo de biocombustíveis atua diretamente na frota existente, na qual se predomina veículos flex.

Além disso, dois outros fatores que impulsionam essa velocidade de impacto nas emissões, é que a produção de veículos flex e a produção de etanol possuem regulação mais favorável onde importantes vantagens fiscais são concedidas em comparação à produção dos veículos elétricos. Outra importante vantagem é a já disponível infraestrutura de produção e distribuição de combustível, que se configura como um grande desafio para a adoção do veículo elétrico.

Apesar dos números apresentados, a discussão de qual caminho o Brasil adotará para a sua trajetória de descarbonização não se limita à qual tecnologia reduzirá mais as emissões

em menos tempo. Essa definição passa por diversos outros fatores, como o desejo do consumidor final, as tendências de mobilidade globais, posicionamento das montadoras atuantes no país (que são em sua maioria estrangeiras), performance e competitividade do etanol para ser escolhido em comparação à gasolina, capacidade de importação e exportação num ambiente de comércio cada vez mais globalizado, entre outros.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no presente trabalho seguindo a metodologia apresentada no capítulo um. A primeira seção traz uma recapitulação das etapas desenvolvidas no trabalho e suas principais conclusões. Na seção seguinte, o trabalho explora de que forma o veículo elétrico difere do motor a combustão, possibilitando, portanto, a identificação das mudanças de lubrificantes demandadas pelos veículos. Por fim, a terceira seção projeta e discute de que forma todos os fatores levantados até então irão interferir na expectativa de volume e margem para os próximos anos. Além disso, traz também as oportunidades e desafios que os participantes desse mercado encontrarão no futuro.

### 5.1 PANORAMA GERAL

O objetivo do presente trabalho é avaliar as consequências que transição energética trará para o mercado de lubrificantes buscando identificar os principais desafios e oportunidades existentes nesse cenário. Para entender esse impacto foi necessário primeiramente realizar uma pesquisa aprofundada sobre o contexto mercadológico e perspectivas futuras para a indústria de lubrificantes no Brasil e no mundo, permitindo-se, portanto, compreender como a dinâmica entre esse mercado de as diversas correntes de influência poderão interferir em suas projeções de margem e volume. Em seguida, fez-se necessário explorar o panorama atual e as projeções de avanço da transição energética e da eletrificação automotiva, objetivando estabelecer de que forma, prazo e intensidade esses fenômenos serão capazes de influenciar o mercado automotivo e, conseqüentemente, o mercado de lubrificantes. Uma vez compreendido esse contexto, será necessário então investigar as projeções desses impactos na demanda global e local do volume e margem dos lubrificantes, de forma a identificar e discutir os desafios e oportunidades do setor.

No capítulo dois foi possível compreender as principais aplicações dos óleos lubrificantes, constatando-se que existe forte influência da aplicação automotiva (50% da demanda total), especialmente para o motor a combustão, responsável por algo em torno de 75% da demanda automotiva total. Além disso foi possível identificar os principais países atuantes no mercado, com Estados Unidos e China liderando o ranking de demanda, seguido por Índia, Rússia, Japão e Brasil, onde juntos correspondem a quase 60% da demanda global.

Ainda no segundo capítulo verificou-se que as viscosidades demandadas globalmente possuem a tendência de serem cada vez menores com o passar do tempo e com a evolução das



tecnologias dos motores. No Brasil, as mesmas tendências gerais podem ser identificadas, apresentando um perfil mais parecido com aquele dos países em desenvolvimento, como China e Índia, puxado principalmente pelo perfil econômico e pelas características e status de avanço do parque circulantes em tais países.

No capítulo três foi possível compreender que a jornada de descarbonização é necessária para evitar consequências severas na capacidade do planeta em manter e renovar os recursos naturais essenciais para a vida na Terra e que diversos setores contribuem em diferentes proporções nesse processo. Neste cenário, o setor de mobilidade/transportes surge como o terceiro maior contribuinte com emissões de CO<sub>2</sub> no planeta, sendo, portanto, um dos setores primordiais nessa jornada.

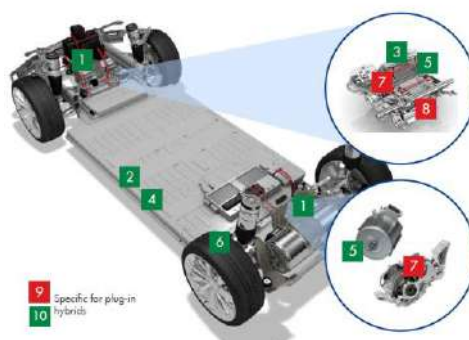
No capítulo quatro, realizou-se uma exploração acerca da eletrificação automotiva onde foi possível entender a estrutura dos modelos eletrificados e verificou-se que esses novos modelos têm a capacidade de reduzir as emissões de GEEs a partir do funcionamento do veículo. Além disso, concluiu-se que a redução de emissões provenientes da sua utilização em contraste com a utilização de veículos movidos a motor a combustão depende também das fontes de energia elétrica empregadas e do seu respectivo processo de obtenção para abastecimento da rede. Fatores esses que ditam a velocidade de da eletrificação globalmente e consequentemente a velocidade de impacto na demanda de lubrificantes automotivos.

## 5.2 APLICAÇÃO DOS LUBRIFICANTES NOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Conforme discutido no capítulo 4 deste trabalho, a eletrificação automotiva trouxe diversas inovações e uma nova construção para o sistema de propulsão dos veículos. No lugar do convencional e amplamente utilizado motor a combustão, alimentado em sua grande maioria por combustíveis de origem fóssil, entra o motor elétrico, alimentado por uma bateria.

Diferentes esquemas de aplicação surgem junto com a nova configuração dos veículos, dessa maneira os tipos de lubrificantes já conhecidos desempenharão novas funções. O esquema apresentado na FIGURA 33 ilustra o novo panorama de aplicações.

FIGURA 33 - APLICAÇÕES DE LUBRIFICANTES E GRAXAS EM VEÍCULOS ELÉTRICOS



Tipo	Item	Aplicação
Lubrificantes Dielétricos e de transferência de calor	1	- Resfriamento do motor elétrico
	2	- Gerenciamento térmico da Bateria
	3	- Potencial resfriamento direto das bobinas do motor elétrico
Óleo de Processo	4	- Produção de membranas das baterias
Graxas	5	- Lubrificação dos rolamentos do motor
	6	- Lubrificação da direção e rodas
Transmissões	7	- Lubrificação das engrenagens redutoras
	8	- Lubrificação dos diferenciais
Soluções específicas	9	- Transmissão Plug-in Hybrid
	10	- Óleo de Motor Plug-in Hybrid

Adaptado de Shell Lubricants (2021)

Da tabela apresentada na FIGURA 33, é possível concluir uma das diferenças primordiais e que trará grande impacto para o mercado de lubrificantes: o óleo motor, responsável por 75% do volume de aplicações nos motores a combustão deixa de ser demandado para a operação do motor propriamente dita. A demanda continua existindo para os componentes móveis, com destaque para as transmissões, e aumenta fortemente para uma nova função protagonista, o controle térmico do motor elétrico e bateria.

Apesar de que as funções primordiais permaneçam as mesmas (prevenção ao desgaste, eficiência, limpeza, vedação, entre outras), essas novas aplicações trazem novos desafios para a engenharia de lubrificação ao passo que os fluidos tradicionais não cobrem todos os requisitos demandados. A tendência é que esse gap continue crescendo, na mesma velocidade em que novas tecnologias e níveis de performance são exigidos para os EVs.

Um desafio particular na criação de uma nova geração de fluidos que atendam os novos requisitos é a menor uniformidade entre os diferentes tipos de modelos elétricos. Cada montadora vem explorando os desafios e oportunidades com diferentes abordagens e desenvolvendo

estruturas (materiais isolantes, tecnologia de enrolamento das bobinas, configuração dos rotores etc.) que são, muitas vezes, únicos.

Apesar da grande diversidade de soluções encontradas atualmente no mercado de carros elétricos, é possível determinar, de maneira geral, uma série de novas capacidades e aperfeiçoamentos demandados dessa nova geração de óleos lubrificantes.

A primeira demanda diferenciada dos EVs é a interatividade elétrica. Diferente dos motores a combustão, onde o lubrificante fica confinado em cabines específicas, as estruturas e componentes do motor elétrico muitas vezes ficam em contato direto com o fluido lubrificante ou até mesmo imersos neles. Devido à essa alta interação e levando em consideração que os motores vêm operando em voltagens cada vez mais altas, torna-se relevante que esse fluido tenha capacidade de conduzir eletricidade da maneira apropriada para a operação durante o funcionamento do motor.

Novos materiais foram introduzidos nos motores elétricos e a compatibilidade dos fluidos com esses novos materiais é uma relevante característica a ser levada em consideração. Os motores elétricos possuem até 6 km de fiação de cobre em suas baterias, bobinas e rotores. Um caso de corrosão por baixa compatibilidade nessas estruturas poderia causar curto-circuito e conseqüentemente mau funcionamento possivelmente levando a danos severos ao veículo.

Além do cobre, diversos polímeros vêm sendo utilizados como isolantes, revestimento de fiações e partes estruturais de sustentação. Por esse motivo, de maneira a prevenir falhas mecânicas, torna-se importante também que os fluidos interajam de maneira apropriada com diversos polímeros como poliamidas, poli-imidas, amidas de poliéster, sulfetos de polifenileno, entre outros.

Outra característica importante para os fluidos é a capacidade de se manter estável durante picos de temperatura. Apesar de o nível de temperatura de operação ser parecido comparado aos motores tradicionais, quando exigido um maior esforço do motor elétrico a temperatura pode chegar a até 180°C, sendo essencial que o lubrificante apresente uma alta resistência oxidativa, adequada viscosidade dinâmica, densidade e calor específico.

O controle de temperatura é importante também para as baterias. Os fluidos focados em veículos elétricos precisam possuir alta capacidade de resfriamento levando em consideração as crescentes exigências de rápido carregamento da bateria, fator crucial para o sucesso de vendas dos modelos. Quanto mais rápido o carregamento, maior geração de calor e maior deve ser a performance dos fluidos para efetuar esse controle.

Assim como nos motores tradicionais a combustão, uma grande exigência diz respeito a fluidos menos viscosos que trazem maior eficiência para os motores devido à facilidade de

deslocamento em motores com estruturas cada vez menores. Tratando-se de motores elétricos, ainda maior é a cobrança por veículos leves e de alta performance. Essa exigência impõe um grande desafio aos fornecedores, que buscam prover finas camadas ao passo que fornecem alta proteção aos componentes.

Entre outras propriedades importantes estão também a capacidade de evitar formação de espuma, mais recorrente com as transmissões de alta rotação; maior performance na redução de ruídos garantindo a satisfação do consumidor, agora mais exposto aos ruídos visto que o motor é silencioso e não “cobre” ruídos antes imperceptíveis. Finalmente, um melhor gerenciamento de atrito, garantindo o correto nível de atrito quando necessário, a exemplo do câmbio imerso no fluido lubrificante.

Muito mais que um desafio, essas novas exigências atuam como oportunidades para os fabricantes de óleos lubrificantes acabados. Com projetos cada vez mais específicos, as montadoras estreitarão os laços com seus fornecedores criando parcerias que tenderão a ser mais duradouras. Além disso, os fabricantes com maior capacidade técnica conseguirão diferenciar cada vez mais os seus produtos gerando um diferencial competitivo valioso para ganhar o mercado do futuro.

### 5.3 PROJEÇÕES, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA O MERCADO DE LUBRIFICANTES

A eletrificação, como já discutido amplamente neste trabalho, trará grandes mudanças para o mercado do jeito que conhecemos hoje. Esse impacto vai variar dependendo da forma como cada setor interage com a produção e manutenção de veículos. No caso dos fabricantes de bateria e montadoras que já possuem amplo portfólio elétrico, por exemplo, a eletrificação vem como um grande impulsionador, pois, mesmo com todos os desafios, o cenário se mostra bastante favorável à essa tendência.

Por outro lado, alguns setores verão a sua demanda decrescer e migrar à medida que os veículos elétricos ganhem espaço no mercado. Esse é o caso das montadoras com amplo portfólio de ICEs, fabricantes de peças convencionais e, também, o mercado de lubrificantes para o segmento automotivo.

A demanda de lubrificantes é formada por diversos tipos de aplicação e cada uma delas vai demandar um diferente volume dependendo da sua frequência e quantidade por troca. O óleo motor é o maior volume demandado atualmente, pois precisa ser trocado a cada 3.000 a 10.000 km dependendo do tempo de uso e dos requisitos do motor. Em proporções menores,

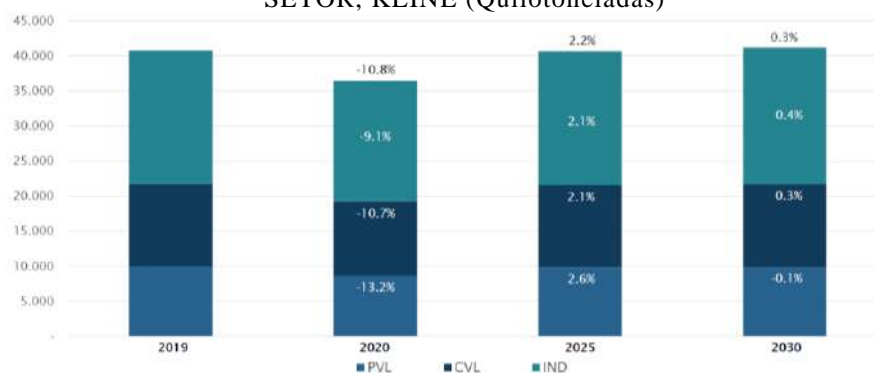
são demandadas graxas para rolamento a cada 130.000km, fluidos de transmissão a cada 150.000 km (caso necessário) e óleos de engrenagens a cada 50.000 a 60.000km.

Além disso, qualquer mudança na demanda do setor automotivo será de grande impacto para todo o mercado de lubrificantes globalmente, dado que mais da metade de toda a demanda mundial do mercado vem desse setor. Os óleos motores para aplicação em veículos leves (PCMO), representam 21% de toda a venda de óleos lubrificantes no mundo e, conforme discutido anteriormente, não são demandados na mesma proporção em modelos totalmente elétricos.

Sendo assim, caso as previsões para o nível de eletrificação se cumpram, é esperada uma diminuição relevante no consumo de lubrificantes a nível mundial. Esse impacto, porém, acontece em médio/longo prazo e em um ritmo consideravelmente mais baixo do que o ritmo de aumento de participação dos modelos elétricos na venda de automóveis. Isso deve-se ao fato de que, mais do que as vendas, o maior impacto na demanda de lubrificantes depende fortemente da renovação da frota global de veículos que as novas vendas estão sendo capazes de promover. Essa renovação depende da passagem do tempo de vida total dos veículos que foram vendidos na última década e que continuarão a ser vendidos nos próximos anos ao passo que vão sendo substituídos pelos novos modelos.

A consultoria especializada Kline, realizou um estudo em 2021 para apurar a previsão de demanda dos lubrificantes nos próximos anos. O resultado é apresentado na FIGURA 34 e mostra que, pelo menos até 2030, todo o mercado de lubrificantes continuará crescendo de maneira geral. Analisando por setor, todos eles demonstram uma desaceleração com o passar dos anos, sendo que o segmento de carros de passageiros (PVL) é o único a apresentar queda no longo prazo, -0,1% de taxa de crescimento anual composta (CAGR).

FIGURA 34 - PREVISÃO DA DEMANDA GLOBAL DE LUBRIFICANTES ACABADOS POR SETOR, KLINE (Quilotoneladas)

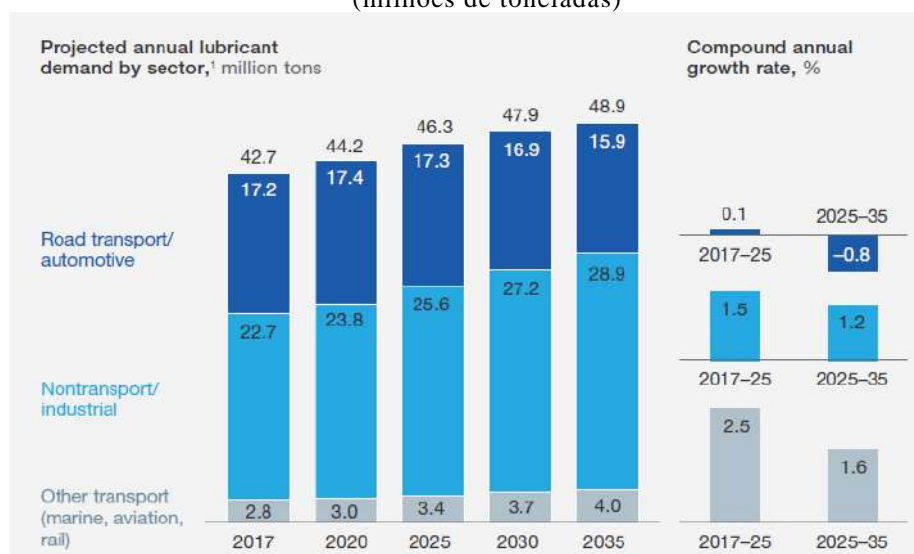


FONTE: Kline (2019)

NOTA: PVL (Lubrificantes para carros de passageiros), CVL (Lubrificantes para comerciais leves), IND (Lubrificantes industriais)

Uma outra projeção, construída pela McKinsey em 2021 é apresentada na FIGURA 35, uma análise similar que projeta a demanda global de lubrificantes até 2035. Da mesma maneira que o estudo da Kline, o gráfico sinaliza um crescimento desacelerado até 2025 comparado aos resultados dos últimos anos. Para o mais longo prazo o mercado de lubrificantes cai 0,8% em CAGR enquanto os demais segmentos (industrial e transportes não rodoviários) continuam crescendo.

FIGURA 35 - DEMANDA PROJETADA ANUAL POR SETOR, MCKINSEY (milhões de toneladas)



FONTE: McKinsey (2021)

Apesar de que os cenários formulados pela Kline e McKinsey apontem algumas diferenças entre si, ambos passam perspectivas muito similares quanto ao comportamento da demanda globalmente e apontam também a necessidade de reinvenção por parte dos fornecedores de forma que consigam permanecer atuantes nesse mercado, dado que é altamente provável que a demanda atual deixará de existir em algumas décadas.

Para compreender quanto tempo os fabricantes possuem para desenvolver novas soluções e se adaptar à essa nova realidade, é necessário aprofundar essas projeções e avaliar as diferentes realidades de cada região do mundo. Apesar de que a eletrificação seja uma tendência global, em muito diferem os graus de desafio de cada nação dada a alta diversidade de matrizes energéticas, infraestrutura, aspectos socioambientais, políticos e tecnológicos de cada nação.

Essas diferenças criam diferentes ritmos de adoção da eletrificação e, visando projetar as expectativas de volume da demanda de lubrificantes, o estudo realizado pela Kline criou três

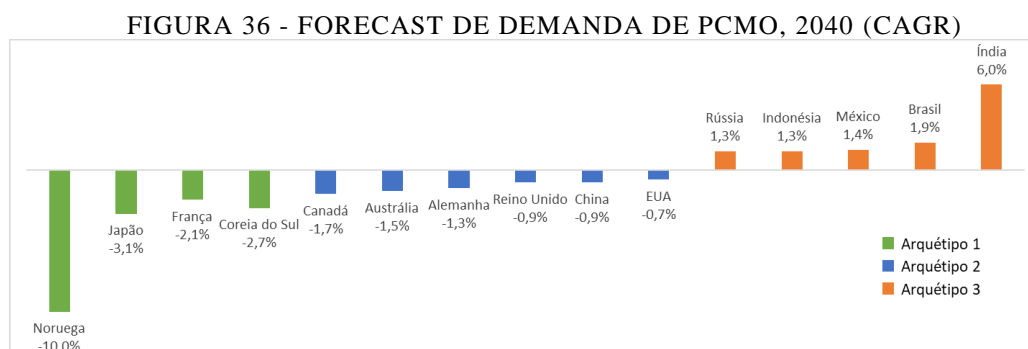
diferentes arquétipos baseados nas diferentes geografias e nas maneiras particulares com que cada um dos fatores de influência atua naquela região.

O primeiro arquétipo agrupa os países para os quais a expectativa de eletrificação da sua frota até 2040 ultrapassa os 50%. Esse é o caso de países como Noruega, Japão, França e Coreia do Sul. Países esses que investiram amplamente em políticas de estímulo à eletrificação e tiveram uma forte atuação governamental para garantir a abertura dos caminhos necessários num curto/médio prazo.

O segundo arquétipo agrupa os países em situação intermediária, onde a eletrificação da frota atinge entre 25 e 50% no mesmo prazo. Nele encontram-se países como China, Reino Unido, Canadá, e Estados Unidos. Tais países apresentam forte regulamentação e incentivos governamentais, porém ainda enfrentarão muitos obstáculos para viabilizar o projeto de eletrificação.

No terceiro arquétipo estão agrupados países que não possuem perspectivas de atingir 25% da frota eletrificada até 2040. Esses países possuem em comum o fato de não contarem com um esforço centralizado no projeto de eletrificação e, portanto, atingirão percentuais consideravelmente mais baixos que os demais grupos citados anteriormente.

Utilizando tais arquétipos, o estudo trouxe as expectativas de impacto para cada um dos países analisados, informação apresentada na FIGURA 36. Como esperado, o comportamento da demanda para PCMO acompanhou a tendência de eletrificação em cada um dos países. Os percentuais mais negativos foram registrados para os países de arquétipo 1, sendo a Noruega o país com a queda mais acentuada chegando a -10%. Já nos países de arquétipo 3, notam-se fortes crescimentos de demanda, chegando até 6% de aumento na Índia.



Adaptado de Kline (2019)

Além da eletrificação, é importante considerar todo o contexto mais amplo que vem emergindo dos recentes avanços na mobilidade de maneira geral e considerar a contribuição

tais efeitos na desaceleração na demanda de lubrificantes. Um dos fatores é a crescente tendência global no compartilhamento de carros que contribui para a mobilidade, para a redução da demanda de carros e, conseqüentemente, óleos lubrificantes.

Adicionalmente, conforme discutido em capítulos anteriores, há uma crescente demanda de óleos sintéticos de cada vez mais altas performances e menores viscosidades nos novos modelos de motores a combustão. Ao mesmo tempo é exigida maior robustez em sua formulação e desempenho, maiores são também as exigências por intervalos de troca mais extensos. Conseqüentemente, maiores intervalos de troca demandarão menores volumes de óleo de maneira geral.

Em contrapartida, as margens tendem a subir consideravelmente nos anos que se seguem de forma a compensar em grande parte a desaceleração no crescimento de volume. Uma das maiores razões para a alavancagem das margens é justamente essa maior demanda por lubrificantes sintéticos de alta performance, considerados produtos premium de maior valor agregado. Além dessa mudança no setor automotivo, os óleos industriais verão seu volume aumentar nos próximos anos, contribuindo com uma maior margem agregada para o mercado.

Uma questão que ainda fica a ser respondida dependendo dos eventos dentro dos próximos anos é se esse aumento de margem será mantido na próxima década. Essa dúvida ainda não pode ser respondida, pois depende da concretização de alguns movimentos-chave que impõem riscos à demanda e à sustentação de um posicionamento premium dos lubrificantes sintéticos. Entre eles, os principais são: o avanço disruptivo da tecnologia das baterias, uma maior consolidação do setor industrial e uma intensificação na força da regulação visando a sustentabilidade.

O mais provável impacto vem da possibilidade de um avanço disruptivo na tecnologia das baterias que podem trazer o custo das baterias embarcadas nos EVs para um nível abaixo de US\$ 100 antes da expectativa de que seja atingida em 2025. O momento em que esse custo será atingido é chave, pois ele indicará a paridade de custos de fabricação entre os EVs e ICEs. Uma antecipação do prazo leva a uma importante aceleração na adoção de modelos elétricos, antecipando e erodindo a demanda de lubrificantes motores com maior agressividade.

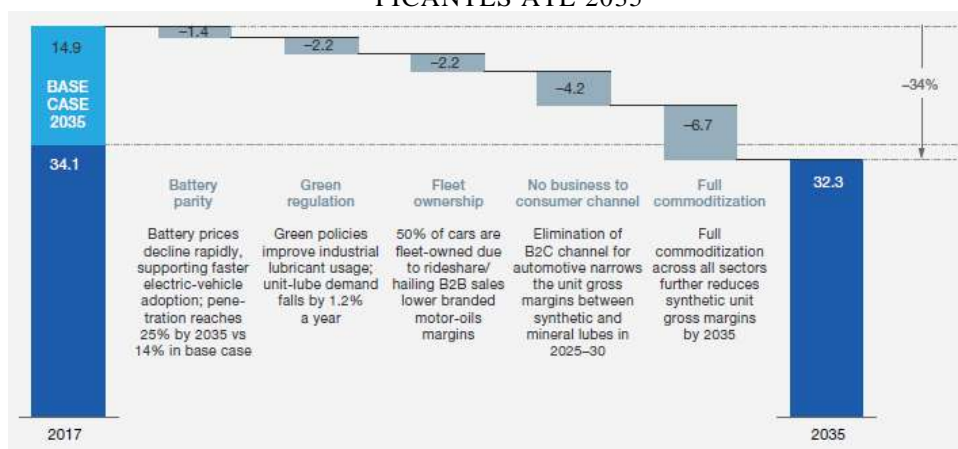
O segundo risco vem de um fortalecimento acima do esperado em relação às regulações impostas ao setor industrial para garantir o atingimento das metas de emissão e sustentabilidade. A imposição de novas regras e limites irão acelerar as medidas para melhorias de processo, reciclagem e adoção de uma economia circular. Esses modelos tendem a resultar em maiores intervalos de troca e, conseqüentemente, menor volume de lubrificantes demandados.



Um risco menos provável que os anteriormente citados, porém, com o maior dos impactos é o de comoditização dos lubrificantes premium. Essa comoditização pode vir a ser causada, por exemplo, por um aumento no compartilhamento de carros em detrimento da posse individual ou da adoção de outros formatos de utilização de grandes frotas acontecendo numa velocidade acima das expectativas atuais. Essa mudança, por sua vez, leva a venda de lubrificantes a acontecerem através de grandes frotistas com alto poder de barganha em preço, comprimindo as margens.

Com essa possível comoditização, é provável que as diferenças entre as margens de sintéticos e minerais fiquem muito pequenas, podendo chegar a apenas 30%. Esse impacto sozinho pode ser responsável por uma redução de até 4 bilhões de dólares na margem projetada para o mercado até 2035. Na FIGURA 37, está apresentada a análise construída pela McKinsey com os respectivos impactos em margem gerados por cada um dos fatores anteriormente citados.

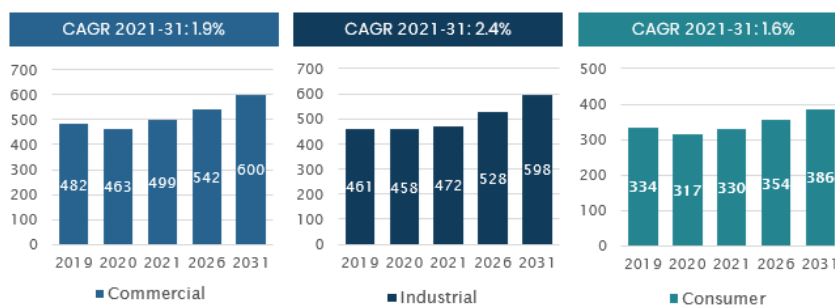
FIGURA 37 - PROJEÇÃO DE IMPACTOS NA MARGEM BRUTA DO MERCADO DE LUBRIFICANTES ATÉ 2035



FONTE: McKinsey & Company (2022)

A consultoria especializada Kline, aponta que o Brasil apresenta uma expectativa de CAGR de 1,8% até 2026 e, um percentual ainda maior, 2,1% no período de 2026 a 2031 para o mercado de lubrificantes de maneira geral. Analisando por setor, o industrial apresenta o maior crescimento (2,4%), seguido do automotivo comercial (1,9%) e do automotivo de consumo (1,6%).

FIGURA 38 - PROJEÇÃO DE DEMANDA DE LUBRIFICANTES NO BRASIL POR SEGMENTO



FONTE: Kline (2019)

Tais expectativas estão em linha com o arquétipo 3, apresentado anteriormente, no qual o processo de eletrificação automotiva ainda não apresentará efeitos significativos na demanda até 2030. No Brasil, a disponibilidade de caminhos alternativos para a redução de emissões de poluentes, contribui fortemente para a redução na velocidade de eletrificação da frota, e consequentemente da redução na demanda de lubrificantes automotivos.

Por outro lado, os fatores que impulsionam a demanda no mundo também influenciam o comportamento da demanda no Brasil. Dentre eles, estão: A tendência do impulsionamento da demanda por frotas compartilhadas irá trazer um aumento no consumo de lubrificantes por frotas comerciais em detrimento do segmento de consumidores; um aumento no consumo de veículos de duas rodas, impulsionado pelo mercado de entregas de comércio eletrônico; pressão da regulamentação para maiores intervalos de troca, entre outros.

## 6 CONCLUSÃO

Primeiramente, constatou-se que a nova estrutura dos motores elétricos trará diferentes demandas em termos de requerimentos e performance dos lubrificantes. O foco que atualmente é dado para o funcionamento do motor agora será principalmente voltado para transmissões e resfriamento do motor elétrico e bateria, exigindo novos desenvolvimentos de materiais compatíveis e propriedades específicas como controle de temperatura, condutividade elétrica, estabilidade, entre outros. Tal mudança impõe tanto um desafio tecnológico e de portfólio quanto uma oportunidade para que os fornecedores se tornem parceiros-chave das montadoras com a criação de soluções específicas para essa nova era.

Em termos de projeção de demanda, constatou-se que a redução de volume para aplicações automotivas não virá num curto ou médio prazo, mas ainda levará décadas na maior parte dos países do mundo. Devido ao fato de que a renovação do parque circulante só acontecerá após os veículos a combustão saírem de circulação e serem substituídos por modelos eletrificados, a demanda de lubrificantes, de maneira geral, seguirá aumentando na próxima década. Especialmente em países emergentes onde a eletrificação ainda está desacelerada, a expectativa é de firme crescimento com um CAGR anual de em média 2% pelo menos até 2040. Sendo assim, ainda há muito campo e um longo horizonte de tempo a ser explorado pelos fornecedores em termos de crescimento de volume.

Tratando-se de margem, a tendência é também de aumento devido à crescente exigência por viscosidades cada vez menores e, ao mesmo tempo, melhores performances com aplicações e prioridades mais específicas. Alguns riscos estão associados à essa expectativa de ganho de margem e a sua ocorrência dependerá do avanço de tendências globais como o compartilhamento de veículos e comoditização dos lubrificantes, questões que vêm evoluindo, mas ainda não foram concretizadas em larga escala.

No Brasil, assim como em outros países emergentes, a eletrificação deve levar mais tempo para se desenvolver frente a países como EUA, China e países europeus. No Brasil, a presença de opções que envolvem a utilização de biocombustíveis e uma matriz energética mais limpa acabam por desfavorecer o avanço dos modelos elétricos. Esse menor ritmo é fortalecido pelo fato de não haver planejamento, políticas e metas claras de eletrificação anunciadas pelo governo. O mercado de lubrificantes, portanto, acompanhará o crescimento das vendas de veículos a combustão para o próximo ano e ainda crescerá a um CAGR de 1,9% pelo menos até 2031.

Apesar de a transição energética e a eletrificação significarem, em última análise, um fator que diminuirá consideravelmente a demanda dos lubrificantes automotivos, esse impacto levará algumas décadas ou mais para se concretizar. Além disso, a eletrificação trará importantes oportunidades de diferenciação e expansão de parceria com as montadoras, significando que os fornecedores que souberem se adaptar e explorar as chances de geração de maior margem agregada ainda terão amplas perspectivas de crescimento pela frente.

Para trabalhos que visem complementar o estudo realizado sugere-se uma investigação mais aprofundada das principais propriedades físico-químicas requeridas nas aplicações de motores elétricos objetivando uma maior compreensão do tamanho do desafio que os fornecedores terão que superar em termos de desenvolvimento tecnológico, margens, disponibilidade de matéria-prima, entre outros. Um estudo de patentes acerca das novas tecnologias recebendo investimento traria, também, uma visão mais ampla e completa acerca do tema.

Além disso, conforme apresentado no capítulo 4, há diferentes soluções possíveis para a jornada de descarbonização no Brasil com a presença de biocombustíveis e vasta matriz energética renovável. A investigação sobre quais são esses caminhos e os possíveis impactos dessas tecnologias no mercado brasileiro de lubrificantes constitui uma segunda sugestão para trabalhos futuros tendo em vista a sua peculiaridade em relação ao restante do mundo.

Uma terceira sugestão seria explorar os impactos da transição energética no mercado de lubrificantes através de outros segmentos. Conforme apresentado no capítulo 1 deste trabalho, o setor de transportes e mobilidade é apenas um dos responsáveis pelas altas taxas de emissão de GEEs no mundo. O setor da indústria e geração de energia são importantes contribuintes para o aquecimento global e passarão por profundas mudanças na jornada de descarbonização global. Além disso, representam grande parte da venda de lubrificantes com aplicações não automotivas, sendo essa uma perspectiva crucial para a melhor definição das projeções de demanda para o mercado.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Painel Dinâmico do Programa de Monitoramento de Lubrificantes**. [S. l.], 18 jun. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/painel-dinamico-do-programa-de-monitoramento-de-lubrificantes>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- ANFAVEA; BCG. **Cenários e desafios do Brasil no caminho da descarbonização do setor automotivo**. [S. l.], 10 ago. 2021. Arquivo PDF.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **ABVE no Senado: o desafio da eletromobilidade**. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.abve.org.br/abve-no-senado-eletromobilidade-e-desafio-para-o-brasil/>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. **Os eletrificados mais vendidos em 2022**. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.abve.org.br/veja-os-eletrificados-mais-vendidos-em-2022/>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila
- GROB-WERKE GMBH & CO. KG. **Motores elétricos e máquinas elétricas**. [S. l.], 13 abr. 2017. Disponível em: <https://www.grobgroup.com/pt/produtos/variedade-de-produtos/eletromobilidade/motor-eletrico/>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- IHS MARKIT. **Pivoting to an electrified future: The Automotive Industry Amps Up**. [S. l.], 21 abr. 2021. Arquivo PDF.
- IHS MARKIT; WANG, Xi; SUBRAMANIAN, Vijay. **Automotive Electrification and Decarbonization: Shifting toward Net-Zero**. [S. l.], Julho 2021. Arquivo PDF.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global EV Outlook: Accelerating ambitions despite the pandemic**. [S. l.], Abril 2021. Arquivo PDF.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em: 8 dez. 2022.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO. **Volume de vendas de lubrificantes das associadas**. [S. l.], Julho 2022. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/dados-setor/lubrificantes-25/>. Acesso em: 8 dez. 2022
- KLINE. **Global Lubricants: Market Analysis and Opportunities**. [S. l.], 2019. Arquivo PDF.
- LEVIN, Kelly; LEBLING, Katie. **CO2 Emissions Climb to an All-Time High (Again) in 2019: 6 Takeaways from the Latest Climate Data**. [S. l.], 3 dez. 2019. Disponível em: <https://www.wri.org/insights/co2-emissions-climb-all-time-high-again-2019-6-takeaways-latest-climate-data>. Acesso em: 8 dez. 2022.

MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S.L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU, AND B. ZHOU (EDS.) **IPCC, 2021: Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. In Press.

MCKINSEY & COMPANY. **The Future of Mobility is at our doorstep**. [S. l.], 2021. Arquivo PDF.

MCKINSEY & COMPANY. **The net-zero transition: What it would cost, what it could bring**. [S. l.], Janeiro 2022. Arquivo PDF

MCKINSEY & COMPANY; BAU, Alvaro; BRUNI, Giovanni; HUSSIN, Luqman; KIEWELL, Dieter; KOHLER, Bijan; VERITY, Richard. **Lubes growth opportunities remain despite switch to electric vehicles**. [S. l.], Dezembro 2018. Arquivo PDF.

MIRAGAYA, Fernando. **Carros elétricos no Brasil: veja todos os modelos e preços**. [S. l.], 23 nov. 2021. Disponível em: <https://autopapo.uol.com.br/noticia/carros-eletricos-modelos-precos/>. Acesso em: 8 dez. 2022.

MORDOR INTELLIGENCE. **LUBRICANTS MARKET - GROWTH, TRENDS, AND FORECAST**. [S. l.], 2020. Arquivo PDF.

MOTOR. IN BRITANNICA ESCOLA. **Como funciona o motor a combustão**. [S. l.], 5 mar. 2009. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/motor/481572>. Acesso em: 8 dez. 2022.

NEOCHARGE. **DIFERENÇA ENTRE CARRO ELÉTRICO E CARRO A COMBUSTÃO INTERNA**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/diferenca-carro-eletrico-e-combustao>. Acesso em: 8 dez. 2022.

NEOCHARGE. **Tudo sobre tipos de Carros Elétricos**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 8 dez. 2022.

ORÉFICE, Giovana. **Como funcionam os carros híbridos?** [S. l.], 25 jun. 2019. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2019/06/como-funcionam-os-carros-hibridos.ghtml>. Acesso em: 8 dez. 2022.

RFF; KROSNICK, Jon A.; MACINNIS, Bo. **Climate Insights 2020: Policies and Politics**. [S. l.], 23 set. 2020. Disponível em: <https://www.rff.org/publications/reports/climateinsights2020-policies-and-politics/>. Acesso em: 8 dez. 2022.

SHELL LUBRICANTS. **Shell Lubricants and the Energy Transition**. [S. l.], 7 ago. 2021. Arquivo PDF.

STRATA. **The footprint of energy and land use of US electricity production**. [S. l.], 2017. Arquivo PDF.

THE GUARDIAN ENVIRONMENT NETWORK. **O protocolo de Kyoto fez diferença nas emissões de carbono?** [S. l.], 26 nov. 2012. Disponível em: O protocolo de Kyoto fez diferença nas emissões de carbono? Acesso em: 8 dez. 2022.

TOTAL ENERGIES. **The history and evolution of lubricants.** [S. l.], 18 jul. 2019. Disponível em: <https://services.totalenergies.uk/history-evolution-lubricants>. Acesso em: 7 dez. 2022.

UKON, Masao; NIETO, Regis; CANABARRO, Eduardo; BCG. **The New Reality of Mobility in Brazil.** [S. l.], Dezembro 2019. Arquivo PDF.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2021). **Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered.** Nairobi.

UNITED NATIONS. **GLOBAL ISSUES Climate Change.** [S. l.], 13 jun. 2018. Disponível em: <https://www.un.org/en/global-issues/climate-change>. Acesso em: 8 dez. 2022.

WWF BRASIL. **O que é preciso fazer para alcançar o desenvolvimento sustentável?** [S. l.], 3 jul. 2019. Disponível em: O que é preciso fazer para alcançar o desenvolvimento sustentável?. Acesso em: 8 dez. 2022.