



# MERCADO BRASILEIRO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL AO MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO (ECD)

Isabela Fernandes de Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Orientador:** DSc. Luan dos Santos

Rio de Janeiro

2023

### CIP - Catalogação na Publicação

F48m Fernandes de Oliveira, Isabela  
MERCADO BRASILEIRO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA  
AVALIAÇÃO A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL  
AO MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO (ECD) /  
Isabela Fernandes de Oliveira. -- Rio de Janeiro,  
2023.  
73 f.  
Orientador: Luan dos Santos.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de  
Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2023.  
1. Mobilidade elétrica. 2. Estudo de mercado. 3.  
Modelo E-C-D. 4. Análise PESTAL. 5. Modelo  
integrado. I. dos Santos, Luan, orient. II. Título.

MERCADO BRASILEIRO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA  
AVALIAÇÃO A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL  
AO MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO (ECD)

Isabela Fernandes de Oliveira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Luan dos Santos, D.Sc..

---

Lino Guimarães Marujo, D.Sc.

---

Ana Carolina Maia Angelo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

OUTUBRO DE 2023

Dedico este trabalho à minha família, em especial ao meu marido, William,  
que esteve do meu lado e me apoiou em cada passo desse caminho.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, ao meu orientador Professor Luan Santos, pela disponibilidade, atenção e confiança ao longo desta dissertação e de toda a minha trajetória no Programa de Engenharia de Produção (PEP/COPPE/UFRJ). Obrigada por acreditar no meu potencial e por me incentivar a aceitar desafios sem os quais o aprendizado necessário para a produção deste trabalho e para a trajetória profissional que hoje eu trilho não seriam possíveis.

Àqueles que aceitaram meu convite para compor a banca: Professor D.Sc. Lino Guimarães Marujo e professora D. Sc. Ana Carolina Maia Angelo. Suas contribuições na etapa de qualificação foram fundamentais para a qualidade do meu trabalho, e é uma honra contar com a sua participação durante esse processo.

À minha família: aos meus pais por todo o carinho e torcida ao longo desta trajetória. Ao meu irmão, Lucas, pela influência e pela fé inabalável na minha capacidade; sem você como referência eu jamais teria trilhado o caminho da engenharia de produção, e não poderia ter chegado aonde estou hoje. Ao meu marido, William, pelo suporte desde o meu processo de entrada no mestrado, por ser sempre a primeira e pessoa a ouvir e comemorar tudo que eu produzo, acreditar em mim, me apoiar e alegrar os meus dias.

Por fim, declaro que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, e agradeço à EDP pelo apoio dado a esse trabalho realizado no âmbito do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, chamada pública 22 de 2018.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciência (M.Sc.)

## MERCADO BRASILEIRO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA AVALIAÇÃO A PARTIR DA INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL AO MODELO ESTRUTURA-CONDUTA-DESEMPENHO (ECD)

Isabela Fernandes de Oliveira

Outubro / 2023

Orientador: D.Sc. Luan dos Santos

Programa de Engenharia de Produção

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios políticos e econômicos enfrentados pela economia global. Para desacelerar as mudanças climáticas ações de mitigação e metas de redução de gases de efeito estufa (GEE) têm sido adotadas globalmente, impulsionando a produção e as vendas de veículos elétricos (VEs) globalmente. No Brasil, entretanto, a estratégia de redução das emissões do setor de transporte é baseada na adoção em larga escala de biocombustíveis. Essa dissertação tem como objetivo geral estudar o mercado brasileiro de VEs com foco em veículos leves, compreendendo os fatores determinantes de seu estado atual. Para tanto, foi utilizado um Modelo Estrutura-Condução-Desempenho, com uma Análise PESTAL e o cálculo do Índice de Herfindahl–Hirschman integrados à análise de estrutura. Os resultados indicam que o mercado brasileiro de VEs cresceu no período de 2019 a 2023, mas de maneira tímida e com o mercado potencial restrito ao mercado de luxo. A escassez de ações para a promoção da mobilidade elétrica, um cenário econômico pouco promissor, as dificuldades de disseminação da infraestrutura de recarga e a conduta da empresa dominante do mercado – investindo em modelos híbridos de preços altos – contribuem para a baixa penetração dos VEs no mercado e para a predominância dos híbridos. Recomenda-se, portanto, a adoção de políticas públicas para a promoção da mobilidade elétrica, aliada ao investimento por parte das empresas no desenvolvimento de veículos com preços mais competitivos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

Brazilian electric vehicles market: An analysis integrating a Structure-Conduct-Performance (SCP) Model and a PESTEL Analysis

Isabela Fernandes de Oliveira

October / 2023

Advisor: DSc. Luan dos Santos

Department: Production Engineering

*Climate change is one of the biggest political and economic challenges faced by global economy. To slow down climate change mitigation actions and greenhouse gas emission targets have been adopted, promoting electric vehicles (EVs) globally. In Brazil, however, emission reduction strategies for the transport sector are based on the broad use of biofuels. This dissertation aims to study the Brazilian EVs market looking at light-duty vehicles and understanding the reasons behind its current state. For that purpose, a Structure-Conduct-Performance Model was used integrating a PESTEL Analysis and the Herfindahl–Hirschman Index to the structure analysis. The results indicate that the Brazilian EV market has grown in the period from 2019 to 2023, albeit timidly and restricted to a luxury market. The lack of actions promoting electric mobility, a less than promising economic scenario, the challenges in implementing a charging infrastructure and the conduct of the incumbent firm in the market – investing in high priced hybrid models – contribute to low penetration of EVs in the market and the dominance of hybrids amongst them. In this context, this study recommends that public policies to promote electric mobility are developed, combined with the investment of private companies to develop EV models with more competitive prices.*





## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	JUSTIFICATIVA .....	12
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	18
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1	O SETOR BRASILEIRO DE TRANSPORTES .....	21
2.2	A POLÍTICA BRASILEIRA DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	27
2.3	O VEÍCULO ELÉTRICO .....	32
2.4	AUTONOMIA E INFRAESTRUTURA DE CARREGAMENTO .....	40
3.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	44
3.1	INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL E DO IHH AO MODELO E-C-D.....	46
3.2	O SURGIMENTO DO MODELO E-C-D E SUAS APLICAÇÕES.....	47
3.3	A ANÁLISE PESTAL .....	48
3.4	O MODELO E-C-D .....	49
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
4.1	ESTRUTURA.....	61
4.2	CONDUTA.....	83
4.3	DESEMPENHO.....	88
4.4	RECOMENDAÇÕES .....	92
5.	CONCLUSÕES.....	95
5.1	PRINCIPAIS CONCLUSÕES .....	95
5.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS .....	97
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	99

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Publicações utilizando o Modelo E-C-D ao longo do tempo .....	15
Figura 2 - Co ocorrência temática das publicações.....	15
Figura 3 - Estrutura da dissertação .....	19
Figura 4 - Frota brasileira circulante em 2021 .....	26
Figura 5 - Procedimento metodológico .....	45
Figura 6 - Principais etapas da aplicação do Modelo E-C-D na presente dissertação .....	46
Figura 7 - Representação do Modelo E-C-D .....	50
Figura 8 - As cinco Forças de Porter.....	58
Figura 9 - Soluções de carregamento para VEs .....	73
Figura 10 - Depósitos de patentes sobre VEs no período de 1998 ao início de 2018.....	88
Figura 11 - Distribuição de tipos de VEs emplacados no ano de 2021 no Brasil.....	90
Figura 12 - Distribuição de tipos de VEs emplacados no ano de 2022 no Brasil.....	90
Figura 13 – Relações entre os principais resultados do Modelo E-C-D aplicado ao mercado brasileiro de VEs.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais características, vantagens e desvantagens das diferentes configurações de veículos HEV .....	39
Tabela 2 - Tipos de ponto de carregamento de acordo com o acesso .....	41
Tabela 3 - Aspectos da Análise PESTAL.....	49
Tabela 4 - Faixas do IHH para análises preliminares de processos de fusões.....	54
Tabela 5 - Níveis de concentração do mercado .....	54
Tabela 6 - Perspectivas de análise de desempenho .....	60
Tabela 7 - Principais resultados da Análise PESTAL .....	62
Tabela 8 - Programas e políticas voltados para promoção da mobilidade elétrica.....	64
Tabela 9 - Estratificação das classes econômicas no Brasil .....	70
Tabela 10 - Iniciativas de cunho regulatório voltadas para a expansão da mobilidade elétrica	79
Tabela 11 - Vendas e market share dos principais fabricantes de VEs no Brasil em 2022.....	82
Tabela 12 - Conduta observada nos mercados da China, da Europa e dos Estados Unidos e do Brasil .....	84

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABVE – Associação Brasileira do Veículo Elétrico

AC – Corrente alternada (do inglês *alternating current*)

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

AHP – Método de Análise Hierárquica (do inglês *Analytic Hierarchy Process*)

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional de Petróleo

ASG – Ambiental, Social e de Governança

BEV – Veículo Elétrico à Bateria (do inglês *Battery Electric Vehicle*)

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CBIO – Crédito de Redução de Emissão

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética

COFINS - Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CR – Razões de Concentração

DC – Corrente contínua (do inglês *direct current*)

DEA - Análise Envoltória de Dados (do inglês *Data Envelopment Analysis*)

Embrapii - Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial

GEE – Gases de Efeito Estufa

GEIA - Grupo Executivo da Indústria Automobilística

GM – General Motors

HEV – Veículo Elétrico Híbrido (do inglês *Hybrid Electric Vehicle*)

ICMS - Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IHH - Índice de Herfindahl–Hirschman

IHHM - Índice de Herfindahl–Hirschman Modificado

Inovar-Auto - Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores

IRA - Lei da Redução da Inflação (do inglês *Inflation Reduction Act*)

ISS - Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza

IVA - Imposto de Valor Agregado

NDC – Contribuições Nacionalmente Determinadas (do inglês *Nationally Determined Contributions*)

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODM – Objetivos do Milênio

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PASEP - Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PHEV – Veículo Elétrico Plug-in (do inglês *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*)

PIB – Produto Interno Bruto

PIS - Programa de Integração Social

PNPB - Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

TCO – Custo Total de Propriedade (do inglês *Total Cost of Ownership*)

UE – União Europeia

VE – Veículo Elétrico



## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas de causa antropogênica têm exposto os ecossistemas a condições que não eram vistas há milênios, impactando espécies terrestres e aquáticas; serviços ecossistêmicos; segurança alimentar e de acesso à água; infraestrutura; economia e cultura. Esses impactos são atribuídos especialmente ao *stress* contínuo imposto a diferentes ecossistemas e à ocorrência de eventos extremos (IPCC, 2022).

Assim, as mudanças climáticas foram identificadas como um dos maiores desafios políticos e econômicos enfrentados pela economia global (WORLD ECONOMIC FORUM, 2023). Para desacelerar as mudanças climáticas é preciso tomar ações de mitigação (DA SILVA et al., 2022). A maior fonte de emissão de GEE a nível global é o setor de energia, que inclui a queima de combustíveis para a geração de calor e energia (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2023). Devido ao baixo fator de emissão da matriz elétrica brasileira, o transporte é responsável pela maior parte das emissões de GEE do setor de energia no país (EPE, 2022), contrariando a tendência global (WORLD RESOURCES INSTITUTE, 2023).

No Brasil, entretanto, a estratégia de redução das emissões do setor de transporte é fortemente baseada na adoção em larga escala de biocombustíveis, conforme expresso em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, do inglês *Nationally Determined Contribution*) (GRANGEIA et al., 2023). A NDC brasileira estipula a redução de 37% das emissões de GEE até 2025 e de 43% até 2030, tomando como base as emissões do ano de 2005. No documento final submetido em março de 2022 é citado o crescimento na produção de biocombustíveis graças ao RenovaBio como uma das ações para a redução das emissões de GEE (BRASIL, 2022).

Implementado em 2020, o RenovaBio é a política brasileira de biocombustíveis. O programa estabelece metas anuais de descarbonização para os fornecedores de combustíveis fósseis, com meta de 10% de redução das emissões de carbono até 2028. Classifica, ainda, os biocombustíveis de acordo com seus perfis de emissão de GEE e introduz um sistema de créditos de carbono (ELLIS; RYPL, 2021; GRANGEIA; SANTOS, 2020, 2021a).

Embora a tendência global seja de que, eventualmente, veículos elétricos VEs dominem o mercado, a dominância dos biocombustíveis no Brasil combinada com o tamanho do mercado nacional podem fazer com que o mercado brasileiro se mantenha em divergência do mercado



global por um longo período (GRANGEIA; SANTOS, 2021a). Nesse contexto, embora a NDC brasileira comente o perfil altamente renovável da matriz elétrica do país, a mobilidade elétrica não é citada, e seu avanço é desafiado pela falta de comprometimento estatal com a pauta, pelos altos impostos de importação e pela oposição representada pelo *lobby* dos biocombustíveis (ELLIS; RYPL, 2021).

No contexto mundial os principais desafios à expansão dessa tecnologia são o alto preço de aquisição, a autonomia limitada e a falta de infraestrutura adequada para carregamento dos VEs (PNME, 2022). Dentre as iniciativas relacionadas à mobilidade elétrica no Brasil a predominância tem sido de iniciativas estritamente públicas, seguidas pelas Parcerias Público-Privadas. No período de 2018 a 2021 mais de 40% das iniciativas foram de abrangência nacional, com apenas oito estados e o Distrito Federal identificados como regiões de abrangência de iniciativas ligadas à mobilidade elétrica excetuando-se essas medidas. (PNME, 2021).

Analisando os principais desafios ao crescimento dos VEs é preciso considerar, ainda, as necessidades técnicas e de infraestrutura, com destaque para a estrutura de recarga (GRANGEIA et al., 2023). De forma ampla, os pontos de recarga podem ser divididos entre pontos de recarga privada ou particular, incluindo os pontos localizados em residências e em locais de trabalho, e os pontos de acesso público (ELLIS; RYPL, 2021).

A instalação e operação de uma infraestrutura de recarga é de natureza complexa, trazendo preocupações em relação aos componentes tecnológicos e às possibilidades de gerenciamento da carga de energia pelas autoridades, possibilitando que essa infraestrutura atenda a requisitos de racionalização de instalação e de uso, oferecendo confiança, previsibilidade e segurança para os usuários. Assim, a rede precisa ser interoperável, inteligente, integrada e sustentável (ELLIS; RYPL, 2021).

A tarifa cobrada nos pontos particulares normalmente é semelhante à tarifa doméstica e, portanto, tende a ser a opção mais barata de recarga. Isso acontece porque, nos pontos de recarga de acesso público, os custos com equipamento e conexão à rede elétrica precisam ser recuperados. Os pontos de acesso público são fundamentais, entretanto, para garantir maior autonomia aos VEs e possibilitarem viagens mais longas (IEA, 2022a).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

No ano de 2021 a escassez hídrica impactou a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, reduzindo a oferta de energia hidráulica e levando ao acionamento de usinas termelétricas (EPE, 2022). Por outro lado, o aumento da adoção de fontes eólica e solar na geração da energia elétrica e do uso de biodiesel contribuíram para que a matriz energética brasileira ainda atingisse o nível de 44,7% renovável, permanecendo acima da média global (EPE, 2022). Graças ao baixo fator de emissão da matriz elétrica brasileira, os VEs têm alto potencial para reduzir as emissões do setor de transportes no país (ELLIS; RYPL, 2021).

VEs podem emitir de 38% a 85% menos do que veículos com motores à combustão no país, considerando um VE produzido em 2020 e usado por 250.000km. Essas estimativas consideram as emissões de GEE geradas pela importação das baterias que, atualmente, não são produzidas no Brasil. Entretanto, em um cenário em que baterias começassem a ser produzidas no Brasil, as emissões dos VEs seriam ainda menores (ELLIS; RYPL, 2021).

Desde 2018 a formação de competências e tecnologias ligadas à mobilidade elétrica tem sido alavancada pela chamada estratégica 22/2018 da ANEEL, que direcionou para a temática um volume inédito de recursos no país. A pesquisa e o desenvolvimento têm sido impulsionados, ainda, pela linha V dos projetos do Programa Rota 2030, através de trabalho conjunto entre as instituições de ciência e tecnologia e as empresas da cadeia automotiva (PNME, 2022).

Analisando as iniciativas voltadas para o aumento da demanda por VEs no país, por sua vez, destacam-se a proposta de isenção e alíquota diferenciada de IPVA para veículos movidos a motor elétricos em vários estados e municípios brasileiros, a exclusão dos VEs no rodízio estabelecido pela Lei nº 9.690/1997 da cidade de São Paulo e o programa de incentivo a utilização de carros elétricos ou movidos à hidrogênio proposto pela Lei Municipal nº 14.826/2016 de Curitiba (PNME, 2021). As duas leis citadas, entretanto, são de abrangência limitada a esses dois municípios, e os projetos para a isenção do IPVA abarcam apenas 10 estados, seja pela alíquota do IPVA reduzida ou pela isenção total.

Medidas para reformulação da carga tributária sobre os VEs vêm sendo adotadas no Brasil, mas há ainda um longo caminho a ser percorrido. Segue em tramitação o Projeto de Lei nº 403, de 2022 (BRASIL, 2022), que pretende conceder isenção do imposto sobre importação para VEs

e híbridos até 2025. A isenção havia sido garantida anteriormente pela resolução nº97/2015 da Câmara de comércio exterior – CAMEX, entretanto, ela fazia parte da Lista Nacional de Exceções à Tarifa Externa Comum (TEC), que venceu em dezembro de 2021.

Ações dessa natureza buscam endereçar a dificuldade de atuação das montadoras dentro do país, visto que os veículos comercializados são produzidos no exterior e conseqüentemente importados pelas empresas. No entanto, nem a resolução nº97/2015 nem o Projeto de Lei nº 403, de 2022 se estende para as tecnologias da mobilidade elétrica, como peças e componentes de veículos e equipamentos para infraestrutura de recarga, aplicando-se somente aos VEs e veículos movidos à célula de combustível.

No Brasil a infraestrutura de recarga de acesso público é limitada, com o número total de carregadores públicos e semipúblicos estimado em 1250 em fevereiro de 2022 (PNME, 2022). Um dos fatores que contribuem para essa realidade é o perfil de mercado dos VE no país. Até o momento o mercado é dominado por veículos de luxo comercializados a altos preços, levando a crer que a maior parte dos proprietários de VE possam ter instalado pontos de recarga em suas residências (ELLIS; RYPL, 2021).

A construção de uma rede de recarga adequada encontra diversas barreiras, dentre as quais se destacam a indefinição dos modelos de negócio aplicáveis às diferentes realidades mercadológicas do Brasil, a falta de infraestrutura básica e baixa adequação de certas partes da rede elétrica, a fragmentação e a desarticulação dos *players* que colocam em risco a interoperabilidade entre os sistemas, a falta de capacitação e de mão de obra qualificada para atuação na cadeia de valor, a impossibilidade tecnológica e a inviabilidade legal do fluxo bidirecional de energia e a falta de segurança jurídica e de ações do poder público que poderiam ajudar a contornar fatores críticos (ELLIS; RYPL, 2021).

Atualmente a recarga de VEs no Brasil é regulamentada pela Resolução Normativa nº 1.000/2021 da ANEEL (ANEEL, 2021), que prevê regras sobre a instalação dos pontos de recarga. A Resolução Normativa não define de forma exata os tributos que devem incidir, podendo se considerar o fornecimento da energia elétrica como uma circulação de mercadoria, incorrendo assim no Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), ou como uma prestação de serviço, incorrendo assim no Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS).

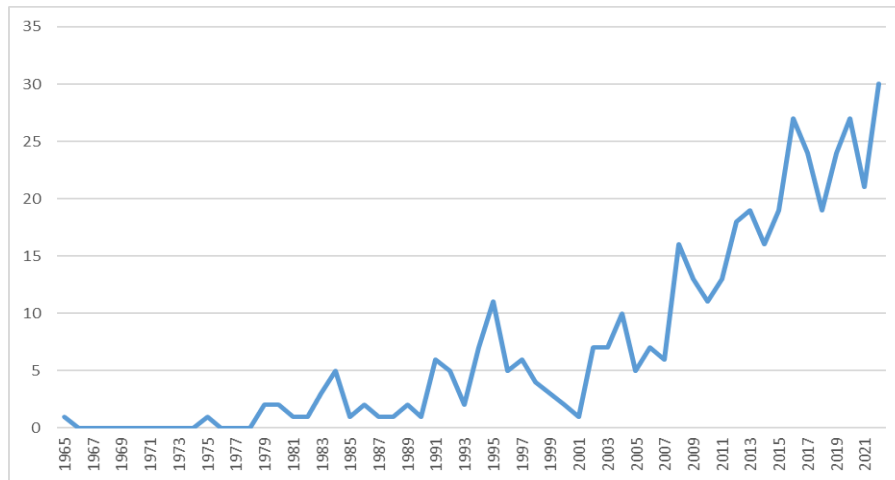
Essa incerteza figura entre os exemplos de insegurança jurídica que dificultam a expansão da infraestrutura de recarga no país.

Em muitos mercados ao redor do mundo o suporte financeiro e legal oferecido pelo governo para a instalação de infraestrutura de recarga mostrou-se crítico, com diversos países anunciando pacotes multibilionários de incentivo ao setor. No Brasil, até o momento, a ausência de um posicionamento nacional concreto contribui para o desenvolvimento tímido do setor (ELLIS; RYPL, 2021). Essa combinação de fatores apontam para a necessidade de se realizar uma análise aprofundada do mercado, compreendendo os aspectos estruturais que contribuem para seu estado atual. Nessa dissertação, essa análise é proposta a partir da integração de um Modelo Estrutura-Condução-Desempenho à Análise PESTAL.

Consultando as bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, realizando levantamento utilizando-se a *string* “*structure-conduct-performance*” foi identificado um total de 425 documentos uma vez excluídos os resultados duplicados entre as duas bases. As bases de dados mais comumente utilizadas para análises bibliométricas são as bases *Scopus*, *Web of Science* e *Google Scholar* (WANG; LIM; LYONS, 2019). Entretanto, o controle de qualidade da *Google Scholar* é menos rígido do que o das demais (CAMARASA et al., 2019). Assim, para garantir a qualidade dos metadados, optou-se por usar somente as bases *Scopus* e *Web of Science*.

A primeira publicação encontrada foi do ano de 1965 e, embora no período de 1965 a 1979 somente quatro publicações tenham sido encontradas, a partir de 1980 o volume de resultados começa a aumentar, chegando a um crescimento mais notável no período de 2001 a 2022, com uma queda entre 2004 e 2007. O volume de publicações ao longo do tempo pode ser observado na Figura 1.

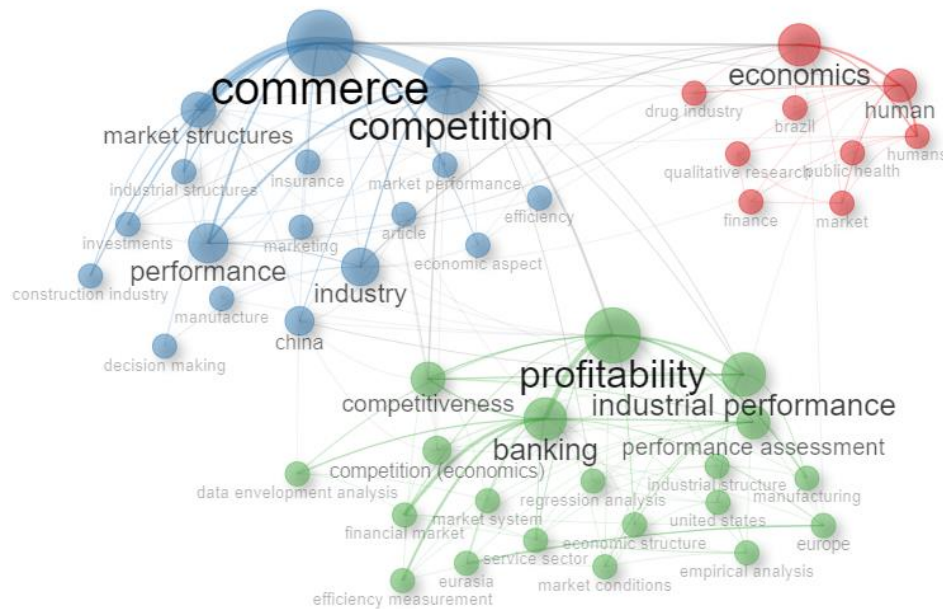
Figura 1 - Publicações utilizando o Modelo E-C-D ao longo do tempo



Fonte: Elaboração própria

As publicações atravessam diversas temáticas, mostrando que o modelo pode ser aplicado na análise de mercados de naturezas distintas. Entre as palavras de maior recorrência destacam-se *commerce*, *competition*, *profitability*, *performance*, *economics*, *industry*, *industrial performance*, *market structures* e *competitiveness*. A co-ocorrência temática das publicações pode ser observada na Figura 2.

Figura 2 - Co ocorrência temática das publicações



Fonte: Elaboração própria utilizando Bibliometrix

No setor de transportes o método já foi usado para analisar a organização do transporte público urbano em áreas metropolitanas do oeste europeu (COSTA, 1996), a conexão entre o uso de tecnologias de informação e comunicação, a estrutura do mercado e a dinâmica de inovação no setor de transporte e serviços logísticos na Europa (HIDALGO; LÓPEZ, 2009), o papel de stakeholders na integração e sustentabilidade do transporte marítimo (YUEN et al., 2020) e até mesmo a eficiência técnica e o modelo de negócios de aeroportos regionais na Tailândia (CHUTIPHONGDECH, 2021).

Costa (1996) examinou, em seu trabalho, as mudanças estruturais do transporte público urbano em um contexto em que esse serviço se tornava mais orientado ao mercado como consequência da administração Thatcher na Inglaterra. A análise fez uso de quatro modelos de organizações, incluindo um modelo no qual o serviço de transporte era oferecido por empresas privadas de ônibus em um mercado competitivo com intervenção estatal limitada.

A análise de estrutura fez uso de dados públicos sobre os serviços prestados pelas operadoras, identificando a participação percentual de cada uma no mercado. Os demais aspectos da estrutura do mercado (diferenciação do produto, barreiras à entrada, integração funcional, integração vertical, nível de dedicação à atividade) foram simulados de acordo com as premissas dos diferentes modelos. A análise de conduta consistiu na simulação de diferentes cenários, considerando estratégia de gestão e objetivos, políticas e procedimentos de precificação (COSTA, 1996).

A análise de desempenho considerou a eficiência produtiva e alocativa dos recursos, assim como o progresso (introdução de novas soluções técnicas na oferta do serviço de transporte). Para cada modelo esses dois aspectos foram avaliados como Lento, Lento/rápido ou Rápido. Terminadas as análises o autor classificou o sistema de transporte de 19 cidades de diferentes países do oeste europeu como pertencentes a cada um dos modelos (COSTA, 1996).

Hidalgo e López (2009) tinham como objetivo descrever como empresas europeias na indústria de transporte e logística usavam tecnologia de informação e comunicação em seus negócios, e o impacto desse uso no desenvolvimento das empresas e da indústria como um todo. O impacto foi analisado utilizando o modelo estrutura-conduta-desempenho estendido como um *framework* conceitual.

Na análise de estrutura os autores citaram políticas macroeconômicas, e formularam diversas hipóteses a partir de informações levantadas na literatura. O mesmo processo foi realizado para a análise da conduta. Para testar as hipóteses os autores coletaram informações através de *surveys* realizados nos Estados Unidos e em sete países da Europa. Essas informações foram utilizadas na realização de diferentes regressões realizadas de maneira independente entre si (HIDALGO; LÓPEZ, 2009).

Yuen et al. (2020) aplicaram o modelo estrutura-conduta-desempenho para analisar os efeitos da participação de diferentes *stakeholders* na integração da sustentabilidade e na performance organizacional de empresas de transporte marítimo. De forma semelhante a Hidalgo e López (2009) os autores criaram hipóteses baseadas na literatura, realizaram um levantamento de dados através de *surveys* e utilizaram esses dados para realizar diferentes regressões, testando as hipóteses formuladas.

Chutipongdech (2021), por sua vez, tinha como objetivo analisar os aeroportos locais e regionais da Tailândia do ponto de vista das empresas e da indústria como um todo, determinar os fatores que afetavam a eficiência técnica do aeroporto, desenvolver um *framework* para a construção de modelos de negócio para aeroportos locais e regionais e desenvolver modelos de negócio inovadores para aeroportos locais e regionais no país.

O autor incorporou uma Análise Política, Econômica, Social, Tecnológica, Ambiental e Legal (PESTAL) ao modelo estrutura-conduta-desempenho combinado a um método de Análise Hierárquica, ou AHP (do inglês *Analytic Hierarchy Process*) para a análise da indústria e a Análise Envoltória de Dados, ou DEA (do inglês *Data Envelopment Analysis*) para a análise a nível das empresas. Uma pesquisa exploratória dos documentos foi realizada, ainda, para formular o *framework* para os modelos de negócios.

No contexto dos VEs não foi encontrada aplicação direta de um modelo ECD. Entretanto, estudos voltados para a análise da estrutura do mercado (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022), a conduta das organizações (BOHNSACK; PINKSE; KOLK, 2014) e até mesmo análises combinadas de conduta das organizações e políticas sobre o desempenho das organizações (JANG; KIM; LEE, 2018). Assim, essa dissertação fará uso de um modelo ECD, integrado a uma Análise PESTAL para analisar o mercado brasileiro de VEs no contexto de veículos leves.

## 1.2 OBJETIVOS

Essa dissertação possui um objetivo geral que pode ser desdobrado em objetivos específicos. Esses objetivos estão detalhados nas subseções 1.2.1 e 1.2.2.

### 1.2.1 Objetivo geral

Essa dissertação tem como objetivo geral avaliar o mercado brasileiro de VEs, com foco em veículos leves, no contexto do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, chamada pública 22 de 2018, a partir da integração de um Modelo Estrutura-Condução-Desempenho (E-C-D) à Análise PESTAL. O crescimento da adoção de ônibus, caminhões e outros veículos pesados comerciais elétricos não será considerado na presente dissertação devido às diferenças na curva de expansão desses veículos em relação aos veículos leves, motivada por políticas públicas, metas de redução de emissão empresariais e acesso a infraestrutura de recarga diferenciados.

### 1.2.3 Objetivos específicos

Os objetivos específicos dessa dissertação são:

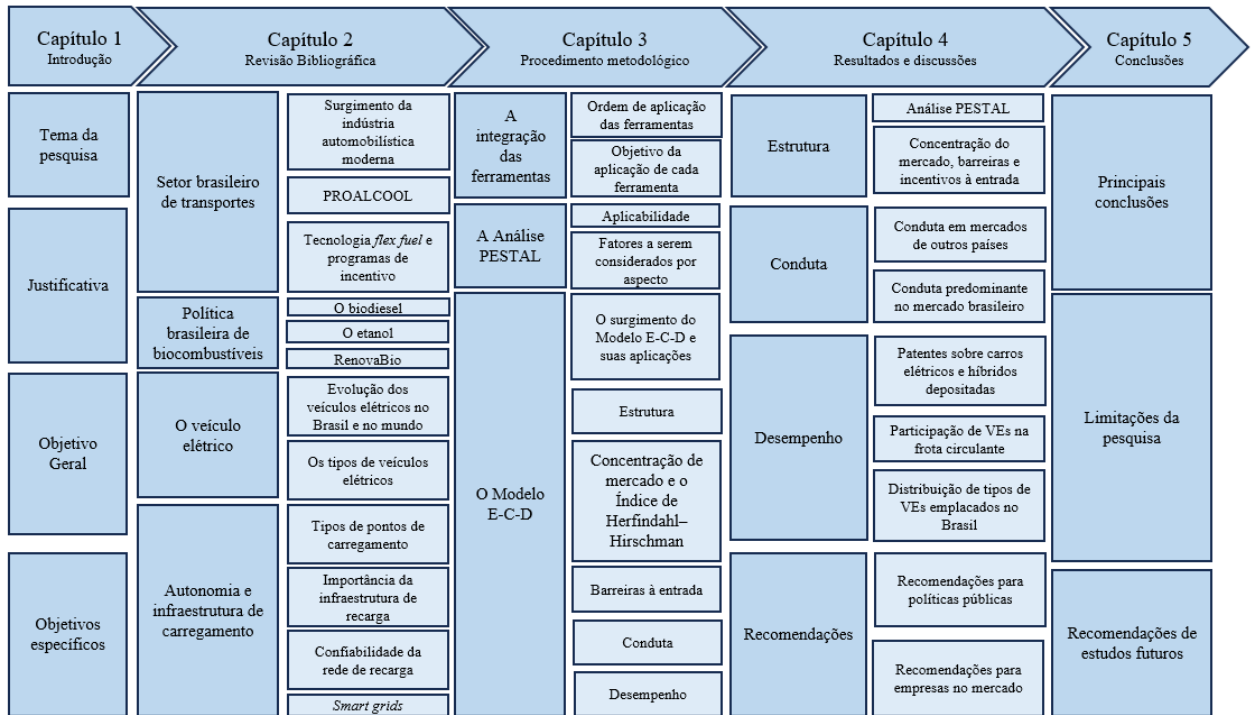
- Identificar as principais políticas públicas voltadas para a expansão do mercado de VEs leves no Brasil e os ganhos gerados por elas;
- Avaliar a concentração no mercado brasileiro de VEs;
- Compreender as principais barreiras à entrada no mercado brasileiro de VEs;
- Analisar a estratégia das principais empresas do mercado de VEs e os seus possíveis impactos sobre a evolução do mercado brasileiro;
- Avaliar o desempenho do mercado brasileiro de VEs;
- Fazer recomendações para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil à luz das análises anteriores e da experiência internacional.
- Produzir um modelo a partir da integração da Análise PESTAL ao Modelo E-C-D que possa ser utilizado para a análise de outros setores.

## 1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em cinco capítulos, incluindo o presente *Capítulo 1 – Introdução*. A Figura 3 representa a estrutura desta dissertação.



Figura 3 - Estrutura da dissertação



Fonte: Elaboração própria

O *Capítulo 2* foi dividido em quatro seções. A primeira delas é destinada a apresentar o histórico da indústria automobilística brasileira desde o seu princípio até o presente momento. Essa seção destaca as fases da indústria no país e as políticas adotadas na busca por fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis, incluindo os diversos programas de incentivo a adoção de biocombustíveis desenvolvidos no país. Devido a relevância desses programas, a segunda seção do capítulo apresenta brevemente os biocombustíveis adotados e discute o RenovaBio – a mais recente política de incentivo a adoção de biocombustíveis no país – e as oportunidades e riscos que derivam do programa. A terceira seção do capítulo debruça-se sobre os VEs, apresentando seu histórico de criação e evolução no Brasil e no mundo (no qual aborda os desafios mais comuns à expansão da frota elétrica) e os tipos mais comuns de VEs. A quarta seção trata das temáticas de autonomia dos VEs e infraestrutura de recarga, diferenciando os tipos de pontos de recarga e a importância da infraestrutura para a maior adoção dos VEs.

No *Capítulo 3 – Procedimento Metodológico* é apresentado o modelo construído a partir da integração da Análise PESTAL ao Modelo E-C-D. O capítulo foi dividido em quatro seções. A primeira seção trata da integração das ferramentas escolhidas para a presente dissertação. A

segunda seção explora o surgimento do modelo E-C-D. A terceira seção apresenta a Análise PESTAL e, a quarta seção, apresenta o Modelo E-C-D de forma mais detalhada. O modelo conta com a análise do arcabouço de políticas públicas referentes ao mercado à luz da experiência internacional, com o cálculo do Índice de Herfindahl–Hirschman (IHH) para análise de concentração de mercado e com uma análise das principais barreiras à entrada.

No *Capítulo 4 – Resultado e Discussões* são apresentados os principais resultados da dissertação. Inicialmente, é analisada a estrutura do mercado. Para isso é utilizada uma análise PESTAL e são consideradas a concentração do mercado, a ser medida e interpretada a partir do IHH, e as barreiras à entrada. Seguimos, então, para a análise da conduta do mercado, a ser interpretada a partir da estratégia das empresas detentoras da maior fatia de mercado e, por fim, analisamos o desempenho. Ao final do capítulo são feitas, ainda, recomendações para a maior adoção de VEs no Brasil a partir dos resultados obtidos.

O quinto e último capítulo da dissertação, o *Capítulo 5 – Conclusões, Limitações e Recomendações para Futuros Estudos* apresenta as principais conclusões da presente dissertação relativas aos fatores determinantes da atual configuração do mercado brasileiro de VEs e indica possibilidades para a sua expansão. Em seguida, o capítulo trata das principais limitações do modelo aplicado e das análises realizadas a partir dele, sugerindo recomendações para futuros estudos nesse campo de pesquisa.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Nesse capítulo será explorado o contexto da indústria automobilística no Brasil, de maneira a facilitar a compreensão do mercado no qual os VEs se inserem. Para isso, a primeira seção será voltada para a apresentação do histórico do setor no Brasil, apresentando algumas das principais políticas adotadas pelo governo para estimular a indústria e lidar com os desafios que se apresentaram ao longo de seu desenvolvimento. Entre os desafios abordados encontram-se a flutuação dos preços e a dependência da importação do petróleo, a defasagem tecnológica do setor em relação ao mercado externo e a necessidade de redução das emissões de GEE.

A segunda seção tratará da política brasileira de biocombustíveis. Essa seção será subdividida em três, sendo a primeira e a segunda dedicadas a apresentar respectivamente o etanol e o biodiesel como opções de biocombustível, a terceira dedicada a apresentar o RenovaBio, como a mais recente política brasileira de incentivo à adoção de biocombustíveis. A terceira seção tratará dos VEs, seu surgimento e evolução no mundo e especialmente no Brasil, os principais obstáculos à expansão da frota de VEs, os benefícios em potencial da expansão da frota de VEs no Brasil e os diferentes tipos de VEs que existem.

A quarta seção tratará da infraestrutura de recarga e da autonomia dos VEs, explorando a relação entre essas duas restrições para a expansão da adoção dos VEs, diferenciando os tipos de pontos de recarga e a importância da infraestrutura para a maior adoção dos VEs.

### **2.1 O SETOR BRASILEIRO DE TRANSPORTES**

O mercado de automóveis no Brasil se iniciou com a entrada da Ford em 1919 e da General Motors (GM) em 1925 (AMATUCCI; SPERS, 2010). A indústria automobilística brasileira moderna, entretanto, só seria criada na década de 1950 a partir do Plano de Metas (1954-1958) que resultou da visão desenvolvimentista do presidente Juscelino Kubitschek e criou as bases de uma cadeia produtiva que contribuiu para a construção de uma nova estrutura da economia brasileira (DE CASTRO; BRANDÃO; MOSZKOWICZ, 2021).

O Plano de Metas resultou no decreto nº39.412 de 16 de junho de 1956, que criou o Grupo Executivo da Indústria Automobilística (GEIA). O decreto estabeleceu as diretrizes básicas da indústria automobilística brasileira, auxiliando a iniciativa privada nacional e estrangeira com

estímulos comerciais, fiscais, creditícios e cambiais (BRASIL, 1956). A Volkswagen iniciou a produção no país em 1953, e a Fiat se instalou em 1974 (AMATUCCI; SPERS, 2010). Graças às políticas adotadas, a produção de veículos no Brasil passou de cerca de 30000 unidades no ano de 1957 para 729782 unidades em 1973 (ANFAVEA, 2022).

Em 1973 a economia brasileira sofria com a alta da inflação, com o acúmulo de dívidas e com o enfraquecimento da moeda, quando foi atingida pela crise do petróleo (AMATUCCI; SPERS, 2010). Na época, o país dependia da importação de petróleo para suprir a demanda interna, importando cerca de 80% do petróleo necessário (DUARTE; RODRIGUES, 2017). Para reduzir essa dependência o governo deu início ao programa PROALCOOL, foi sancionado em 1975 (AMATUCCI; SPERS, 2010).

O programa tinha como objetivo substituir o consumo da gasolina pura pelo de uma gasolina misturada com uma proporção de 10% a 15% de etanol. O propósito da mistura era estimular a produção de etanol no país e reduzir a dependência da importação de petróleo e seus derivados sem que grandes adaptações precisassem ser feitas nos motores dos veículos. Essa política segue em vigor até hoje, com a proporção de etanol na gasolina tendo atingido 25% no ano de 2007 (AMATUCCI; SPERS, 2010).

O PROALCOOL iniciou, ainda, as pesquisas para a criação de um motor movido exclusivamente a etanol. Em 1978 a Fiat lançou o primeiro veículo movido a etanol, e o Presidente Figueiredo assinou um protocolo convidando outras empresas da indústria automotiva a fazerem parte do programa (AMATUCCI; SPERS, 2010).

No meio da década de 1980 mais de 90% dos veículos leves produzidos eram movidos a etanol, caracterizando a época como o pico de produção de veículos desse tipo no país. O crescimento da demanda por etanol fez com que, em 1989, houvesse uma escassez de oferta, levando a insegurança por parte dos consumidores. Com a queda eventual do preço do petróleo e de seus derivados o incentivo econômico para usar veículos movidos a etanol deixou de existir, e as vendas de carros movidos a etanol passaram a representar somente 4% do total em 1994 e 0,56% do total em 1996 (AMATUCCI; SPERS, 2010).

O cenário da crise econômica vivida pelo país durante a década de 1980 e início da década de 1990 combinado ao mercado fechado e de pouco crescimento levou a uma queda nos

investimentos em tecnologia. O presidente abriu, então, o mercado para importações, levando a indústria automobilística brasileira a sua pior crise (MARX; MAROTTI DE MELLO, 2014).

Durante a década de 1990 começaram a ser comercializados no país carros com motores de funcionamento híbrido, que funcionavam tanto com o etanol quanto com a gasolina. Essa inovação mudou o processo de escolha entre o etanol e a gasolina (AMATUCCI; SPERS, 2010), que deixava de ser uma escolha de longo prazo a ser feita no momento da compra do carro e passava a poder ser feita no momento do abastecimento de acordo com a preferência do motorista no momento. Nesse período foi feita, ainda, uma série de acordos com o intuito de modernizar a indústria (DUARTE; RODRIGUES, 2017).

Os acordos incluíam diversos atores, como o governo, sindicatos, representantes da indústria automobilística, distribuidoras de veículos e fornecedores de peças. O primeiro acordo foi assinado em 1992, e incluía aspectos como a redução do preço dos veículos, a estabilidade dos níveis de emprego e financiamento dos veículos. O segundo acordo, assinado em 1993, tinha como foco a produção, o investimento na indústria, aumento dos salários, a redefinição de regras para a aquisição de ônibus e caminhões e uma redução nos impostos e na margem de lucro que levasse a uma redução no preço dos veículos. O acordo oferecia, ainda, incentivos fiscais na compra de carros populares. O terceiro acordo foi assinado em 1995, e tratava de questões comerciais, como uma consequência do aumento de importações que foi observado na época depois da criação do Mercosul (DUARTE; RODRIGUES, 2017).

No ano de 1995 a balança comercial experimentou um déficit de US\$2,2 bilhões. A produção já havia experimentado um crescimento devido aos acordos de 1992 e 1993, mas em 1994 se iniciou uma série de cinco anos de déficit da balança comercial. Para lidar com esse desequilíbrio, foi criado, através da Medida Provisória (MP) nº 1,024, que mais tarde seria convertida na Lei nº 9.449 de 14 de março de 1997, o Novo Regime Automotivo. O regime tinha duração prevista até 1999 e estendia benefícios a montadoras já presentes no país ou que viessem a se instalar durante o seu período de duração, com o objetivo de incentivar o investimento, produção e exportação de veículos. Impunha, ainda, limites às importações, proibindo que ultrapassassem as exportações líquidas (DOS SANTOS et al., 2021).

No período de 1991 a 1997 a produção nacional de veículos no Brasil ponderada pela produção mundial cresceu de forma contínua (ANFAVEA, 2022), apesar de um processo de significativa desindustrialização no país, mostrando que o crescimento do período não se devia somente a uma tendência global. Uma justificativa para esse crescimento são os acordos de 1992 e 1993 e o Novo Regime Automotivo, embora o Novo Regime não tenha sido capaz de manter a rota de crescimento até o final de sua vigência (DOS SANTOS et al., 2021).

Nos anos 2000 as fabricantes de veículos presentes no Brasil impulsionaram a tecnologia *flex*, aproveitando os canais de distribuição de etanol já existentes. O mercado do etanol se recuperou e a confiança dos consumidores cresceu graças aos veículos de motores híbridos, levando a fatia de mercado dos veículos *flex* a crescer de forma acentuada. Graças ao PROALCOOL, no ano de 2007 foi adotado o padrão de gasolina com 25% de etanol. Em 2008 o preço do barril de petróleo chegou a US\$130,00, e os veículos *flex* representaram 85,6% dos carros novos no Brasil (AMATUCCI; SPERS, 2010).

Em 2005 foi lançado, ainda, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) com grande foco em questões sociais e desenvolvimento regional. Baseado na experiência do PROALCOOL, o PNPB foi implementado através da Lei Federal 11.097 de 13 de janeiro de 2005. O consumo do biodiesel é estimulado por metas nacionais de consumo e medidas tributárias (SANDESH; UJWAL, 2021), e o programa estipulou uma quota inicial de 2% do diesel a ser substituído por biodiesel de 2008 a 2012, aumentando gradativamente e atingindo 15% em 2023 (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022)

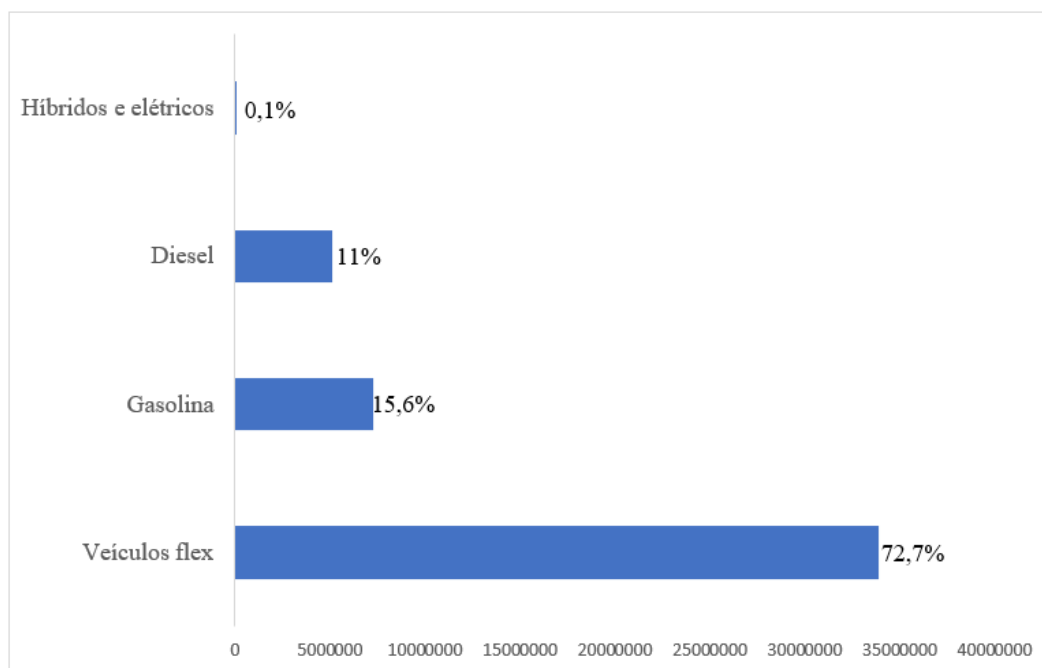
De 2005 a 2011, entretanto, as exportações de automóveis brasileiros sofreram uma queda expressiva, ao mesmo tempo que as importações cresceram, chegando ao maior nível de importação de automóveis da história do país em 2011. Em 2012 o governo federal iniciou um novo programa voltado para a indústria automotiva, intitulado Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto) (DOS SANTOS et al., 2021), instituído pela Medida Provisória nº 563 de 03 de abril de 2012, que foi posteriormente convertida na Lei nº 12.715, de 17 de setembro de 2012 (regulamentada pelo Decreto nº 7819 de 03 de outubro de 2012).

O novo programa vigorou no período de 2013 a 2017, e tinha como objetivo fomentar o desenvolvimento tecnológico, a inovação, a segurança, a eficiência energética, a proteção ao meio ambiente e a qualidade dos veículos e das autopeças (DOS SANTOS et al., 2021; MARX; MAROTTI DE MELLO, 2014). Com isso, buscava melhorar a competitividade do setor, incentivando empresas a desenvolverem e produzirem localmente veículos que fossem mais seguros e consumissem menos combustível. Foi a primeira vez em que o governo demandou uma contrapartida da indústria que não era diretamente relacionada a metas de produção, mas sim a melhoria das competências ligadas à tecnologia e ao desenvolvimento do produto (MARX; MAROTTI DE MELLO, 2014).

Em 2019 a cadeia produtiva da indústria automobilística brasileira era composta por 65 plantas industriais de propriedade de 26 grupos econômicos das principais marcas mundiais e 473 empresas de autopeças, com cerca de 100 mil empregos diretos e 1,2 milhão indiretos, representando 3% do Produto Interno Bruto (PIB) e 18% da indústria de transformação, com 38 milhões de automóveis em uma frota total de 45 milhões de veículos (DE CASTRO; BRANDÃO; MOSZKOWICZ, 2021).

Ao mesmo tempo, o setor de transportes foi responsável por aproximadamente 32,5% do consumo energético do país em 2021 e 44,4% do total de emissões do setor de energia (EPE, 2022). O Brasil é altamente dependente do transporte rodoviário (BARAN; LEGEY, 2013), e a frota de veículos em 2021 chegou a 46,6 milhões de unidades, incluindo carros, caminhões comerciais leves e ônibus (SINDIPEÇAS, 2022). A distribuição dos combustíveis utilizados pela frota brasileira pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 - Frota brasileira circulante em 2021



Fonte: Adaptado de Sindipeças (2022)

No Brasil a principal fonte de energia do setor de transporte são os derivados do petróleo, reconhecidos como uma grande fonte de emissão de gases poluentes e cujo preço doméstico sofre flutuações devido a acontecimentos do cenário internacional e de políticas internas (GRANGEIA; SANTOS, 2020, 2021b).

Entre 2005 e novembro de 2022 as exportações brasileiras de petróleo corresponderam a 31% da produção, enquanto as importações atingiram a média de 14%. Entre 2013 e 2014 a produção nacional cresceu de 2 milhões para 2,3 milhões de barris por dia, iniciando um período de crescimento das exportações e redução das importações (IBP, 2023). O país, entretanto, continua dependendo de importação para suprir suas necessidades internas (GRANGEIA; SANTOS, 2021b).

O parque de refino brasileiro não é capaz de refinar grande parte do petróleo produzido internamente. O petróleo brasileiro é mais pesado quando comparado ao importado, e as refinarias brasileiras foram construídas para processar óleos mais leves (GRANGEIA; SANTOS, 2021b). As oscilações de preço do combustível são agravadas, ainda, pela política de preços adotada pela Petrobras desde 2016, assumindo paridade com o mercado internacional (PETROBRAS, 2016).



Essa prática faz com que os preços do petróleo doméstico e seus derivados dependam do câmbio, do preço no mercado internacional e da burocracia portuária fiscal, entre outras variáveis macroeconômicas (GRANGEIA; SANTOS, 2021b). No ano de 2022, por exemplo, o preço internacional do petróleo subiu como consequência da redução na oferta de petróleo causada pela guerra entre a Rússia e a Ucrânia, afetando o Brasil por causa da sua política de preços de pareamento do preço interno com o preço internacional (NONNENBERG; MARTINS, 2022).

O preço do etanol, que poderia ser uma alternativa para os veículos *flex*, normalmente acompanha as altas da gasolina, além de flutuar na entressafra da cana-de-açúcar e ser afetado por estiagens e outros fatores que impactem a produção agrícola. As flutuações sofridas pela gasolina, pelo diesel e pelo etanol influenciam as políticas de abastecimento e aumentam a insatisfação do consumidor final (GRANGEIA; SANTOS, 2021b).

Aumentar a participação da eletricidade na matriz de transportes brasileira contribuiria para a segurança energética e para a redução das emissões do setor (GRANGEIA; SANTOS, 2021b), considerando que a matriz elétrica brasileira é 44,7% renovável, figurando acima da média global (EPE, 2022). Os VEs contribuem, ainda, para a redução da poluição sonora, especialmente nas grandes cidades (CONSONI et al., 2018).

Os ganhos ambientais oferecidos pelos VEs motivaram a adoção do objetivo global de atingir 100 milhões de VEs e 400 milhões de veículos de duas ou três rodas até 2030, firmado na Declaração de Paris sobre Mobilidade Elétrica e Alterações Climáticas e o Chamado para Ação na 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 21) (UNFCCC, 2015).

A NDC brasileira, entretanto, afirma uma estratégia de redução das emissões do setor de transporte baseada na adoção em larga escala de biocombustíveis. No documento final submetido em março de 2022 é citado o crescimento na produção de biocombustíveis graças ao RenovaBio como uma das ações para a redução das emissões de GEE (BRASIL, 2022).

## 2.2 A POLÍTICA BRASILEIRA DE BIOCOMBUSTÍVEIS

A estratégia de redução das emissões do setor de transportes no Brasil é baseada na adoção em larga escala de biocombustíveis (BRASIL, 2022), dando continuidade a tendência iniciada pelo PROALCOOL (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022). A produção de combustíveis a partir

de biomassa tem o potencial de não só reduzir as emissões, mas capturar CO<sub>2</sub> da atmosfera durante o processo devido à fixação de CO<sub>2</sub> durante a fotossíntese.

O Brasil é capaz de desenvolver cadeias de valor complexas nessa área, o que configura uma vantagem competitiva (GRASSI; PEREIRA, 2019). Os principais biocombustíveis adotados no Brasil são o álcool, mais especificamente o etanol, e o biodiesel.

### 2.2.1 O etanol

O álcool é um biocombustível que pode ser produzido a partir de diversos produtos agrícolas e apresenta maior octanagem que a gasolina. Os combustíveis a base de álcool podem ser divididos entre metanol e etanol (DOĞAN; EROL, 2019), sendo o etanol um dos principais biocombustíveis utilizados no Brasil.

O etanol é uma alternativa renovável de combustível que pode ser produzida a partir de qualquer fonte biológica que possa ser convertida em açúcar, como cana-de-açúcar, beterraba, trigo, milho e batata. É um composto químico inflamável, incolor e levemente tóxico, com ponto de ebulição de 78,5°C e ponto de congelamento de -114,1°C (DOĞAN; EROL, 2019).

Pode ser misturado com a gasolina até certas proporções resultando em um combustível que pode ser utilizado por motores a combustão interna sem necessidade de alterações no design no motor, com as proporções mais comumente utilizadas sendo E10 (10% etanol - 90% gasolina sem chumbo) e E85 (85% etanol - 15% gasolina sem chumbo) (DOĞAN; EROL, 2019).

Como o etanol é um combustível de alta octanagem ele pode ser adicionado ao combustível no lugar do chumbo para melhorar a sua octanagem, melhorando a eficiência do combustível e o desempenho do motor. A presença de oxigênio na estrutura do etanol e a sua baixa temperatura de combustão resultam, ainda, em uma emissão menor de óxido de nitrogênio e monóxido de carbono (ERDIWANSYAH et al., 2019).

A produção brasileira de etanol utiliza como principal matéria-prima variedades da cana-de-açúcar, que apresenta uma taxa alta de captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera em seu processo de fotossíntese (SILVA, 2017). O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar - destinando 1% do seu território para o cultivo - e responsável por 40% da produção global (GRASSI; PEREIRA, 2019). Essa produção gera 35,48 milhões de toneladas de açúcar e 28,16 bilhões de litros de

etanol, além de 25,482 GW h de eletricidade (UNICA – União da Indústria de cana-de-açúcar, apud GRASSI; PEREIRA, 2019).

### 2.2.2 O biodiesel

O primeiro biodiesel funcional de que se tem registro foi um diesel produzido a base de óleo de amendoim na década de 1900. O biodiesel é um biocombustível que pode ser produzido a partir de diversos óleos vegetais - novos ou reutilizados – e de gordura animal, com diferença de performance em relação ao diesel tradicional entre 1% e 5%. A composição naturalmente gordurosa do biodiesel contribui para que o motor se mantenha lubrificado, e o combustível produz menos fuligem do que o diesel tradicional durante o processo de combustão. Assim, a utilização do biodiesel contribui para a o aumento da vida útil do motor (DOĞAN; EROL, 2019).

A demanda pelo biodiesel tende a crescer em períodos de alta do preço do petróleo, e existe uma expectativa de que ela cresça ainda mais no futuro com a escassez e o abandono gradual da utilização de combustíveis baseados em petróleo. O biodiesel pode ser usado diretamente em veículos movidos a diesel ou em misturas de biodiesel e diesel em certas proporções. Na Europa e nos Estados Unidos misturas de diesel e biodiesel são vendidas diretamente em postos de abastecimento (GODRI POLLITT et al., 2019).

### 2.2.3 RenovaBio - Riscos e oportunidades da expansão dos biocombustíveis no Brasil

O governo brasileiro instituiu através da Lei 13.576/2017 de 26 de dezembro de 2017 a Política Nacional de Biocombustíveis, que foi nomeada RenovaBio (BRASIL, 2017). A política idealizada em um cenário de crescimento econômico e de aumento do consumo de combustíveis se iniciou oficialmente em dezembro de 2019 (MME, 2017), com o objetivo de incentivar a expansão da produção de etanol e melhorar o custo-benefício do etanol em relação a gasolina (PAVLENKO; ARAUJO, 2019).

O RenovaBio baseia-se em uma metodologia que pretende internalizar as externalidades com o objetivo de atingir metas ambientais, além de incentivar a expansão da produção de biocombustíveis e o seu uso no setor de transportes (GONÇALVES et al., 2021; GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; STATTMAN; HOSPES; MOL, 2013). A política inclui mecanismos de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), comercialização e previsão do mercado de combustíveis,

além de potencializar a segurança energética nacional e reduzir as emissões de GEE do setor de transportes (MME, 2017).

Assim, o programa materializa a estrutura institucional incentivadora do aumento da produção de biocombustíveis valorando as externalidades ambientais geradas para a produção eficiente e uso desses produtos, sem gerar impactos ou oferecer subsídios que onerem as finanças públicas (GRANGEIA; SANTOS, 2020).

O primeiro passo do programa foi a definição de metas de redução de intensidade de carbono da matriz a serem atingidas através da combinação de combustíveis fósseis com biocombustíveis (GRASSI; PEREIRA, 2019). As metas de redução de emissões foram definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) na resolução N° 15 de 24 de junho de 2019 para o período de 2019 a 2029 (MME, 2019a). A resolução da Agência Nacional do Petróleo (ANP) N° 791/2019 de 12 de junho de 2019 subdividiu essas metas em metas anuais obrigatórias para distribuidoras de combustível de acordo com a sua participação no mercado de combustíveis fósseis (MME, 2019b).

As metas anuais expressam volumes de CO<sub>2</sub> que devem deixar de ser emitidos através da adoção de combustíveis renováveis. Cada tonelada de CO<sub>2</sub> corresponde a um crédito de redução de emissão (CBIO), referente a emissões evitadas pela produção de biocombustíveis (GONÇALVES et al., 2021; GRASSI; PEREIRA, 2019). As distribuidoras de combustíveis fósseis poderão atingir suas metas de descarbonização obtendo CBIOs no mercado de ações (GRASSI; PEREIRA, 2019).

Para garantir a confiabilidade dos CBIOs uma empresa especializada em inspeção deve avaliar os produtores ou importadores de biocombustíveis baseando-se na calculadora do programa, chamada *RenovaCalc*, para que os produtores ou importadores possam emitir CBIO. A *RenovaCalc* considera, entre outros aspectos, a rota de produção, o método de produção e critérios de elegibilidade da biomassa (GONÇALVES et al., 2021), e define a intensidade de emissão de carbono do biocombustível produzido (GRASSI; PEREIRA, 2019).

Esse mecanismo incentiva os produtores a serem mais eficientes, estimulando o desenvolvimento e a adoção de novas tecnologias que aumentem a produtividade agrícola e a eficiência do maquinário, além da substituição de fertilizantes. Assim, o *RenovaBio* tem

potencial de estimular o surgimento de novos negócios, especialmente de *startups* de perfil tecnológico (GRASSI; PEREIRA, 2019).

A maior inovação do programa, quando comparado a programas equivalentes de outros países, é a inclusão de diversos biocombustíveis no sistema, realizada avaliando a sua intensidade de carbono em comparação a intensidade de carbono do combustível fóssil de referência. Assim, torna-se mais fácil para diferentes produtores gerarem CBIOS que serão direcionados para um mercado de ações e comercializados livremente (GRASSI; PEREIRA, 2019).

A comercialização dos CBIOS no mercado de ações os transforma em um tipo de moeda que pode ser altamente valorizada no mercado secundário ao mesmo tempo em que contribui para a mitigação das emissões de GEE. Assim, a valorização dos CBIOS aumenta o valor dos biocombustíveis, que passa a ser calculado somando-se o valor do produto financeiro ao valor do produto físico, incentivando a produção de maiores volumes de biocombustíveis (GRASSI; PEREIRA, 2019).

Até o momento mais de 200 produtores foram admitidos no RenovaBio (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022). Entretanto, o mecanismo e a expansão do uso de biocombustíveis podem levar a utilização excessiva de recursos naturais e ao aumento de emissões de forma indireta (MARX; MAROTTI DE MELLO, 2014; PAVLENKO; ARAUJO, 2019).

Aproximadamente 40 bilhões de litros de biocombustíveis foram consumidos no Brasil em 2018, e existe expectativa de que o RenovaBio aumente esse consumo. (PAVLENKO; ARAUJO, 2019). A adoção em larga escala de veículos *flex*, incentivada pelo Inovar-Auto, garantiu uma grande fatia de mercado para blends de etanol (ICCT, 2015), e o programa Rota 2030, que tem como objetivo substituir o Inovar-Auto, continuará a oferecer flexibilidade nos impostos para veículos *flex* até 2032 (BRASIL, 2018).

Ao mesmo tempo, o governo federal apoia a produção de biodiesel através da adoção de um piso de preço estabelecido através de um sistema de leilão reverso operado através da ANP. Nesse leilão os produtores de biodiesel vendem lotes para compradores. Essa política impõe que atores vinculados pelas metas de adoção de biodiesel, tais como distribuidoras de diesel tradicional, comprem o combustível no preço estipulado por esses leilões (PAVLENKO; ARAUJO, 2019). A expansão acelerada da produção de biodiesel é acompanhada pelo

crescimento da produção de soja, responsável pela matéria-prima de aproximadamente 70% da produção de biodiesel em 2019 (ANP, 2021).

O RenovaBio inclui critérios de sustentabilidade para evitar a inclusão de biocombustíveis que utilizem matéria-prima cultivada em terras de alta emissão de carbono ou provenientes de desmatamento. Essas medidas desencorajam o desmatamento para a produção de matéria-prima de biocombustíveis, entretanto, não conseguem prevenir a expansão do uso de terras para fins agrícolas gerado indiretamente pelo aumento na demanda por alimentos (PAVLENKO; ARAUJO, 2019).

O programa contabiliza a emissão de GEE durante o ciclo de vida para avaliar o impacto dos combustíveis. Entretanto, a metodologia não considera as emissões resultantes de mudanças no uso do solo causadas indiretamente pelo aumento da produção de biomassa para a produção de biocombustíveis. Mesmo quando a matéria-prima dos biocombustíveis é cultivada em terras que já eram destinadas para a agricultura, não gerando nenhum desmatamento diretamente, o crescimento da demanda por produtos agrícolas aumenta o preço das *commodities*, incentivando a expansão da fronteira agrícola em outras regiões e gerando emissões que podem ser atribuídas ao aumento da demanda por biocombustíveis (PAVLENKO; ARAUJO, 2019).

## 2.3 O VEÍCULO ELÉTRICO

Com o avanço das mudanças climáticas, a busca por alternativas de substituição de veículos à combustão interna tem se acelerado, com os VEs sendo considerados na Europa desde 2005 (SANTOS; GRANGEIA, 2021) e atingindo quase 10% dos carros vendidos ao redor do mundo em 2021 (IEA, 2022).

Apesar do crescimento atual dos VEs, eles não são uma tecnologia de concepção recente (HØYER, 2008). Essa seção se dedica a explorar a evolução dos VEs, compreendendo os obstáculos que impossibilitaram sua adoção em larga escala em diferentes momentos da história e descrevendo os principais tipos de VEs existentes no mercado.

### 2.3.1 Evolução dos veículos elétricos no Brasil e no mundo

Os VEs foram concebidos no final do século XIX. Nesse período havia três tipos de carros competindo para assumir o controle do mercado de mobilidade: o carro elétrico, o carro com

motor a vapor, e o carro de combustão interna movido a gasolina. De 1899 a 1990 o carro elétrico superou os outros dois em volume de vendas nos Estados Unidos, atingindo o seu pico de vendas em 1912. A partir de 1909, entretanto, o lançamento do Ford-T fez com que os modelos de combustão interna ganhassem espaço no mercado, oferecendo boa performance e preço mais acessível (HØYER, 2008).

O público consumidor demandava recargas mais rápidas e maior autonomia dos carros elétricos para viagens mais longas. Diversas tecnologias foram desenvolvidas na época com o intuito de solucionar esses dois problemas, incluindo sistemas de troca rápida de bateria dos carros. Nesse contexto, foi desenvolvido o conceito da frenagem regenerativa – na qual o motor elétrico atuava como um gerador em descidas, utilizando o freio motor para desacelerar o carro e absorver a energia para recarregar a bateria – e do carro híbrido (HØYER, 2008).

Os veículos híbridos faziam uso da tecnologia de frenagem regenerativa e tinham a intenção de combinar o melhor dos motores a combustão e dos VEs. Os altos custos envolvidos na produção dos veículos híbridos impediram, entretanto, a sua expansão em mais larga escala, fazendo com que eles praticamente desaparecessem durante a Primeira Guerra Mundial (WAKEFIELD, 1998 *apud* HØYER, 2008). Durante a guerra veículos de combustão interna foram requisitados para os esforços de guerra na Europa, e houve escassez de gasolina. Nesse contexto, os VEs atingiram um pico de produção. Ao final da guerra, entretanto, os VEs voltaram a perder espaço para veículos movidos a motores de combustão interna (HØYER, 2008).

A combustão é uma reação que libera calor e subprodutos. O calor da combustão que acontece dentro do motor de um veículo movido a combustão interna é utilizada para impulsionar o veículo. Os subprodutos da reação são liberados na atmosfera. Os combustíveis utilizados pelos veículos são diversos tipos de hidrocarbonetos, cujas moléculas são compostas por átomos de carbono e hidrogênio. Em um cenário ideal, a combustão dos hidrocarbonetos gera somente água e dióxido de carbono. Nenhum motor de combustão interna consegue, entretanto, atingir um nível ideal de desempenho, gerando gases como NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CO e até mesmo hidrocarbonetos não queimados (HC). Todos esses gases são prejudiciais à saúde humana (EHSANI et al., 2005).

Na década de 1960 o agravamento de impactos ambientais observados trouxe de volta a discussão sobre a adoção dos VEs, sugerido como uma maneira de evitar as emissões de gases

poluentes, especialmente aqueles de impacto local, embora os veículos não tenham chegado a ser comercializados (SANTINI, 2011). Em 1972 o Clube de Roma publicou o livro *Limites do Crescimento*, apontando para os limites da utilização de recursos naturais não-renováveis (MEADOWS et al., 1972) e colocando em xeque a utilização indeterminada de combustíveis fósseis. No ano seguinte, o mundo ocidental foi atingido pela crise do petróleo de 1973.

Ao mesmo tempo, em todo o ocidente debatia-se a questão da energia nuclear. A combinação desses eventos fomentou as discussões sobre o desenvolvimento e a utilização de tecnologias baseadas em energias renováveis, reacendendo as atividades ligadas ao desenvolvimento de VEs. Antes do final da década, entretanto, elas foram abandonadas novamente (WAKEFIELD, 1994).

No final da década de 1980 a publicação do Relatório Brundtland colocou em circulação o termo desenvolvimento sustentável, definido como aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de atender as necessidades de gerações futuras (WCED, 1987). O conceito inaugurou um novo paradigma para as pautas ambiental e energética, das quais a energia para a mobilidade é um fator crucial a ser considerado, com a busca por tecnologias de transporte mais eficientes e de intensidade de emissões reduzida tendo papel central no cenário internacional atual (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

Os problemas relacionados a mobilidade não foram, entretanto, discutidos diretamente no Relatório Brundtland nem na Conferência da Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Eco 92, que tinha como objetivo dar continuidade ao debate iniciado pelo relatório.

O paradigma do desenvolvimento sustentável fomentou discussões e propiciou o acontecimento de inúmeras conferências e encontros de cúpula durante a década de 1990 que resultariam nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Os ODMs eram oito objetivos que tinham o intuito de reduzir a pobreza extrema, e foram instituídos em setembro de 2000 quando a ONU adotou a Declaração do Milênio da ONU. Nessa declaração os 189 Estados-membros da Assembleia Geral das Nações Unidas comprometeram-se com a concretização dos objetivos estipulados até o ano de 2015 (REZENDE, 2007).

Dando continuidade a essa tendência, em setembro de 2015 representantes dos 193 Estados-membros da ONU se reuniram novamente e se comprometeram com a Agenda 2030, que traz



consigo os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para promover o desenvolvimento sustentável ao redor do globo a partir da atuação de governos, da academia e de empresas. Entre os ODS constam objetivos de Energia Limpa e Acessível, Cidades e Comunidades Sustentáveis e Ação Contra a Mudança Global do Clima, mas nenhum dos objetivos trata especificamente de mobilidade.

A relação entre o uso de combustíveis fósseis e as mudanças climáticas já estava, entretanto, indicada no Relatório Brundtland (WCED, 1987). Em 2015, paralelamente a adoção da Agenda 2030, o Acordo de Paris mobilizou todos os seus signatários no combate às mudanças climáticas (ONU, 2015), e a Declaração e Chamado para a Ação de Paris sobre Eletromobilidade e Mudanças Climáticas (traduzido livremente da “*Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action*”) relacionou diretamente a expansão da mobilidade elétrica com o combate às mudanças climáticas (UNFCCC, 2015).

No Brasil os VEs têm alto potencial para reduzir as emissões do setor de transportes, dado o baixo fator de emissão da matriz elétrica brasileira (ELLIS; RYPL, 2021), composta 53,4% por hidrelétricas, 10,6% por energia eólica, 8,2% por biomassa e 2,5% por energia solar (EPE, 2022). Apesar desse potencial, a expansão dos VEs no Brasil ainda avança timidamente, enquanto novas políticas públicas voltadas para a expansão do uso de biocombustíveis são anunciadas (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022; GUIMARÃES et al., 2021)

Em escala global a indústria automobilística enfrenta, hoje, um processo de transformação radical. Alternativas para a mobilidade que substituam o atual modelo baseado no consumo de combustíveis fósseis concorrem para dominar o mercado, e os VEs têm se apresentado como fortes candidatos para solucionar os problemas ambientais locais e globais gerados pelo paradigma atual (CONSONI et al., 2018).

A história dos VEs não foi uma história linear marcada por inovações contínuas, mas sim uma história marcada por altos e baixos (HØYER, 2008). Embora os avanços e momentos de maior sucesso dos VEs tenham sido motivados por contextos diversos, os repetidos cenários de queda e até abandono da produção sempre foram marcados por fatores comuns: o alto custo das baterias, a baixa autonomia dos veículos, velocidades inferiores às dos veículos de combustão interna e tempos de recarga muito longos (GRANGEIA et al., 2023).

Apesar desses obstáculos, as vendas de VEs no ano de 2021 foram o dobro das vendas do ano anterior, chegando ao recorde de 6,6 milhões de unidades. Ilustrando o crescimento da fatia de mercado dos VEs, quase 10% das dos carros vendidos no ano ao redor do mundo eram elétricos (IEA, 2022). Esse avanço da mobilidade elétrica está levando a mudanças drásticas na indústria de baterias e potencializando a produção de baterias de íon-lítio. Essas mudanças só têm sido possíveis, entretanto, devido a alterações nos cenários de políticas públicas em diversos países, com destaque para a China, o Japão, a União Europeia e o Canadá (IEA, 2022b).

A expansão da mobilidade elétrica exige, ainda, que seja solucionado o problema da baixa autonomia e, assim, cresça a aceitação dos VEs por parte do público consumidor. Para isso é necessário que uma infraestrutura bem projetada e acessível seja implementada (CAPGEMINI, 2019). O planejamento e a implementação dessa infraestrutura podem fazer parte de estratégias construídas em parceria entre os setores público e privado (GRANGEIA et al., 2023), e dependem ainda de fatores como mudanças tecnológicas, políticas governamentais e o próprio planejamento das cidades (IEA, 2022a). O crescimento do estoque de VEs aumenta, ainda, o potencial de lucro das estações de recarga, possibilitando novos modelos de negócio envolvendo diferentes atores (CAPGEMINI, 2019)

Dessa maneira, o crescimento dos VEs é marcado pela atuação de atores em diferentes níveis do governo, e da instituição de políticas baseadas em um conjunto de instrumentos de racionalidades e finalidades complementares. A difusão dos VEs depende de esforços das esferas pública – implantando políticas voltadas à promoção dos VEs e construindo um arcabouço institucional que facilite sua efetivação como meio de transporte – e privada – entre os institutos de pesquisa e universidades com o setor produtivo (CONSONI et al., 2018).

O Brasil se apresenta como um mercado com grande potencial para os VEs, dado que é um dos principais mercados automotivos do mundo (JATO, 2021). Entretanto, os VEs não têm recebido no país a mesma atenção que receberam em países como China, Índia e Estados Unidos (BARAN; LEGEY, 2013). Um arcabouço regulatório e políticas públicas consistentes são necessários para promover a cooperação entre os setores público e privado e favorecer os investimentos em mobilidade elétrica, especialmente em países em estágios iniciais de eletrificação da frota como o Brasil (GUIMARÃES et al., 2021).

A dimensão do mercado automobilístico brasileiro vai pressionar a indústria nacional para que ela se integre a cadeia produtiva global, visto que o mercado local está subordinado a estratégias competitivas das matrizes mundiais. Essa estratégia, no momento, pode ser observada em três movimentos. O primeiro já se iniciou, e consiste na importação de VEs de diferentes tipos e preços. O segundo é a adequação da base produtiva nacional para VEs híbridos, seguindo a estratégia de amortização de ativos dos veículos a combustão, e por fim, o terceiro consiste na construção de plataformas de VEs puros integrados à base produtiva globalizada permitindo a exportação de componentes (DE CASTRO; BRANDÃO; MOSZKOWICZ, 2021).

O ritmo dessas mudanças será ditado por diversos fatores, como a evolução da conjuntura econômica brasileira, o grau de desenvolvimento da escala produtiva mundial e políticas públicas de incentivo à mobilidade elétrica. A difusão dos VEs é, entretanto, irreversível, dados os compromissos internacionais de descarbonização. A conversão da cadeia produtiva brasileira, por sua vez, também será inevitável pela relevância da indústria automobilística brasileira, embora a sua velocidade vá depender da dinâmica macroeconômica, das políticas públicas e de um novo espaço econômico para a indústria sucroalcooleira (DE CASTRO; BRANDÃO; MOSZKOWICZ, 2021).

Atualmente três modelos diferentes de VEs, com eficiências, custos e performances distintos são comercializados em massa, sendo eles os veículos híbridos ou HEVs (do inglês *Hybrid Electric Vehicle*); híbridos plug-in ou PHEVs (do inglês *plug-in Hybrid Electric Vehicle*); e elétricos a bateria, ou BEVs (do inglês *Battery Electric Vehicles*).

### 2.3.2 Os tipos de veículos elétricos

O conceito de um VE híbrido é quase tão antigo quanto a ideia de um automóvel, e seu objetivo inicial era reduzir o consumo de combustível do veículo com motor de combustão interna (EHSANI et al., 2005). Os híbridos combinam diversos tipos de tecnologia, com dois ou mais tipos de fontes de energia funcionando juntos, possibilitando que os híbridos consumam significativamente menos combustível do que os veículos que são puramente à combustão interna (VERMA et al., 2021).

O sistema elétrico é responsável por funções cruciais no HEV, mas seu funcionamento acontece necessariamente combinado ao do motor de combustão interna que pode usar gasolina

ou diesel como combustível. Atualmente os HEVs são produzidos por fabricantes de veículos à combustão interna, e a principal motivação para a sua produção é a redução dos impactos ambientais gerados pelo consumo de combustíveis (HØYER, 2008).

Muitas configurações diferentes são possíveis na construção de um VE, desde veículos com motores à combustão interna potentes o suficiente para impulsionar o carro em quase qualquer condição, combinados a sistemas de direção elétricos auxiliares que dão suporte adicional somente em momentos de alta aceleração ou em subidas muito íngremes (classificados como híbridos fracos, ou no inglês, *mybrids*) até veículos em que o sistema de direção principal é inteiramente elétrico, e um pequeno motor à combustão interna é utilizado como auxiliar para oferecer poder suplementar na ocasião do descarregamento das baterias (classificados como híbridos fortes) (HØYER, 2008).

De acordo com a configuração das fontes de energia utilizadas no veículo os HEV se subdividem, ainda, em híbridos em série, em paralelo ou uma combinação das duas configurações (VERMA et al., 2021). As principais características das diferentes configurações das fontes de energia podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais características, vantagens e desvantagens das diferentes configurações de veículos HEV

Configuração	Definição	Vantagens e desvantagens
HEV em série	A transmissão de potência de ambos os motores, à combustão e elétrico, acontece em série, e o sistema de direção é fundamentalmente elétrico. O motor à combustão é utilizado para gerar energia elétrica que é combinada com a energia das baterias. A energia pode fluir tanto da bateria para o motor quanto no sentido contrário, e durante a frenagem o motor pode agir como um gerador recarregando as baterias	Permite que o motor de combustão interna trabalhe com eficiência máxima, mas o grande volume de conversões entre o motor à combustão e a caixa de câmbio reduz a eficiência geral do sistema. Além disso, HEVs em série necessitam de grandes baterias. A combinação dessas características aumenta o custo da bateria e de seus componentes.
HEV em paralelo	Sistema de direção fundamentalmente mecânico. Os dois motores, elétrico e à combustão, funcionam em paralelo e podem ser usados de forma combinada ou independente. O mais comum é que o motor à combustão seja responsável por impulsionar o carro, como nos veículos tradicionais, e o sistema elétrico seja responsável somente por oferecer potência de forma suplementar, atuando também no sistema de frenagem regenerativa.	A bateria utilizada é relativamente pequena que é carregada através da frenagem regenerativa, o que reduz o custo da bateria e, conseqüentemente, o custo do veículo.
HEV série-paralelo	Integra as configurações em série e em paralelo.	Pode operar tanto como um sistema em série quanto como um sistema em paralelo, e oferece um grande <i>range</i> de velocidades com operação ótima do motor. Entretanto, é o sistema mais complicado e mais caro dos três.

Fonte: Adaptado de (HØYER, 2008; VERMA et al., 2021)

Nos veículos híbridos *plug-in* (PHEV) ainda são observados os dois motores, sendo um deles à combustão e o outro elétrico. Esses veículos possuem, entretanto, baterias com capacidade suficiente para garantir alguma autonomia ao veículo e podem ser carregados a partir de fontes externas. A utilização de uma bateria com maior capacidade de armazenamento e um motor de combustão interna suplementar garante um consumo menor de combustível, naturalmente atingindo uma intensidade de emissões reduzida em comparação ao veículo à combustão e aos veículos híbridos sem opção de *plug-in* (DOĞAN; EROL, 2019).

Consiste em mais um passo rumo a eletrificação da frota veicular, embora ainda dependa do uso de combustíveis em algum nível. Normalmente é utilizado em curtas distâncias, nas quais consegue operar à base de eletricidade, recorrendo a combustíveis fósseis em viagens mais longas quando a bateria descarrega (WARAICH et al., 2013). Embora os híbridos *plug-in* apresentem

consumo reduzido de combustíveis fósseis em relação aos veículos à combustão interna e tenham boa autonomia, eles ainda geram mais emissões que os BEVs (VERMA et al., 2021).

Os BEVs não contam com um motor à combustão para oferecer suporte ao sistema elétrico, sendo chamados de veículos puramente elétricos. Contam com baterias de alta capacidade de armazenamento que precisam ser carregadas a partir de fontes externas (VERMA et al., 2021). O carregamento demora de 6h a 8h em pontos de recarga lenta, e de 20min a 40min em um carregador rápido, o que ainda representa uma diferença significativa em relação ao tempo necessário para recarregar um veículo movido a combustível (ASHKROF; HOMEM DE ALMEIDA CORREIA; VAN AREM, 2020).

Graças a avanços na tecnologia das baterias já existem veículos BEV com média de 352km de autonomia, com fator de emissão inferior aos veículos de combustão interna e aos híbridos devido a total independência de combustíveis fósseis (ZHANG et al., 2017), embora seja preciso sempre analisar a fonte geradora de energia elétrica para análise da redução das emissões (HØYER, 2008; VERMA et al., 2021). Veículos desse tipo já possuem uma larga fatia de mercado em países da União Europeia e no mercado chinês (JIN; HE, 2015). A expansão da sua difusão nesses e em outros países depende, entretanto, da autonomia de direção e da existência de uma infraestrutura de recarga que possibilite o trajeto de longas distâncias.

#### 2.4 AUTONOMIA E INFRAESTRUTURA DE CARREGAMENTO

Embora historicamente a baixa autonomia e os altos preços dos VEs tenham sido os principais motivos para a sua falta de sucesso e subsequente perda de espaço para os veículos movidos à combustão interna, a eletrificação da mobilidade depende de vários fatores, dentre os quais se destaca a infraestrutura de recarga com eletropostos e atividades de carregamento (PNME, 2022).

A ansiedade em relação à disponibilidade de pontos de recarga foi identificada como uma das principais barreiras para a compra de VEs. Com o surgimento de novos modelos, com maior autonomia e menores preços graças aos avanços tecnológicos das baterias, a disponibilidade de uma infraestrutura de recarga satisfatória tenderá a ser a última barreira para o crescimento da frota de VEs (CAPGEMINI, 2019).

Pontos de recarga podem ser classificados como lentos ou rápidos, de acordo com o tempo médio de recarga. O tempo de recarga não depende só do carregador, sendo afetado também por

aspectos tecnológicos de cada carro. Assim, pontos com potência menor do que 22kW são considerados carregadores lentos, enquanto pontos com potência superior a 22 kW, chegando até 350kW, são considerados carregadores rápidos (IEA, 2022a). Pontos de recarga são caracterizados, ainda, em relação ao acesso a eles, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Tipos de ponto de carregamento de acordo com o acesso

Categoria	Principais características	Localização
Acesso privado	A potência geralmente varia de 3 kW a 22kW. O preço da recarga costuma ser semelhante ao da energia elétrica de consumo residencial ou ao das tarifas comerciais, sendo a opção mais barata de recarga.	Residência ou local de trabalho
Acesso público	A potência geralmente varia de 11 kW a 350kW. O preço da recarga tende a ser mais alto para cobrir os custos do equipamento e da conexão com a rede. Geralmente o preço é relacionado à potência do carregador.	Shoppings, estacionamentos, aeroportos, e semelhantes

Fonte: Adaptado de (IEA, 2022a)

De forma geral, os pontos de carregamento de acesso privado tendem a ser lentos, por limitações próprias de potência da rede elétrica. A maior parte dos *early adopters* de VEs contam com carregadores em suas casas como fonte principal de carregamento e, portanto, não dependem da infraestrutura de carregadores de acesso público. Entretanto, a expansão dessa infraestrutura é necessária para possibilitar a realização de viagens mais longas e para facilitar a adoção dos VEs por parte de quem não tem acesso a carregadores em suas casas (IEA, 2022a).

A acessibilidade de carregadores residenciais varia muito entre diferentes parcelas da população em um mesmo país e entre países. Os carregadores de acesso público, por sua vez, corresponderam a somente 10% dos pontos de carregamento para veículos leves em 2021, e o carregamento neles apresenta custo mais elevado. É esperado que esse custo caia como consequência de economias de escala, entretanto, é possível que o custo da necessidade de atualizações da rede mais do que compense essa queda (IEA, 2022a).

Uma rede de infraestrutura de recarga mais ampla contribui para a confiança dos motoristas na autonomia do veículo, que se torna mais funcional. As necessidades de infraestrutura de recarga são afetadas pelos padrões básicos de transporte e de habitação, assim como pela demografia das

idades, que têm um papel fundamental na construção dessa infraestrutura e, em muitos casos, estão trabalhando para desenvolver soluções inovadoras para acelerar o crescimento da infraestrutura de carregamento e impulsionar a adoção de VEs (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

Para além da simples existência dessa infraestrutura, a experiência de carregamento tem papel central na jornada do consumidor, sendo afetada pela falta de padronização, os sistemas de precificação pouco claros e a falta de interoperabilidade dos diferentes carregadores (CAPGEMINI, 2019). Os proprietários de VEs experimentam, ainda, frustrações em relação à prontidão e disponibilidade da infraestrutura pública de recarga rápida (DE CASTRO et al., 2023).

Ao redor do mundo a insatisfação com a frequência em que os carregadores públicos ficam fora de operação é relatada por muitos usuários e, pelo que indicam as evidências, o Brasil segue essa tendência. Agravado por fatores logísticos e industriais, o cenário da infraestrutura de carregamento no país sofre perdas de confiabilidade (definida pela porcentagem do tempo em que o carregador está em operação), afetando a difusão da mobilidade elétrica. Na medida em que a eletrificação avançar a rede de carga rápida passará a ser cada vez mais necessária, não só em rodovias, mas também nas cidades, tornando ainda mais crítica a confiabilidade dos carregadores (DE CASTRO et al., 2023).

Para garantir a disponibilidade dos eletropostos é preciso incluir métricas de confiabilidade nos critérios de financiamento e no dimensionamento de negócios relacionados a infraestrutura de recarga. Dessa maneira, provedores de serviço de manutenção, operadores de rede de recarga pública, fabricantes de equipamentos e muitos outros *players* desempenham papel fundamental no estabelecimento de uma infraestrutura de carregamento que gere valor no longo prazo (DE CASTRO et al., 2023).

A infraestrutura de recarga não se limita a instalação de estações de carregamento. A criação de uma rede de carregamento de VEs demanda sistemas que permitam a conectividade e integração do usuário, veículo e rede, e essa rede só terá sucesso em estimular a taxa de penetração de VEs no país se o custo de carregamento for atrativo para os usuários finais (SANTOS; GRANGEIA, 2021).



Todos esses fatores contribuem para a complexidade envolvida na implementação de uma infraestrutura de carregamento. Somam-se a eles, ainda, os desafios de integrar essa infraestrutura ao sistema de distribuição de energia elétrica existente, integrando os VEs e as fontes renováveis intermitentes ao mesmo tempo em que se garante a segurança energética e a redução das emissões de GEE. Para enfrentar esse cenário complexo, é possível recorrer às redes inteligentes, ou *smart grids* (DE CASTRO; GONÇALVES; TOSTES, 2023).

*Smart grids* elevam a capacidade de operacionalização de um sistema elétrico, tornando possível que os consumidores participem de forma mais ativa através do estabelecimento de uma rede elétrica flexível, resiliente, eficiente, econômica e confiável. Para isso, contam com o agrupamento de tecnologias digitais, que permitem gerenciar a energia elétrica. Graças a sua flexibilidade podem ser a resposta para os desafios que o crescimento do número de VEs pode gerar, incluindo o aumento no consumo de energia e a maior dificuldade de prever a demanda ao longo do dia (DE CASTRO; GONÇALVES; TOSTES, 2023; WARAICH et al., 2013).

As vendas de VEs dobraram em 2021 em comparação ao ano anterior, atingindo o recorde de 6,6 milhões. Para que seja possível o crescimento almejado e anunciado pelos países em suas metas de expansão da frota de VEs a infraestrutura de recarga precisa crescer em mais de 20 vezes até 2030, o que representa um acréscimo de 22 milhões de pontos de recarga por ano (IEA, 2022a).

A existência de uma infraestrutura de carregamento rápido torna viável a mobilidade elétrica em rotas de longa distância, incentivando a adoção de VEs. A implementação dessa infraestrutura, entretanto, é influenciada diretamente pela existência de estímulos. A mobilidade elétrica coloca a infraestrutura de recarga e a rede elétrica no centro do ecossistema da mobilidade, e a implementação dessa infraestrutura depende da existência de um arcabouço regulatório e do surgimento de modelos de negócios que estimulem o seu desenvolvimento (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Esta dissertação consistiu em cinco passos:

- Planejamento
- Contextualização
- Desenvolvimento
- Aplicação
- Conclusão

A etapa de planejamento correspondeu à definição dos objetivos da pesquisa. Assim, foi nessa etapa que foi definido o escopo do trabalho, o seu objetivo geral e seus objetivos específicos. A etapa de contextualização, por sua vez, foi marcada pela busca de informações. Nessa etapa foi realizada a revisão de literatura, a partir da qual foi gerado um panorama sobre o mercado a ser estudado e suas principais características, que foram utilizadas para identificar ferramentas capazes de cumprir os objetivos traçados.

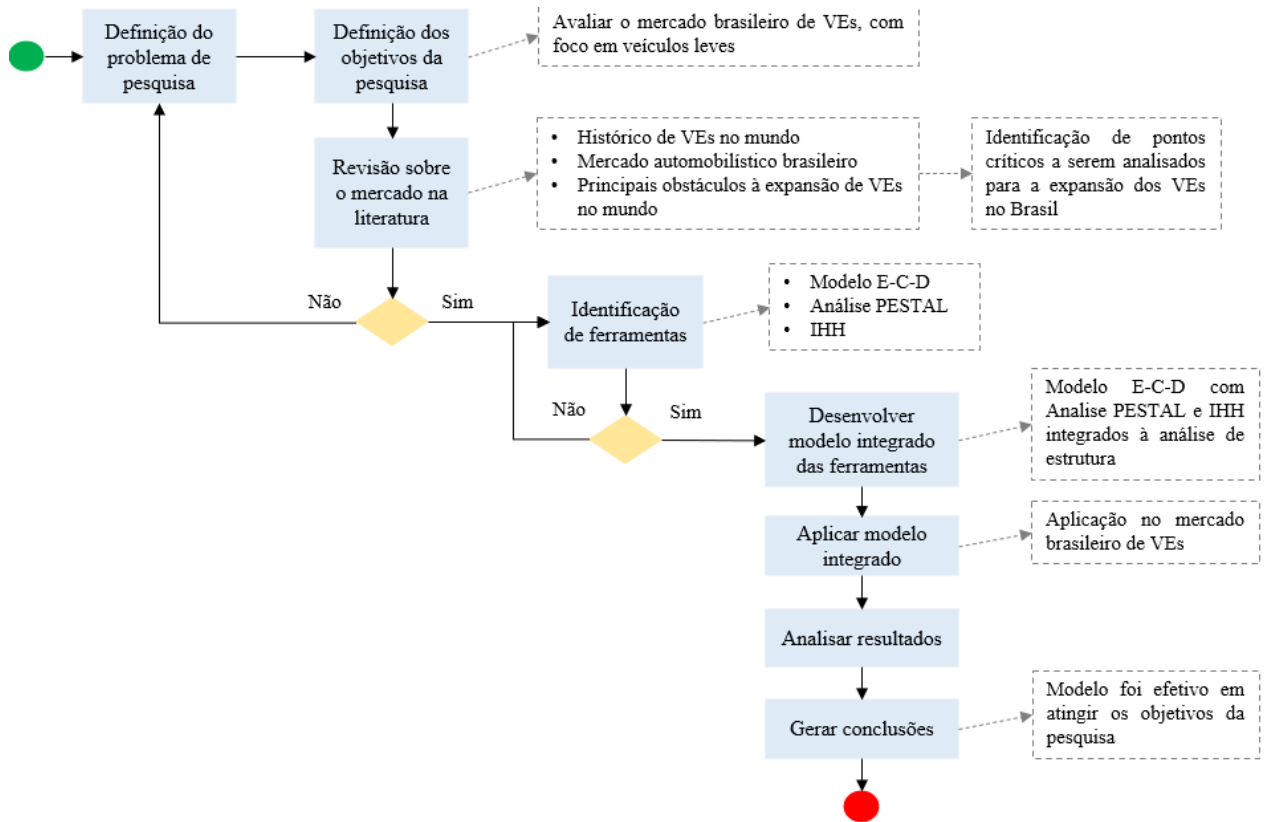
Nessa etapa foi selecionado o Modelo E-C-D para a realização do estudo. Entretanto, identificou-se a necessidade de adotar uma abordagem holística e estruturada para tratar da estrutura do mercado, devido às características do setor brasileiro de transportes e da evolução dos veículos elétricos no Brasil e no mundo que foram identificadas na literatura. Assim, foram selecionadas a Análise PESTAL para a abordagem holística do mercado e o IHH para a quantificação da concentração do mercado.

A etapa de desenvolvimento consistiu na construção do modelo integrado, a partir da incorporação da Análise PESTAL e do IHH ao segmento de análise de estrutura do Modelo E-C-D. Foi também nessa etapa que a abordagem a ser utilizada dentro dos segmentos de Conduta e Desempenho foi definida, à luz dos achados na revisão de literatura. A etapa seguinte consistiu na aplicação do modelo, de forma a responder às perguntas e objetivos iniciais da pesquisa e verificar a efetividade do modelo.

A última etapa consistiu na apresentação das principais conclusões, limitações da pesquisa e recomendações para pesquisas futuras. As etapas podem ser observadas no fluxograma

representado na Figura 5, que almeja representar visualmente o processo de construção e aplicação do modelo integrado, contribuindo para o atingimento do sétimo objetivo específico.

Figura 5 - Procedimento metodológico



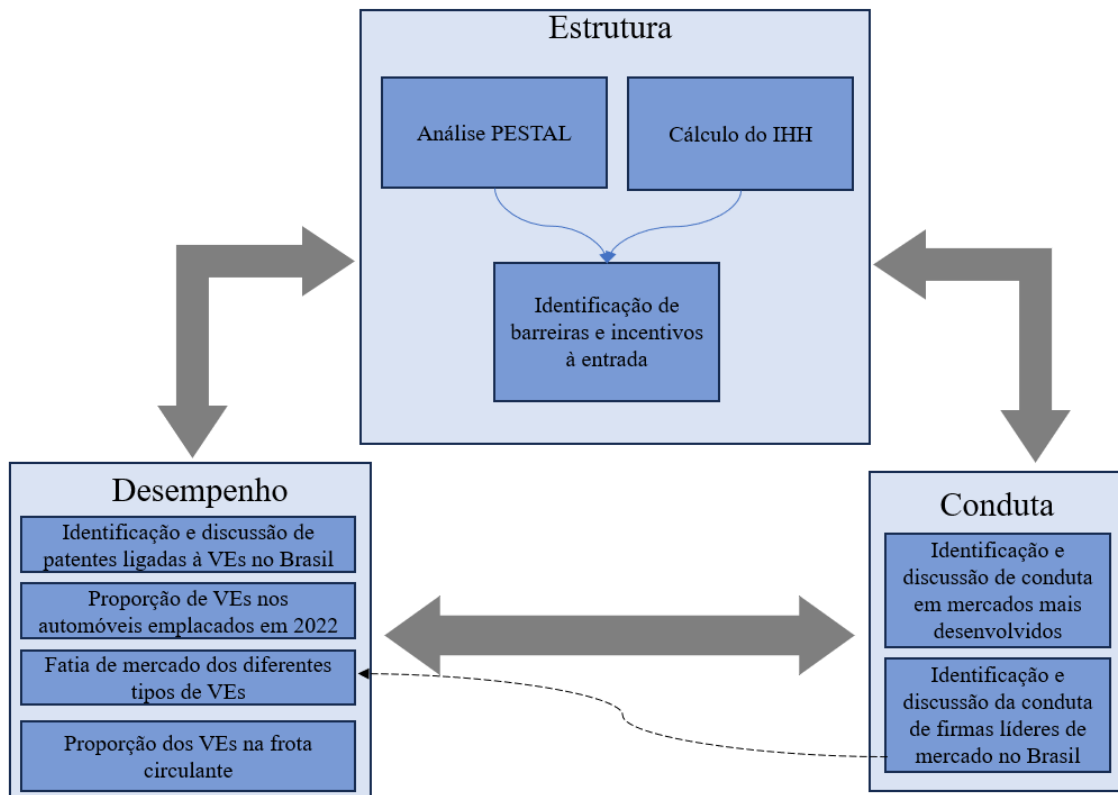
Fonte: Elaboração própria

As demais seções desse capítulo tratam em maiores detalhes das ferramentas selecionadas e da integração proposta entre elas. A seção 3.1 trata da integração das ferramentas escolhidas para a presente dissertação. A seção 3.2, por sua vez, se propõe a apresentar o surgimento do modelo E-C-D. A seção 3.3 apresenta a Análise PESTAL que, em consonância com Chutipongdech (2021), foi utilizada na presente dissertação para tratar dos fatores externos à organização analisados no elemento de estrutura. A seção 3.4, por fim, apresenta o Modelo E-C-D de forma mais detalhada, dividindo-se em subseções para tratar dos diferentes elementos do modelo e apresentando, dentro da estrutura, o IHH, que será utilizado para avaliar de forma quantitativa a concentração do mercado.

### 3.1 INTEGRAÇÃO DA ANÁLISE PESTAL E DO IHH AO MODELO E-C-D

As principais etapas da aplicação do método integrado podem ser observadas na Figura 6. As setas de cor cinza representam as relações bilaterais entre os elementos do Modelo E-C-D. As setas pretas tracejadas, por sua vez, expressam relações identificadas entre fatores dentro de diferentes elementos do modelo e, por fim, as setas azuis representam as relações identificadas entre fatores de um mesmo elemento.

Figura 6 - Principais etapas da aplicação do Modelo E-C-D na presente dissertação



Fonte: Elaborado pela autora

Na análise de estrutura foram aplicadas a Análise PESTAL e o IHH. A aplicação da Análise PESTAL almejou analisar os aspectos político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal do mercado brasileiro de VEs, permitindo identificar as principais políticas públicas voltadas para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil e os ganhos gerados por elas e contribuindo para a identificação das principais barreiras à entrada no mercado brasileiro de VEs. O IHH, por sua vez, permitiu avaliar a concentração no mercado brasileiro de VEs, contribuindo também para a análise das barreiras à entrada no mercado brasileiro de VEs.

A análise de conduta, por sua vez, identificou as condutas de firmas em mercados mais desenvolvidos. Foram, então, identificadas as condutas das principais empresas no mercado brasileiro e os seus possíveis impactos sobre a evolução do mercado. Foram feitas, ainda, considerações sobre como as condutas dessas empresas podem afetar a estrutura do mercado.

A análise de desempenho analisou as fatias de mercado ocupadas pelos VEs como um todo e por cada tipo de VE no Brasil, tanto nos veículos emplacados em 2022 quanto na rota circulante. Considerou, ainda, as maneiras em que esse desempenho pode influenciar a conduta das empresas e a estrutura do mercado. À luz das análises realizadas foram feitas, então, recomendações para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil, considerando as análises anteriores e da experiência internacional. A integração proposta nessa seção se propõe a atingir o sétimo objetivo específico dessa dissertação, gerando o modelo integrado das ferramentas utilizadas no estudo.

### 3.2 O SURGIMENTO DO MODELO E-C-D E SUAS APLICAÇÕES

No final dos anos 1930 E. Mason (1939) investigou a relação entre *market share*, política de preços e produção nas firmas. Observou que a organização interna das empresas (marcada pelas relações interpessoais) e características externas da indústria (aspectos estruturais relativos às características dos produtos, custos e atributos de produção e quotas de mercado de compradores e vendedores) afetavam as decisões estratégicas (LOPES, 2016).

Bain (1968) avançou na formalização teórica do modelo, estudando separadamente os elementos E-C-D e realizando uma análise teórico-empírica sobre suas associações. Para isso, usou dados a nível de indústria, enquanto Mason havia estudado empresas ou setores específicos (LOPES, 2016). As contribuições de Bain constituíram a base sobre a qual foi construído o paradigma E-C-D (FAGUNDES e PONDÉ, 1998 *apud* LOPES, 2016).

O modelo avalia as variáveis que afetam a dinâmica setorial à parte das condições básicas de oferta e demanda. As condições básicas de oferta incluem a disponibilidade de matérias-primas e tecnologia, além do ambiente institucional. As condições básicas da demanda incluem as taxas de crescimento do consumo, a elasticidade-preço da procura, a disponibilidade de bens substitutos, além das características cíclicas ou sazonais (HASENCLEVER; TORRES, 2013).

O paradigma E-C-D foi construído como uma teoria determinista baseado na premissa de que características observáveis da estrutura de um determinado mercado determinam o comportamento das firmas inseridas nesse mercado o que, por sua vez, afeta o seu desempenho (BAIN, 1956 *apud* BORU; KUHIL, 2018). Essa relação unilateral foi questionada ao longo dos anos, e o modelo evoluiu para uma abordagem mais dinâmica da concorrência - reconheceu que as condutas afetam a estrutura de mercado a partir de estratégias efetivas que modificam o tamanho das firmas e seu poder em relação aos concorrentes (KUPFER, 1992).

Scherer e Ross (1990) apresentaram um modelo E-C-D estendido com cinco pilares – condições básicas, estrutura, conduta, desempenho e políticas públicas. As políticas públicas podem ser definidas como uma série de ações governamentais que afetam direta (como regulamentações, leis antitruste, impostos, incentivos ao investimento) ou indiretamente (como medidas que visam interferir no sistema econômico, mas acabam repercutindo em determinados setores produtivos) a indústria (MARION FILHO, 1997 *apud* LOPES, 2016).

Nesse modelo as condições básicas e as políticas públicas afetam diretamente a estrutura do mercado, que afeta a conduta das empresas. A conduta das empresas, por sua vez, reflete diretamente sobre o seu desempenho. Além dessa relação linear o modelo considera as retroalimentações e a influência exercida de forma circular entre os pilares. Para os autores os efeitos de *feedback* analisados são tão relevantes quanto a influência da conduta das empresas sobre a estrutura do mercado para a avaliação dos setores econômicos (SCHERER; ROSS, 1990).

### 3.3 A ANÁLISE PESTAL

A análise PESTAL é uma ferramenta de análise estratégica, cujo nome consiste em um acrônimo no qual as letras significam, respectivamente, político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). A Tabela 3 identifica os fatores a serem considerados em cada um desses aspectos.

Tabela 3 - Aspectos da Análise PESTAL

Aspecto	Conteúdo
Político	Papel dos governos, incluindo políticas públicas que afetem direta ou indiretamente o negócio ou mercado analisado
Econômico	Fatores macroeconômicos como taxas de câmbio, ciclos de negócios e taxas de crescimento econômico
Social	Incluem mudanças culturais e demográficas, como o envelhecimento populacional
Tecnológico	Inovações e estado das tecnologias relevantes para o negócio ou mercado analisado
Ambiental	Questões ligadas ao ambiente e a ecossistemas, como poluição e resíduos
Legal	Impedimentos ou mudanças legislativas, como leis de saúde ou de segurança

Fonte: Adaptado de Johnson, Scholes e Whittington (2011)

Essa ferramenta é utilizada para identificar variáveis macroeconômicas que devem ser levadas em consideração, ajudando a identificar e oportunidades e riscos de um determinado negócio (ALANZI, 2018). Começou a ser utilizada no contexto de estudos de mercado para organizações, mas também é aplicada para analisar influências e fatores externos que impactem a sustentabilidade a longo prazo de diferentes indústrias (CAPOBIANCO et al., 2021).

Assim, consiste em uma abordagem abrangente de análise para identificar fatores macro ambientais que possam afetar as condições de uma determinada indústria e o desempenho das empresas atuando nessa indústria (CARRUTHERS, 2009). A Análise PESTAL visa atingir ao primeiro objetivo específico, identificando as principais políticas públicas do mercado brasileiro de VEs e sua possível contribuição para o estado atual do mercado, e contribuir para o atingimento do terceiro objetivo específico, que pretende identificar às barreiras à entrada desse mercado.

### 3.4 O MODELO E-C-D

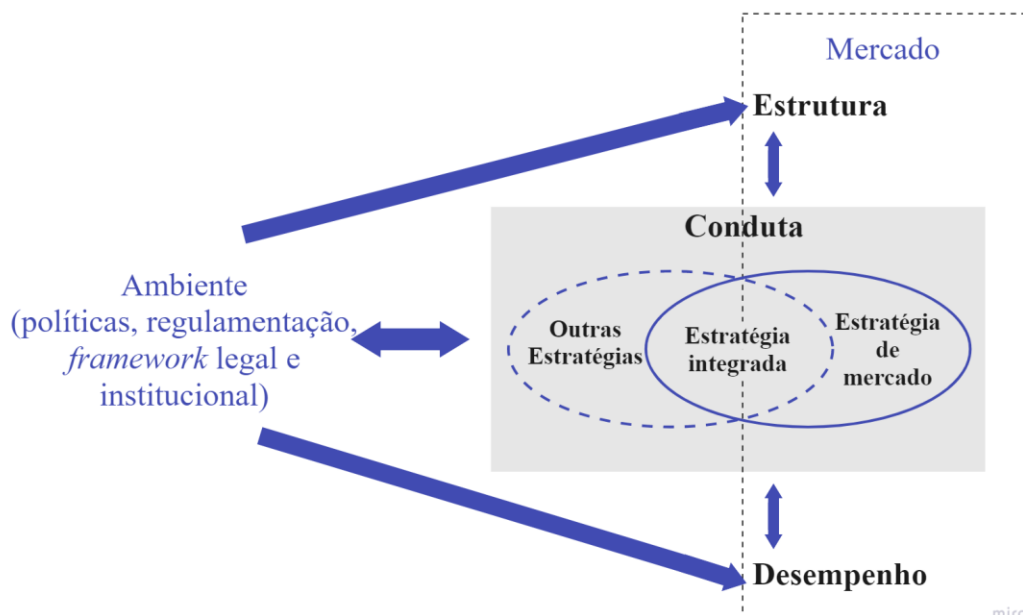
O modelo E-C-D constitui uma estrutura analítica útil para análises setoriais devido a sua capacidade de sistematizar e articular variáveis para a análise de setores e dos graus de poder de mercado de suas firmas (CABRAL, 1994 *apud* SCARANO et al., 2019). A análise da estrutura considera fatores externos à organização, incluindo políticas públicas, fatores econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais, a concentração do mercado e as barreiras à entrada

nesse mercado. Assim, busca entender o contexto socioeconômico do mercado, identificando variáveis que influenciam a conduta das suas empresas.

A conduta é composta pelo padrão de comportamento seguido pelas firmas, incluindo as técnicas utilizadas para atrair clientes, como métodos de precificação e incentivos não relacionados a preço (BORU; KUHIL, 2018). É fortemente influenciada pela estrutura do mercado, visto que a conduta ou estratégia de cada empresa deve responder às condições externas de forma condizente para que a empresa atinja seus objetivos e tenha um bom desempenho. A conduta das empresas, pode, entretanto, gerar alterações na estrutura do mercado, demonstrando uma relação bidirecional entre esses pilares.

O desempenho consiste no resultado obtido pelas empresas em sua atuação. É definido pela interação da conduta com a estrutura e, por sua vez, pode influenciar os dois outros pilares. Uma empresa com desempenho ruim pode mudar sua conduta para aumentar sua fatia de mercado e, ao fazê-lo, pode se tornar uma das empresas dominantes e mudar a estrutura desse mercado, por exemplo. Uma representação do modelo pode ser observada na Figura 7:

Figura 7 - Representação do Modelo E-C-D



Fonte: Adaptado de Wood et al. (2021)



As subseções a seguir descrevem de forma mais detalhada os elementos do modelo, as ferramentas comumente aplicadas e a abordagem que será adotada nessa dissertação para a análise de cada um deles.

### 3.4.1 ESTRUTURA

A estrutura do mercado refere-se às características de mercados e indústrias que são relativamente estáveis ao longo do tempo, e que afetam o comportamento de vendedores e consumidores (BORU; KUHIL, 2018). Determina o nível de competição e poder de mercado, influenciando a natureza da competição e dos preços do mercado, fazendo com que a conduta das firmas se adapte (WEISS, 1978 *apud* BORU; KUHIL, 2018). Conceitualmente a estrutura é entendida, portanto, como o conjunto de características que influenciam o comportamento e os resultados das firmas (HAY; MORRIS, 1991, *apud* BORU; KUHIL, 2018).

A estrutura trata de fatores externos à organização, incluindo políticas públicas, fatores econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais, a concentração do mercado e as barreiras à entrada nesse mercado. Para o estudo dos aspectos político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal do mercado será utilizada a análise PESTAL. Existem, entretanto, outras características que influenciam a conduta das empresas que precisam ser consideradas e estudadas.

Das características que influenciam o comportamento e o resultado das firmas, Bain (1968) afirma que o grau de concentração do mercado – que normalmente capta o número de empresas e seu tamanho relativo – deve ser elemento básico nos estudos sobre a indústria devido a sua relação negativa com a concorrência (LOPES, 2016). A concorrência pode ser impactada, ainda, por contextos em que investidores (normalmente investidores institucionais) possuem ações de várias firmas que atuam em um mesmo mercado (WOOD et al., 2021). Nessa dissertação a concentração de mercado será avaliada a partir do IHH, que será explicado em maiores detalhes na seção 3.4.1.1

Em um mercado perfeitamente competitivo a disputa por uma posição no mercado tende a ser ilimitada, e não há barreiras de entrada significativas (PORTER, 1979). Em mercados altamente concentrados, entretanto, as empresas com as maiores fatias de mercado terão vantagem estrutural em relação a outros atores do mercado. A concorrência e a concentração industrial

afetam as barreiras à entrada (LOPES, 2016). Essas barreiras são impedimentos que dificultam a entrada de novas empresas no mercado. Essa dificuldade, por sua vez, afeta o nível de concorrência, facilitando a formação de monopólios e oligopólios (SCARANO et al., 2019).

Algumas das principais barreiras são economias de escala por parte de firmas maiores e já estabelecidas no mercado, acesso aos canais de distribuição, desvantagens de custos independentes de escala, diferenciação dos produtos e barreiras institucionais (KUPFER, 2002). A diferenciação dos produtos, a integração vertical e a diversificação da produção são alguns outros fatores que podem compor a estrutura de mercado (LOPES, 2016).

Avaliar a estrutura do mercado é fundamental para compreender o poder de mercado das firmas, e existem diversas métricas que podem ser aplicadas com esse fim (WOOD et al., 2021). Durante a etapa de análise de estrutura almeja-se atingir os três primeiros objetivos específicos da presente dissertação, através da aplicação da Análise PESTAL, cálculo do IHH e discussão desses resultados. As subseções 3.4.1.1 e 3.4.1.2 serão dedicadas a explorar a concentração e as barreiras à entrada do mercado e as ferramentas utilizadas para o seu estudo na presente dissertação.

#### *3.4.1.1 Concentração de mercado*

Estudar a concentração de mercado tem como objetivo compreender de que maneira os agentes econômicos apresentam um comportamento dominante nesse mercado (RESENDE; BOFF, 2013). A alta concentração de mercado é, ao mesmo tempo, causa e consequência do poder de mercado de empresa, garantindo vantagem estrutural às empresas dominantes em relação a outros atores do mercado, como consumidores, fornecedores e novos entrantes (WOOD et al., 2021). Assim, o grau de concentração deve ser elemento básico nos estudos sobre indústria, visto que tende a ser negativamente relacionado com a competição (BAIN, 1968).

As métricas mais comumente aplicadas para medir a concentração de mercado são as razões de concentração (CR) - como CR (4), que indica a parcela de mercado detida pelas 4 maiores firmas da indústria - e o Índice de Herfindahl-Hirschman (IHH), que mede a dimensão das firmas em relação à indústria (NALDI; FLAMINI, 2014; SCARANO et al., 2019).

O CR4 é calculado somando as fatias de mercado das quatro maiores firmas do mercado. Um mercado com CR4 maior do que 60% é considerado concentrado, enquanto um mercado com

CR4 menor que 40% é considerado competitivo (NALDI; FLAMINI, 2014). O CR4 faz parte de um grupo de maneiras de mensurar a concentração que consiste nas razões de concentração (SCARANO et al., 2019). O indicador pode ser expresso pela seguinte fórmula:

$$\sum_{I=1}^K s_I$$

Onde  $s$  é parcela de mercado de cada empresa e  $k$  é a  $k$ -ésima maior empresa daquele mercado.

No caso do CR4,  $k = 4$ . Atualmente, entretanto, essa métrica não é mais a mais aplicada, tendo sido substituída pelo IHH. O índice consiste em calcular a soma dos quadrados das fatias de mercado de todas as empresas ativas no mercado expressas em percentual (SCARANO et al., 2019; Weinstock, 1982 apud WOOD et al., 2021). Elevar a parcela de mercado de cada empresa ao quadrado implica atribuir um peso maior às empresas relativamente maiores (RESENDE; BOFF, 2013). Portanto, quanto mais alto o valor calculado, maior é a concentração do mercado (WOOD et al., 2021). O IHH é dado pela fórmula a seguir:

$$\sum_{i=1}^n s_i^2$$

Onde  $s$  é a parcela de mercado de cada empresa e  $n$  é a  $n$ -ésima empresa daquele mercado.

O IHH tem como valor mínimo  $1/n$ , que é obtido quando todas as empresas têm o mesmo tamanho, e como valor máximo 1, que é obtido no caso extremo de um monopólio. Quanto mais próximo de 0 for o valor calculado, menor será a concentração e, quanto mais próximo do limite superior, maior será a concentração. O limite inferior do IHH decresce à medida que o número de empresas no mercado aumenta, tendendo a 0 no limite em que  $n$  tende a infinito (RESENDE; BOFF, 2013).

Entretanto, nem sempre o IHH decresce com o aumento do número de empresas, dependendo tanto de  $n$  quanto da dispersão relativa da repartição do mercado entre elas. Se a entrada de uma nova empresa não aumentar significativamente (ou, até mesmo, reduzir) a dispersão entre as parcelas de mercado, então a sua entrada diminuirá a concentração. Entretanto, se ao se estabelecer a nova empresa aumentar a dispersão das participações, sua entrada aumentará a concentração (RESENDE; BOFF, 2013).

O IHH é mais utilizado que o CR4 porque enquanto o CR4 considera somente as quatro maiores empresas do mercado, o IHH inclui todas as empresas ativas (NALDI; FLAMINI, 2014). Além disso, como o IHH é uma função convexa das parcelas de mercado, fusões horizontais entre duas ou mais empresas sempre resultarão em um aumento na concentração medida pelo índice, tornando-o mais adequado para fins de política antitruste (RESENDE; BOFF, 2013).

Em cenários de análise antitruste trabalha-se com o IHH calculado a partir de participações de mercado medidas com base em percentuais, fazendo com que o índice possa variar entre 0 e 10.000. Três faixas são propostas pelo *Mergers Guidelines* para interpretar se um processo de fusão deve gerar preocupação em relação à competição na indústria (RESENDE; BOFF, 2013), como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Faixas do IHH para análises preliminares de processos de fusões

Faixa	Classificação
$0 < IHH < 1000$	Não existe preocupação quanto á competição na indústria caso a fusão se concretize
$1000 < IHH < 1800$	Existe preocupação quanto á competição na indústria se o aumento do índice for maior ou igual a 100 pontos, com relação ao índice pré-fusão
$IHH > 1800$	Existe preocupação quanto á competição na indústria se o aumento do índice for maior ou igual a 50 pontos, com relação ao índice pré-fusão

Fonte: Adaptado de Resende e Boff (2013)

Para mensurar os níveis de concentração em um mercado, o Banco Central recomenda a adoção de faixas semelhantes às utilizadas pelo *Mergers Guidelines*, indicando níveis de concentração conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Níveis de concentração do mercado

Faixa	Classificação
$0 < IHH < 1000$	Desconcentrado
$1000 < IHH < 1800$	Moderada concentração
$IHH > 1800$	Elevada concentração

Fonte: Adaptado de Banco Central Do Brasil (2012)

Cálculos de concentração de mercado precisam considerar, ainda, contextos em que investidores (normalmente investidores institucionais) possuem ações de várias firmas que atuam em um mesmo mercado (WOOD et al., 2021). Contextos dessa natureza, especialmente em

mercados altamente concentrados, podem incentivar organizações a conspirarem com seus competidores de forma tácita ou explícita, prejudicando a competição (OCDE, 2017; CLAPP, 2019).

Em mercados expostos a esse tipo de situação comumente utiliza-se o Índice de Herfindahl-Hirschman Modificado (IHMM) (OCDE, 2017). A interpretação do IHMM é análoga a do IHH, e inclui o grau estimado de influência que acionistas comuns têm sobre as firmas no cálculo de concentração do mercado (OCDE, 2017). O índice é calculado somando uma estimativa do efeito anticompetitivo da posse compartilhada de ações ao valor original do IHH do mercado analisado (WOOD et al., 2021). Nessa dissertação a análise da concentração do mercado cumpre o segundo objetivo específico, e será realizada a partir do cálculo e avaliação do IHH, utilizando-se a adoção das faixas recomendadas pelo Banco Central para a interpretação dos resultados calculados considerando-se os VEs vendidos no Brasil no ano de 2022 de janeiro a novembro.

Os indicadores de concentração de mercado consideram a participação dos agentes do mercado a partir de diferentes critérios de ponderação, e são úteis para indicar de forma preliminar os setores para os quais se espera que o poder de mercado seja significativo. Entretanto, a informação que pode ser obtida a partir do cálculo desses indicadores tem suas limitações. O cálculo de medidas de concentração ignora a existência de substitutos próximos comercializados em outros mercados, além de não considerar que uma empresa pode ter uma parcela de mercado elevada como decorrência de custos reduzidos ou produtos de qualidade superior, e não de elevado poder de mercado (RESENDE; BOFF, 2013).

Por fim, os indicadores não consideram que em cenários de fácil entrada no mercado nenhuma empresa poderá exercer poder de mercado, independente da amplitude de sua participação nesse mercado. Dificuldades à entrada e à saída de empresas em um determinado mercado influenciam o potencial para competição desse mercado (RESENDE; BOFF, 2013). Assim, para obter uma compreensão mais completa do mercado nessa dissertação foi incluído o terceiro objetivo específico, cumprido a partir da discussão das barreiras à entrada do mercado.

### *3.1.1.2 Barreiras à entrada*

A competição entre empresas de um mercado não é definida somente pelas empresas estabelecidas, sendo influenciada também por questões estruturais do mercado e pela ameaça de

novos entrantes (PORTER, 1979). Novos entrantes estão sujeitos, entretanto, às condições de entrada no mercado.

As condições de entrada em um determinado mercado influenciam o surgimento – ou não – de monopólios, afetando diretamente a sua estrutura. Consistem na capacidade de novas firmas entrarem e competirem nesse mercado, e afetam o surgimento de monopólios porque, quanto melhores as condições de entrada, menos as firmas estabelecidas no mercado poderão aumentar seus preços sem gerar a entrada de novas firmas (BAIN, 1954).

Um mercado de fácil entrada é definido pela impossibilidade de as firmas estabelecidas imporem uma margem grande entre o custo mínimo de produção e o preço praticado sem atrair entrada de novas firmas. Em mercados nessas condições as firmas estabelecidas não têm uma vantagem absoluta nos custos de produção; entrantes em potencial vão ter acesso a mesma demanda por seus produtos que as firmas estabelecidas se cobrarem os mesmos preços (em mercados de produtos diferenciados isso será verdade para produtos equivalentes) e o incremento percentual no *output* do mercado causado pela entrada de uma nova firma não deve gerar redução perceptiva de demanda por firma (BAIN, 1954).

Impedimentos que dificultam a entrada de novas empresas no mercado, alterando as condições de entrada, são chamados de barreiras à entrada. Essa dificuldade, por sua vez, afeta o nível de concorrência, facilitando a formação de monopólios e oligopólios (SCARANO et al., 2019). Como consequência da definição de um mercado de fácil entrada, são consideradas barreiras à entrada vantagens absolutas de custo das firmas estabelecidas; diferenças na demanda pelos produtos de firmas entrantes que cobrarem os mesmos preços das firmas estabelecidas; condições que desencorajem a entrada por causa do tamanho do incremento econômico da entrada; e proibições legais de entrada (BAIN, 1954).

Vantagens das firmas estabelecidas que podem contribuir para a criação de barreiras à entrada incluem economias de escala, acesso aos canais de distribuição, vantagens de custos independentes de escala (KUPFER, 2002) e alta integração vertical – definida como o quanto uma firma controla seus fornecedores, distribuidores e compradores (WOOD et al., 2021).

Os elementos presentes na estrutura da indústria que podem constituir fontes de barreiras à entrada são a existência de vantagens absolutas de custos a favor das empresas estabelecidas, a

existência de uma preferência dos consumidores pelos produtos das empresas estabelecidas, a existência de estruturas de custos com significativas economias de escala e a existência de elevados requerimentos de capital inicial (KUPFER, 2013). Nessa dissertação, a análise das barreiras à entrada cumpre o terceiro objetivo específico.

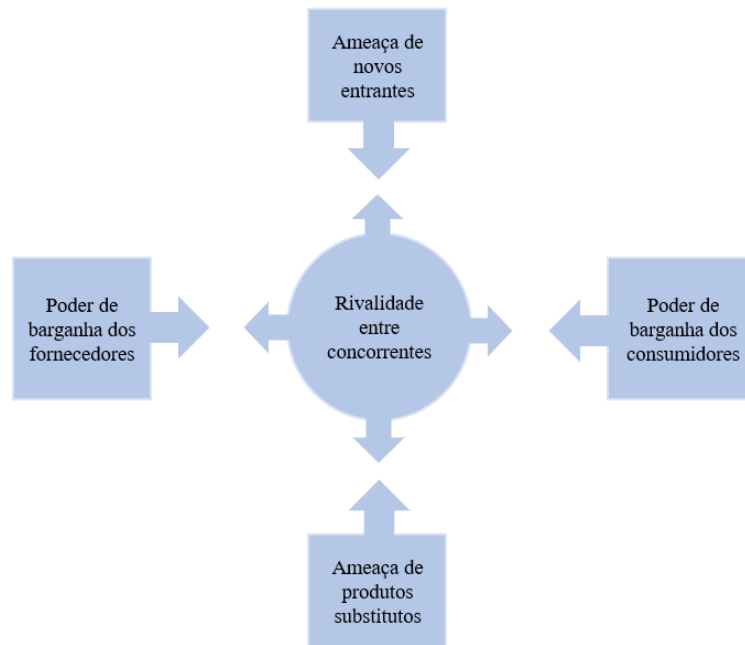
#### 3.4.2 CONDUTA

A conduta consiste no padrão de comportamento seguido pelas firmas, incluindo as técnicas utilizadas para atrair clientes, como métodos de precificação e incentivos não relacionados a preço (BORU; KUHIL, 2018). Comumente as análises de conduta consideram a estratégia das firmas, que é a maneira pela qual elas buscam exercer seu poder no mercado em uma variedade de contextos (GRIGOROVA, 2008 *apud* BORU; KUHIL, 2018).

A análise da conduta passou a ser mais valorizada a partir das evidências de sua capacidade de afetar não só o desempenho das firmas, mas também a estrutura setorial, revelando o protagonismo da ação empresarial nas transformações do ambiente concorrencial (SCARANO et al., 2019). Uma das maneiras em que isso acontece é quando a adoção de uma determinada estratégia leva a criação de barreiras à entrada de novos participantes (PORTER, 1979). Estratégias de investimento em pesquisa e desenvolvimento, por exemplo, podem levar a avanços tecnológicos que afetam as estruturas de custos e diferenciação de produtos, dificultando o ingresso de novas firmas (SCARANO et al., 2019).

O propósito da construção de estratégia é encontrar maneiras de lidar com a competição. Na disputa pela conquista de espaço no mercado, a competição é baseada na atuação de cinco forças que determinam o potencial de lucro em um mercado (PORTER, 1979). Essas forças estão representadas na Figura 8.

Figura 8 - As cinco Forças de Porter



Fonte: Adaptado de (PORTER, 1979)

Além de essencial para garantir a competitividade das firmas, a conduta pode pressionar as políticas públicas a partir do poder de barganha exercido junto às autoridades governamentais (LOPES, 2016). A conduta é influenciada pela estrutura do mercado, com os objetivos das firmas derivando de características estruturais da indústria. Por outro lado, a conduta das firmas pode levar a alterações na estrutura do mercado, fato que é exemplificado pelas transformações estruturais causadas por uma fusão entre empresas, por exemplo (BORU; KUHIL, 2018). Essa influência recíproca entre a conduta das firmas e a estrutura do mercado evidencia que a separação entre a análise dos elementos estrutura e conduta do modelo não é evidente (WOOD et al., 2021).

O objetivo de firmas dominantes no mercado é manter a sua dominância. As estratégias adotadas para fazer isso passam pela transformação da estrutura do mercado, possibilitando que as firmas dominantes influenciem o comportamento de outros atores do mercado.

A estratégia das firmas engloba decisões de mercado, como a adequação da política de preços, políticas relacionadas à diversidade da oferta de produtos e políticas para divulgação e venda dos produtos, mas também decisões de outras ordens, como os meios de coordenação para atingir os



objetivos e a determinação dos gastos com Pesquisa e Desenvolvimento (SCARANO et al., 2019). Os mercados não existem separadamente da esfera política e social, o que motiva a adoção de estratégias por parte das firmas que não são direcionadas somente para o mercado, mas sim para influenciar estruturas políticas, de regulamentação, institucionais, ideológicas e da sociedade em geral que afetem o mercado (BARON, 1995).

A diferenciação entre estratégias que sejam ou não de mercado é útil para compreender desequilíbrios criados ou potencializados no mercado ou em outros ambientes (WOOD et al., 2021). Entretanto, essas estratégias normalmente funcionam de forma interconectada, expressada pelo conceito de estratégia integrada e tornando a separação dos tipos de estratégia uma distinção artificial (BARON, 1995). O desempenho das firmas é um resultado da interação da estratégia ou conduta com a estrutura do mercado (LOPES, 2016).

Na presente dissertação a análise de conduta foi realizada a partir da identificação e análise da conduta em mercados mais desenvolvidos, com destaque especial para os mercados de VEs da China, dos Estados Unidos e da UE e subsequente identificação e análise da conduta no mercado brasileiro de VEs à luz da experiência internacional, e visa cumprir o quarto objetivo específico.

### 3.4.3 DESEMPENHO

O desempenho das firmas é um resultado da interação da estratégia ou conduta com a estrutura do mercado (LOPES, 2016), e se refere aos resultados atingidos pelas firmas. O desempenho pode afetar a estrutura do mercado e, conseqüentemente, a conduta das firmas (SCHERER; ROSS, 1990).

Existem diversas perspectivas pelas quais é possível avaliar o desempenho. Algumas dessas perspectivas encontram-se descritas na Tabela 6.

Tabela 6 - Perspectivas de análise de desempenho

Perspectiva	Descrição
Técnica	Capacidade de operar eficientemente a planta industrial, avaliando-se o grau de utilização da capacidade instalada
Financeira	Pode ser medida em termos de taxas de retorno, margem de preço-custo ou pelo Q de Tobin
Inovação	Resultados dos investimentos das firmas em pesquisa e desenvolvimento e na elaboração de novos produtos e processos
Promocional	Tamanho dos custos de promoção de vendas em relação aos custos de produção

Fonte: Adaptado de (BRUMER, 1981 *apud* SCARANO et al., 2019)

Scherer e Ross (1990) propõe, ainda, uma avaliação multidimensional que engloba medidas privadas, como a eficiência das firmas (preço, eficiência produtiva e alocativa, lucros etc.), e aspectos de interesse social (emprego, distribuição de renda, salários etc.). Assim, a performance é caracterizada como o resultado econômico que é gerado pelo sistema em termos de eficiência de precificação e capacidade de adaptação. Consiste no resultado econômico da estrutura e da conduta (BAIN, 1968 *apud* BORU; KUHIL, 2018). O desempenho das firmas pode, ainda, afetar a estrutura do mercado (LOPES, 2016).

Na presente dissertação a análise do desempenho será realizada a partir da análise do volume de patentes ligadas à VEs no Brasil, do tamanho da fatia de mercado ocupada pelos VEs no mercado automobilístico brasileiro, das tendências dessa fatia de mercado e dos tipos de VEs mais presentes no mercado., cumprindo o quinto objetivo específico dessa dissertação.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Nesse capítulo serão apresentados os principais resultados deste estudo. Inicialmente é avaliada a estrutura do mercado, utilizando-se a análise PESTAL, o IHH e discutindo-se, a partir dos resultados da análise PESTAL e de informações complementares sobre o mercado, as barreiras à entrada. Em seguida serão analisadas as condutas das principais organizações do mercado e, por fim, será avaliado o desempenho a partir do depósito de patentes VEs no Brasil, das fatias de mercado ocupadas pelos VEs nos emplacamentos dos últimos anos e em relação à frota total e da proporção de cada tipo de VE nas vendas e na frota circulante.

### **4.1 ESTRUTURA**

Nessa seção serão apresentados os resultados e discussão da estrutura do mercado de VEs no Brasil. Primeiramente será apresentado o resultado das análises realizadas com o *framework* PESTAL entre as seções 4.1.1 e 4.1.6, identificando barreiras significativas à entrada e à saída do mercado. Os principais resultados dessas seções podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Principais resultados da Análise PESTAL

Aspecto	Principais resultados
P	<p>Escassez de ações para a mobilidade elétrica, deflagrada pela ausência de metas e objetivos referentes a essa temática em planos e programas nacionais</p> <p>Ações governamentais experimentaram um crescimento nos últimos anos</p> <p>Necessário o acesso a financiamento para a aquisição de VEs e para a expansão da infraestrutura de recarga</p> <p>Necessário construir um arcabouço institucional e de governança</p> <p>Entre as ações de incentivo à eletrificação da frota no país merece o destaque do Programa de P&amp;D da Aneel</p>
E	<p>Produção industrial brasileira tem dificuldade para retomar o crescimento desde a pandemia de COVID-19</p> <p>Mercado de trabalho mostra sinais de arrefecimento</p> <p>Renda familiar comprometida com serviço de dívida, limitando o crescimento do mercado de crédito</p> <p>Crescimento da indústria automobilística brasileira e crescimento das vendas dos VEs dependem da concessão de crédito</p> <p>PIB brasileiro cresceu 2,9% em 2022, e o IPEA prevê crescimento de 1,4% para 2023</p>
S	<p>Brasil tem a sexta maior população do mundo</p> <p>A região mais populosa, de maior densidade demográfica e de maior PIB do país é a região Sudeste</p> <p>São Paulo se destaca como o de maior densidade populacional e de maior participação no PIB</p> <p>A alta densidade populacional nos grandes centros na região Sudeste contribui para o avanço da mobilidade elétrica</p> <p>O alto custo dos VEs continua sendo um fator significativo na tomada de decisão do consumidor brasileiro</p>
T	<p>Os avanços da mobilidade elétrica têm gerado mudanças expressivas na indústria de baterias, reduzindo os preços e aumentando a autonomia dos VEs</p> <p>VEs continuam dependendo de uma infraestrutura de recarga</p> <p>Uma rede elétrica capaz de absorver picos de demanda, integrar fontes renováveis intermitentes e garantir a segurança energética e a redução das emissões de GEE ainda é um desafio, para o qual a implementação de <i>smart grids</i> pode ser uma solução</p> <p>No Brasil a infraestrutura de recarga tem avançado, embora com alta concentração na região Sudeste</p> <p>Muito da infraestrutura de recarga no país é oferecida pelas próprias montadoras de veículos</p>
A	<p>A substituição de veículos de combustão interna por VEs desloca as emissões do consumo dos combustíveis fósseis para a produção das baterias e da eletricidade</p> <p>Considerando todo o ciclo de vida do veículo e da produção da energia elétrica os VEs podem emitir de 38% a 85% menos do que veículos com motores à combustão no Brasil</p> <p>A eletrificação da frota torna necessária a expansão da capacidade de geração elétrica no país, a ser realizada com o menor nível de emissões possível</p> <p>A extração dos principais recursos naturais utilizados para a confecção das baterias tem ligações com poluição do ar, do solo e da água</p> <p>As baterias quando em fim de vida consistem em resíduos tóxicos, capazes de liberar gases potencialmente fatais</p>
L	<p>As políticas de fomento para novas tecnologias de propulsão do Governo Federal levaram a resoluções com o objetivo de reduzir o imposto de importação sobre automóveis elétricos e híbridos</p> <p>Inseguranças jurídicas e questões de tributação causam preocupação para além da importação, incluindo inseguranças a respeito da tributação de pontos de recarga públicos</p>

Medidas de desoneração tributária, disponibilização de vagas preferenciais de estacionamento e isenção de medidas de circulação, como as adotadas em São Paulo e Curitiba, melhoram a experiência do usuário, mas não endereçam os maiores obstáculos à expansão da mobilidade elétrica

A redução de impostos de importação e a redução do IPI contribuem para a redução do preço final e incentivam a compra de VEs

A legislação referente a gestão de resíduos ainda não apresenta critérios adequados para o tratamento das baterias de lítio

---

Fonte: Elaboração própria

Na seção 4.1.1, correspondente à análise política, é atingido o primeiro objetivo específico dessa dissertação, identificando as principais políticas públicas voltadas para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil e os ganhos gerados por elas.

Na seção 4.1.7, é calculado o IHH - que identifica o mercado brasileiro de VEs como altamente concentrado a partir da recomendação do Banco Central - e discutida a concentração de mercado, cumprindo o segundo objetivo específico dessa dissertação. Nessa seção, também, são feitas considerações sobre as barreiras e incentivos à entrada no mercado, atingindo o terceiro objetivo específico dessa dissertação.

#### 4.1.1. Aspecto político

Devido à urgência de mitigar as mudanças climáticas as tecnologias de transportes mais eficientes e que reduzam significativamente as emissões de GEE têm se desenvolvido internacionalmente. No Brasil, as políticas públicas priorizaram a rota tecnológica dos biocombustíveis, relegando ao mercado de VEs um papel marginal na composição de políticas e ações governamentais (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

A falta de articulação de atores e de direcionamento para a promoção dos VEs no Brasil resulta em uma escassez de ações para esse tipo de mobilidade, com iniciativas do setor público que buscam promover a integração dos VEs ao sistema de energia do país sendo raras e de abrangência limitada (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

O papel secundário desempenhado pelos VEs nas iniciativas públicas é deflagrado pela ausência de metas e objetivos referentes a essa temática em planos e programas nacionais que seriam relacionados à temática, tais como a Política Nacional sobre Mudança do Clima, iniciada em 2008; o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, de 2016; ou o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores

– Inovar-Auto (2013-2017). Essas iniciativas pertencem a temáticas intimamente ligadas à mobilidade elétrica e são de grande porte e abrangência. No entanto, não possuem nenhum objetivo diretamente ligado aos VEs, que não chegam a ser citados como soluções possíveis para os problemas que as iniciativas visam solucionar (CONSONI et al., 2018).

Apesar dessa descentralização, as ações governamentais experimentaram um crescimento nos últimos anos, ampliando a discussão junto a sociedade civil, à academia e às empresas. A chamada nº22 da ANEEL, voltada para a provisão de soluções para a infraestrutura de recarga, também contribui para o avanço do acesso a infraestrutura, ajudando a estabelecer condições necessárias para o surgimento do debate acerca da infraestrutura de recarga nas empresas do setor elétrico e movimentando a cadeia de valor de recarga a nível nacional (SANTOS; GRANGEIA, 2021). Alguns dos programas e iniciativas podem ser observados na Tabela 8:

*Tabela 8 - Programas e políticas voltados para promoção da mobilidade elétrica*

Iniciativa	Lançamento	Descrição	Abrangência	Status
Programa Inovar-Auto (criado pela lei nº12.715/2012 e alterado pela lei nº12.996/2014)	17/12/2012	Programa com objetivo de incentivar o aumento da competitividade e a inovação no setor automotivo	Nacional	Encerrado
Consulta Pública ANEEL nº 002/2016	22/04/2016	Obteve subsídios para avaliar a necessidade de regulamentação dos aspectos relativos ao fornecimento de energia elétrica para a recarga de VEs.	Nacional	Encerrada
Programa Rota 2030 (criado pela Lei 13.755/15)	10/12/2018	Estabelece regras para a fabricação e comercialização de veículos para os próximos 10 anos e garante incentivos fiscais como contrapartida para a alocação de recursos em projetos de pesquisa e desenvolvimento no segmento.	Nacional	Em vigor

Fonte: Adaptado de (PNME, 2021; SANTOS; GRANGEIA, 2021)

Para além do estímulo ao debate faz-se necessário o acesso a financiamento para a aquisição de VEs e para a expansão da infraestrutura de recarga. Para o caso de caminhões e ônibus elétricos ou híbridos e veículos leves elétricos ou híbridos para uso comercial a aquisição pode ser financiada através do programa Finame Baixo Carbono, do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (ESTADÃO, 2022). A infraestrutura de recarga, por sua vez, foi contemplada por dois projetos desenvolvidos por unidades da Empresa Brasileira

de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii) com apoio do BNDES nos valores respectivos de R\$3,4 milhões e R\$ 3,3 milhões no ano de 2018 (BNDES, 2018).

O BNDES apresentou em 2022 a sua estratégia climática para a transição justa. Entre as estratégias setoriais de mitigação contidas no documento o banco afirma que almeja incentivar a eletromobilidade e hibridização da mobilidade urbana e incentivar a eletrificação e aumento da malha logística ferroviária. Ao mesmo tempo, pretende promover o uso de fontes de combustível limpas, estimular inovação e projetos de novos biocombustíveis e estimular a produção de combustíveis sustentáveis e de baixa pegada de carbono (BNDES, 2022).

O banco assinou, ainda, um Protocolo de Intenções junto a empresa Volkswagen, com o intuito de unir esforços para a descarbonização dos veículos automotores no Brasil. A estratégia de descarbonização anunciada pela empresa tem como base, entretanto, a implantação de um Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de tecnologias em biocombustíveis (BNDES, 2021). Essas medidas mostram a intenção do BNDES de contribuir para a descarbonização do setor, entretanto, também mostram que os biocombustíveis ainda desempenham papel importante nos planos do banco, podendo competir por recursos com os VEs.

O arcabouço institucional e a governança no Brasil no que diz respeito ao estímulo de adoção de VEs contrasta com as estratégias utilizadas por países que tiveram sucesso na expansão de suas frotas, tais como China e Alemanha. A falta de consenso nacional em relação aos VEs e a escassez de medidas que estimulem de forma clara a mobilidade elétrica evidenciam essa diferença (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

Ações relacionadas diretamente com os VEs mostram-se ainda limitadas e desarticuladas com o arcabouço institucional já estabelecido, a exemplo do Programa Inova Energia. As políticas de estímulo à eletromobilidade no Brasil têm sido indiretas, geralmente incluídas em esforços mais generalistas de promoção de tecnologias limpas ou sustentáveis. As medidas diretas concentram-se nas agências e órgãos federais, entretanto, figuram como iniciativas que não se integram com o planejamento estratégico e, por esse motivo, têm dificuldade em se firmar no longo prazo e atrair investimentos para o setor (CONSONI et al., 2018).

Entre as ações de incentivo à eletrificação da frota no país merece o destaque do Programa de P&D da Aneel, que promoveu uma chamada de projetos de mobilidade elétrica no ano de 2019,

selecionando 36 projetos com investimento de aproximadamente R\$ 600 milhões dos quais mais de R\$ 80 milhões foram aportados diretamente por parceiros da indústria automobilística e de equipamentos (DE CASTRO; BRANDÃO; MOSZKOWICZ, 2021). O governo atual tem demonstrado, ainda, sinais positivos em relação à eletromobilidade e à transição energética no país (ABVE, 2023a; BRASIL, 2023), embora o apoio à mobilidade elétrica tenha, até o momento, sido centrado no apoio à eletrificação do transporte público, sem avanços na regulamentação para veículos leves de uso pessoal

#### 4.1.2. Aspecto econômico

Emergências de saúde globais, como a pandemia de COVID-19, tendem a ter impactos socioeconômicos a curto, médio e longo prazo (DONG et al., 2022). Acontecimentos dos últimos anos como o endividamento dos países no pós pandemia de COVID-19, as restrições na oferta de energia e outras *commodities* e o conflito entre Rússia e Ucrânia geraram impactos econômico profundos cujos efeitos continuam se manifestando e dos quais diversos países continuam tentando se recuperar (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023a).

Mais recentemente, o fechamento de bancos regionais no Estados Unidos e as dificuldades enfrentadas por bancos europeus geraram, ainda, incertezas sobre a estabilidade financeira de diversos países, aumentando a aversão global ao risco e culminando em impactos sobre os preços os preços de diversos ativos financeiros (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023a). Apesar desses acontecimentos, as perspectivas de crescimento de importantes economias do mundo melhoraram no primeiro trimestre de 2023 em relação à expectativa do final de 2022 (IPEA, 2023).

No Brasil, os indicadores setoriais apontam para uma desaceleração da atividade econômica desde o último trimestre de 2022. Na comparação com médias móveis a produção industrial registrou três quedas consecutivas, o crescimento da atividade de serviços desacelerou, caindo de 2,4% em outubro para 1% em dezembro de 2022, e o comércio varejista encerrou o ano com queda de 0,7%. Na média móvel de dezembro foi observado, ainda, que o Índice de Atividade Econômica do Banco Central (IBC-Br) recuou em 1,5% (IPEA, 2023).

As restrições de oferta relacionadas aos efeitos mais severos causados pela pandemia de COVID-19 têm se abrandado. No entanto, a produção industrial tem dificuldade para retomar o



crescimento devido a restrições de demanda. O setor de serviços ainda cresce, embora com uma diferença de 0,6% da margem esperada. Para o comércio antecipam-se avanços, apesar da piora das condições financeiras das famílias, especialmente nos bens menos dependentes de crédito. Ações anunciadas pelo governo federal como o aumento real do salário-mínimo, a renovação do Bolsa Família e a criação do programa Desenrola Brasil, voltado para a renegociação de dívidas das famílias, devem estimular a demanda (IPEA, 2023).

O mercado de trabalho, por sua vez, mostra sinais de arrefecimento, com uma leve aceleração da taxa de desocupação. Entre o terceiro e o quarto trimestre de 2022 a queda nas contratações contribuiu mais para o crescimento dessa taxa do que o crescimento das demissões, sendo possível identificar um arrefecimento no ritmo de crescimento do emprego formal. A taxa de desemprego aumentou no período, embora esse aumento tenha sido amenizado pelo recuo da taxa de participação (passou de 63,5% em junho para 61,4% em fevereiro) (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023b).

Nesse contexto, a renda familiar continua altamente comprometida com serviço de dívida, limitando o crescimento do mercado de crédito. Olhando para a média trimestral de dezembro de 2022 a fevereiro de 2023 é possível observar uma queda nas concessões para pessoa jurídica de 5,4% para capital de giro e de 8,4% para aquisição de bens, em comparação ao trimestre de setembro a novembro de 2022. Embora em menor magnitude, as concessões para aquisição de bens e crédito pessoal de recursos livres para pessoas físicas também caiu no período (IPEA, 2023).

O método de pagamento mais comum na compra de um automóvel no Brasil é o financiamento. Assim, o crescimento da indústria automobilística brasileira e o crescimento das vendas dos VEs dependem da concessão de crédito (FURTADO et al., 2023), e são impactados negativamente pelo cenário atual. Aumentos nos juros, nos preços dos veículos e nos combustíveis, contribuem, também, para diminuir a demanda (PAGANI; FIRME; SANTOS, 2022).

Em comparação ao ano anterior o PIB brasileiro cresceu 2,9% em 2022, com destaque positivo para o desempenho da eletricidade e gás, água e esgoto e atividades de gestão de resíduos. A taxa de investimento no ano foi de 18,8% do PIB, discretamente inferior a taxa de

18,9% do ano anterior (IBGE, 2023b). Para 2023 o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) prevê crescimento de 1,4% do PIB, com novo crescimento de 2,0% no ano de 2024 com melhor desempenho da indústria e dos serviços (IPEA, 2023).

O setor externo ainda apresenta um desempenho resiliente, mesmo em um cenário de queda de preço das *commodities*, enquanto os investimentos diretos no país se recuperam de maneira acentuada. A taxa de câmbio, por sua vez, não aparenta tendência de elevação ou queda, embora apresente alta volatilidade no período (IPEA, 2023). Atualmente, os VEs e seus componentes comercializados no Brasil são largamente provenientes de importação. Assim, a ausência de uma tendência de alta é favorável, mas a volatilidade da taxa de câmbio pode gerar insegurança para o consumidor.

Apesar do cenário econômico pouco favorável dos últimos anos devido, entre outros fatores, à pandemia de COVID-19, a mobilidade elétrica tem se expandido em um ritmo mais acelerado do que no passado. No ano de 2021 34.990 unidades de VEs foram vendidas, superando em 77% as vendas do ano anterior e em 195% as vendas de 2019 (ABVE, 2022b). Esse aumento foi impulsionado pelo crescimento das frotas corporativas, que começaram a utilizar VEs como uma força de reduzir seus custos operacionais em atividades de transporte e bens de serviço e contribuir para seus parâmetros de sustentabilidade (PNME, 2022).

O interesse crescente do meio corporativo pela agenda Ambiental, Social e de Governança (ASG) tem levado diversas empresas a iniciarem a eletrificação de suas frotas, a exemplo da Magalu, da Ambev, do Mercado Livre e da Nestlé. Em resposta a essa tendência, empresas que oferecem a locação de veículos para frotistas começaram a reconfigurar seus portfólios, incluindo veículos eletrificados. Assim, o aquecimento da agenda ASG pode impulsionar o mercado da mobilidade elétrica no Brasil (PNME, 2022).

A atratividade dos VEs é afetada, ainda, pelo preço do petróleo e de seus derivados. Enquanto o preço alto de combustíveis como a gasolina e o diesel tornem os VEs mais atraentes, a alta do petróleo impacta a perspectiva de crescimento com os preços altos desincentivando o consumo, impulsiona a inflação ao gerar um aumento no preço dos alimentos e dos combustíveis e pode afetar os juros, que são um dos principais mecanismos de controle da inflação (PNME, 2022).

Depois de atingir o valor de US\$100,94 em 2022, o preço do barril do petróleo Brent, que é o petróleo bruto, tem média prevista de US\$78,65 em 2023, caindo para US\$74,47 em 2024 (EIA, 2023), embora seja preciso considerar que a volatilidade recente dos preços torna mais sensível a análise de projeções (IBP, 2022).

No Brasil no ano de 2021 o consumo de energia nos transportes apresentou crescimento, com o consumo de gasolina e óleo diesel subindo, respectivamente, 9,8% e 9,1% em relação a 2020. A gasolina automotiva conquistou espaço em relação ao etanol hidratado no período, enquanto o biodiesel cresceu 6,5% no transporte de cargas rodoviário. No mesmo período o consumo de energia elétrica cresceu 4,2% (EPE, 2022), apesar do aumento da tarifa causado pela ativação das termelétricas como consequência da escassez hídrica.

De acordo com o Tribunal de Contas da União, as tarifas praticadas poderiam ser mais baixas, mas a política de preços adotada entre os anos de 2013 e 2021 para as tarifas de energia elétrica careceu de diretrizes, metas formais, indicadores e objetivos claros. O órgão afirmou, ainda, que o valor médio da tarifa de energia elétrica no Brasil cresceu acima da inflação nos últimos 20 anos (TCU, 2022).

#### 4.1.3. Aspecto social

O Brasil tem a sexta maior população do mundo, com aproximadamente 214.326.220 habitantes no ano de 2022 (OUR WORLD IN DATA, 2022). Esses números indicam a existência de um grande mercado consumidor potencial, favorecendo o desenvolvimento industrial (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022).

A região mais populosa e de maior densidade demográfica do país é a região Sudeste, onde se encontram os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, com respectivamente 44,4 milhões, 20,5 milhões e 16 milhões de habitantes. Os três estados comportam, quando combinados, aproximadamente 41,8% da população do país, apesar de corresponderem a somente 10,3% da área brasileira (IBGE, 2023c). Os estados são, também, os maiores PIBs do país (IBGE, 2023a).

Dentre esses estados, São Paulo se destaca como o de maior densidade populacional e de maior participação no PIB, com as maiores metrópoles do país concentradas no eixo Rio de Janeiro -São Paulo- Campinas (das quais duas se encontram no estado de São Paulo) (IBGE,

2023c). Em relação a renda média da população São Paulo e Rio de Janeiro ocupam, respectivamente, o segundo e o terceiro lugar do ranking, ficando atrás somente do Distrito Federal. Assim, fazem parte das 8 Unidades da Federação cuja renda média da população encontra-se acima da média nacional (NERI, 2023).

A alta densidade populacional nos grandes centros na região Sudeste (coincidindo com algumas das regiões de maior renda do país) contribui positivamente para o avanço da mobilidade elétrica, facilitando a implementação de uma infraestrutura de recarga e reduzindo a dependência dos usuários dos VEs de uma maior autonomia graças às menores distâncias a serem percorridas diariamente (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022).

O alto custo dos VEs continua sendo, entretanto, um fator significativo na tomada de decisão do consumidor brasileiro, reduzindo a intenção de compra de VEs. Especialmente para as classes C, D e E (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). A estratificação das classes sociais no Brasil de acordo com a renda domiciliar pode ser observada na Tabela 9, considerando o valor do salário-mínimo de R\$1.320,00 no ano de 2023.

*Tabela 9 - Estratificação das classes econômicas no Brasil*

Classe	Número de salários-mínimos	Valor da Renda Domiciliar
A	Acima 20	Acima de R\$26.400,00
B	De 10 a 20	Entre R\$13.200,00 e R\$26.400,00
C	De 4 a 10	Entre R\$5.280,00 e R\$13.200,00
D	De 2 a 4	Entre R\$2.640 e R\$5.280,00
E	Até 2	De 0 a R\$2.640,00

Fonte: Elaborada pela autora

O crescimento da indústria automobilística brasileira depende muito da concessão de crédito, visto que financiamento é o método de pagamento mais comum na compra de um automóvel no país, embora o custo do crédito no país seja alto (FURTADO et al., 2023). Assim, a demanda por automóveis no país é beneficiada por aumentos na oferta de crédito, mas também por desvalorizações cambiais, reduções no IPI, aumentos no PIB, no risco-Brasil e na confiança do consumidor. Aumentos nos juros, nos preços dos veículos e nos combustíveis, por sua vez, tendem a diminuir a demanda (PAGANI; FIRME; SANTOS, 2022).

Nesse contexto, embora o consumidor brasileiro tenha uma atitude positiva em relação aos VEs, considerando-os uma opção de transporte de melhor desempenho ambiental, o alto custo de aquisição dos VEs e o tempo de recarga ainda representam barreiras. Assim, fatores econômicos como reduções de impostos e tributos, a redução do preço do combustível e a garantia de um custo de manutenção semelhante ao de veículos convencionais têm forte influência sobre a percepção do consumidor brasileiro no que diz respeito à adoção de VEs (BURANELLI DE OLIVEIRA et al., 2022; RUOSO; RIBEIRO, 2022), mostrando tendências semelhantes a consumidores na China e na Europa (BIRESSELIOGLU; DEMIRBAG KAPLAN; YILMAZ, 2018; CANSINO; SÁNCHEZ-BRAZA; SANZ-DÍAZ, 2018; CAPGEMINI, 2019; SOVACOOOL et al., 2019).

Espera-se que, de forma semelhante à China e a Europa, o aumento da consciência dos consumidores sobre os benefícios ambientais e de redução de emissões atrelados aos VEs, incentivos econômicos – como redução de impostos dos VEs e de peças, redução do preço da eletricidade para donos de VEs, redução de impostos recorrentes como o IPVA – e não econômicos e avanços tecnológicos que aumentem a performance das baterias, a disponibilidade e a eficiência dos pontos de recarga impulsionem a demanda por VEs no Brasil (BURANELLI DE OLIVEIRA et al., 2022; RUOSO; RIBEIRO, 2022).

#### 4.1.4. Aspecto tecnológico

Os maiores desafios tecnológicos a serem vencidos pelos VEs são a autonomia limitada, ligada à capacidade das baterias, e o tempo de recarga (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). Baterias de íon de lítio são as mais utilizadas na construção de VEs devido ao seu peso reduzido, bom desempenho, alta densidade de energia e alta potência de saída (ZHANG et al., 2023). Os avanços da mobilidade elétrica têm gerado mudanças expressivas na indústria de baterias e, desde 2010, o preço dessas baterias apresentou uma queda de 89% (GRANGEIA et al., 2023) graças a ganhos de escala, avanços tecnológicos e melhorias no processo de fabricação (TSIROPOULOS I; TARVYDAS D; LEBEDEVA N, 2018).

Além de diminuir o preço das baterias, os avanços tecnológicos aumentaram a autonomia dos VEs, chegando a 400 km para alguns modelos – um desempenho comparável a veículos tradicionais de combustão interna (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). Os VEs

continuam dependendo, entretanto, de uma infraestrutura de recarga, e a experiência do usuário continua sendo altamente afetada pelo tempo de recarga. Integrar a infraestrutura de recarga à rede elétrica leva a picos de demanda. Garantir que a rede elétrica seja capaz de absorver esses picos ao mesmo tempo em que integra as fontes renováveis intermitentes e garante a segurança energética e a redução das emissões de GEE ainda é um desafio, especialmente para países grandes como o Brasil (DE CASTRO; GONÇALVES; TOSTES, 2023).

Para elevar a capacidade de operacionalização de um sistema elétrico e possibilitar que os consumidores participem de forma mais ativa através do estabelecimento de uma rede elétrica flexível, resiliente, eficiente, econômica e confiável faz-se necessário agrupar tecnologias digitais, que permitem gerenciar a energia elétrica. Redes construídas com essas tecnologias são referidas como *smart grids*. A flexibilidade dessas redes pode ser a resposta para os desafios que o crescimento do número de VEs deve gerar, incluindo o aumento no consumo de energia e a maior dificuldade de prever a demanda ao longo do dia (DE CASTRO; GONÇALVES; TOSTES, 2023; WARAICH et al., 2013).

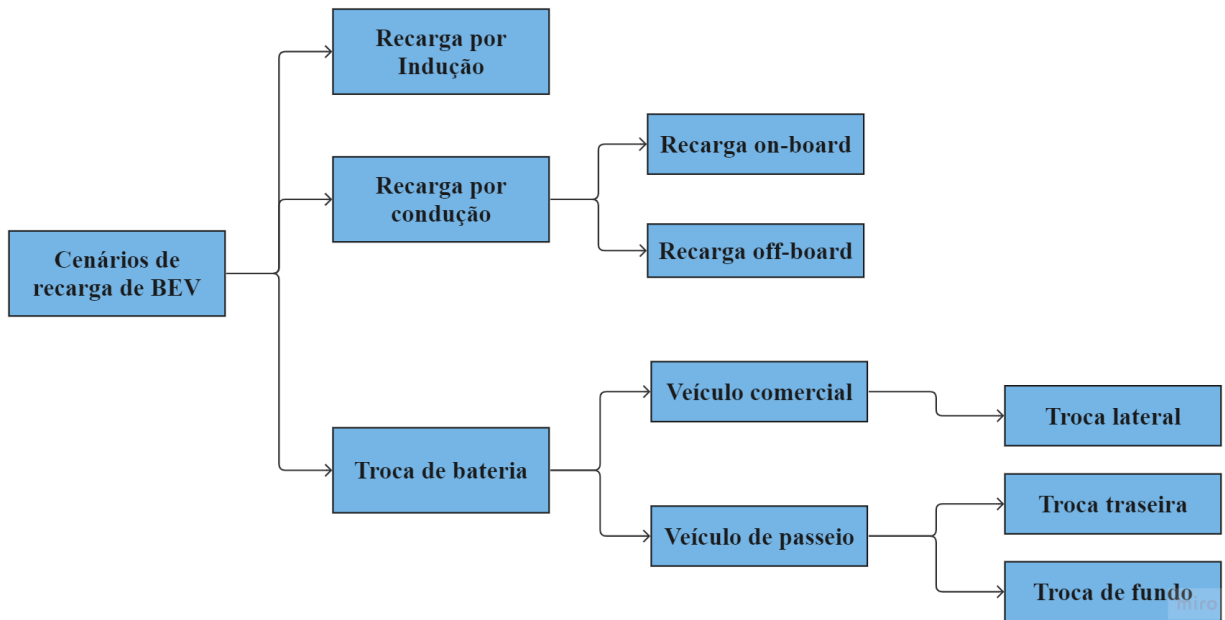
A absorção da demanda imposta pelos VEs à rede elétrica pode ser beneficiada, ainda, pelo *smart charging* – a adaptação do ciclo de recarga dos VEs às condições do sistema de recarga e às necessidades dos usuários dos veículos. É uma maneira de otimizar o processo de recarga de acordo com as restrições da rede, a disponibilidade de fontes locais de energia renovável e a preferência do usuário. Embora existam formas simples de estimular o *smart charging*, como a precificação diferenciada de acordo com o horário de recarga, encorajando usuários a recarregarem seus veículos fora do horário de pico, uma maior penetração dos VEs exigirá mecanismos mais complexos (IRENA, 2019).

A longo prazo deverão ser adotados mecanismos de controle direto de maneira a equilibrar a rede rapidamente de acordo com as flutuações de demanda. Esses mecanismos podem consistir em simplesmente ligar e desligar o carregamento, em controle unidirecional (V1G) – possibilitando aumentar e diminuir a taxa de carregamento – ou, até mesmo, no controle bidirecional (V2G), possibilitando que VEs funcionem como fornecedores de energia para a rede. Com o fluxo bidirecional de energia os VEs podem, ainda, funcionar como *back-ups* de energia para residências em períodos de escassez de energia ou para o melhor aproveitamento de energia produzida no local (a partir de unidades de captação de energia solar, por exemplo). De todas as

alternativas de mecanismos de *smart charging*, a V2G é a tecnicamente mais desafiadora (IRENA, 2019).

Uma vez que a rede elétrica seja capaz de atender às demandas impostas pelos VEs é preciso, então, estabelecer uma infraestrutura de recarga e garantir que o tempo de recarga nos pontos atenda às necessidades dos usuários. Estações de recarga são responsáveis por fornecer e controlar a energia transferida para a bateria de um veículo, e podem ser classificadas de acordo com a potência (que implica a velocidade do carregamento) e o protocolo de comunicação entre o VE e a estação (GONZÁLEZ; SIAVICHAY; ESPINOZA, 2019). As principais soluções de carregamento para VEs podem ser observadas na Figura 9.

Figura 9 - Soluções de carregamento para VEs



Fonte: Adaptado de Bahrami (2020)

Os pontos de recarga no Brasil são, vias de regra, pontos de recarga por condução. Nesses carregadores a energia é fornecida pela rede elétrica, na forma de corrente alternada (AC). As taxas de carregamento dependem da capacidade do *plug* e do cabo AC utilizados e do próprio carregador. A voltagem pode ser de até 120 V em carregadores domésticos, com potência de 2 kW, corrente de até 12 A e tempo de recarga entre 6 e 24 horas quando é utilizada uma conexão de fase única, ou de 240 V, com potência de 7,6 kW, corrente de até 34 A e tempo de recarga de

menos de 6 horas quando são usadas conexões de duas ou três fases (BAHRAMI, 2020; GONZÁLEZ; SIAVICHAY; ESPINOZA, 2019).

É possível, ainda, fornecer recargas com corrente contínua (DC). Nesses casos a fonte da energia ainda é a rede elétrica AC, mas a corrente é convertida de AC para DC. O carregamento DC é mais rápido, fornecendo voltagem de até 600 V. Carregadores desse tipo fornecem potência de 240kW com correntes de até 400 A e, dependendo do modelo do VE, o tempo de recarga pode ser de menos de 30 minutos para atingir 80% da capacidade da bateria (BAHRAMI, 2020; GONZÁLEZ; SIAVICHAY; ESPINOZA, 2019).

No Brasil a infraestrutura de recarga tem avançado – de 226 em 2019 o número de pontos de recarga públicos e semipúblicos avançou para 1250 em fevereiro de 2022 -, embora com alta concentração na região Sudeste e, especialmente, no estado de São Paulo (ABVE, 2022b). Essa concentração do crescimento dos pontos de recarga nas regiões Sul e Sudeste coincide com as regiões de maior concentração de VEs (GRANGEIA et al., 2023).

Dessas estações de recarga pouco mais de três dezenas são de recarga rápida. Algumas das maiores eletrovias do país são o Corredor Verde, no Nordeste, e o corredor de estações de recarga na Rodovia Presidente Dutra, que permite realizar uma viagem completa em veículo elétrico entre as capitais de São Paulo e Rio de Janeiro (PNME, 2022). Considera-se, ainda, implementar eletrovias no eixo Rio-São Paulo-Campinas com uma extensão até Curitiba com a instalação de eletropostos nessas vias, que poderiam ser abastecidos por energia gerada por placas fotovoltaicas com potência de 75kW (DE; PEREIRA, 2019).

Muito da infraestrutura de recarga no país é oferecida pelas próprias montadoras de veículos (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022) e por empresas fornecedoras de energia, com as eletrovias da Rodovia Presidente Dutra e do Nordeste tendo sido desenvolvidas, respectivamente, pela EDP em colaboração com a BMW *Group* Brasil e pela Neoenergia (ANFAVEA, 2022).

Globalmente têm sido exploradas, também, opções inovadoras de recarga via indução, como rodovias com sistemas que recarreguem os VEs enquanto eles estão em movimento. Cabos elétricos de cobre são instalados dentro do asfalto para que a corrente elétrica passe por eles. Ao passar pela via eletrificada o VE recarrega sua bateria baixando o equipamento responsável pela recarga via indução. Essa tecnologia tornaria possível, assim, recarregar o veículo em



movimento, mas no momento ainda apresenta custo muito elevado e alta dependência do desenvolvimento de *smart cities* e alta conectividade (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022).

#### 4.1.5. Aspecto ambiental

A preocupação com a segurança energética e com os impactos gerados pelas mudanças climáticas levou a um crescimento das políticas globais de incentivo a expansão da mobilidade elétrica (GRANGEIA et al., 2023). Globalmente, os derivados de petróleo fornecem 91% da energia final do setor de transportes (IEA, 2022c), que é responsável por 16,2% das emissões globais de GEE (RITCHIE; ROSER, 2020). Esse cenário reflete a motivação por trás da meta de 100 milhões de VEs e 400 milhões de VEs incluindo veículos de duas e três rodas até 2030 (UNFCCC, 2015), com o intuito de reduzir as emissões de GEE com a substituição dos veículos de combustão interna por VEs.

A principal diferença no perfil de emissões em um cenário em que os VEs substituem os veículos convencionais movidos à combustão interna é que, enquanto as principais emissões dos veículos à combustão interna acontecem na produção e no uso dos combustíveis fósseis, as principais emissões dos VEs acontecem na produção das baterias e da eletricidade. Assim, para compreender o impacto potencial da adoção dos VEs sobre as emissões de GEE, é preciso considerar todo o ciclo de vida do veículo, incluindo a reciclagem dos materiais e o fator de emissão da eletricidade utilizada para carregar os veículos (GLENSOR; MARÍA ROSA MUÑOZ, 2019).

Considerando a avaliação do ciclo de vida (ACV) dos veículos, incluindo as emissões adicionais ocorridas pela fabricação das baterias do veículo elétrico, nos Estados Unidos o fator de emissão de um VE é metade do fator de emissão de um veículo similar movido a gasolina. Na China a alta participação do carvão na matriz elétrica faz com que os resultados dos VEs sejam piores, mas o saldo permanece positivo (NEALER; REICHMUTH; ANAIR, 2015). No Brasil, o baixo fator de emissão da matriz elétrica dá aos VEs alto potencial para reduzir as emissões do setor de transportes no país (ELLIS; RYPL, 2021).

Petróleo e derivados correspondem a 34,4% da oferta interna de energia no país, e o setor de transportes apresenta uma matriz energética composta 23% por fontes renováveis devido à

participação dos biocombustíveis. A matriz elétrica brasileira, por sua vez, atingiu o patamar de 78,1% renovável em 2021 apesar da escassez de chuvas que provocou redução do nível dos reservatórios das principais hidrelétricas do país, levando ao aumento da produção de energia elétrica por outras fontes, com aumento de 24% na geração termelétrica. Antes da queda, a matriz elétrica era 83,8% renovável. Além da hidreletricidade a matriz brasileira conta, ainda, com crescente participação da geração eólica e solar fotovoltaica, com evolução expressiva na micro e minigeração distribuída especialmente no Centro-Sul do país (EPE, 2022), apesar das altas tarifas.

No Plano Decenal de Expansão da Energia é apontado que a energia afluyente às usinas hidrelétricas têm acumulado valores abaixo da média, denotando necessidade de se diversificar a matriz a partir dos investimentos em fontes renováveis além das elétricas, dentre as quais são citadas as fontes eólica, biomassa e fotovoltaica, a serem complementadas pela expansão da geração despachável de termelétricas a gás natural. A partir da diversificação estima-se que a fonte hídrica, que representava 83% da capacidade instalada no início do século, deverá reduzir sua participação relativa para 46% até 2031 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022).

Levando em consideração o baixo fator de emissão da matriz elétrica brasileira, no país VEs podem emitir de 38% a 85% menos do que veículos com motores à combustão, considerando um veículo elétrico (VE) produzido em 2020 e usado por 250.000km. Essas estimativas consideram as emissões de GEE geradas pela importação das baterias que, atualmente, não são produzidas no Brasil. Entretanto, em um cenário em que baterias começassem a ser produzidas no Brasil, as emissões dos VE seriam ainda menores (ELLIS; RYPL, 2021). O novo perfil da matriz elétrica brasileira terá reflexo direto sobre o potencial de redução de emissões dos VEs em comparação aos de combustão interna no país.

Em comparação aos veículos movidos à combustão interna de derivados do petróleo e aos veículos movidos a biocombustíveis no Brasil, estima-se que o ciclo de vida dos VEs apresenta menores emissões de GEE e poluição atmosférica local, dado que a intensidade de emissão da matriz elétrica brasileira mantenha-se próxima dos níveis atuais, com a dimensão do benefício obtido em relação a redução das emissões sendo altamente sensível à intensidade de emissões do sistema elétrico (GLENSOR; MARÍA ROSA MUÑOZ, 2019).

A eletrificação da frota resultaria, entretanto, em um crescimento expressivo da demanda por energia elétrica, tornando necessária uma expansão condizente da capacidade de geração do país, a ser realizada com o menor nível de emissões possível (GLENSOR; MARÍA ROSA MUÑOZ, 2019).

As considerações ambientais referentes aos VEs vão, ainda, além do consumo energético, das emissões de GEE e de seu impacto sobre o cenário de mudanças climáticas. VEs trazem benefícios, também, em termos das emissões de poluição local, especialmente em centros urbanos. Entretanto, trazem riscos e impactos associados que devem ser considerados em sua análise de ciclo de vida juntamente a sua pegada hídrica, ecológica e de carbono, como o esgotamento de recursos naturais diversos e danos ao meio ambiente e a saúde humana ligados à toxicidade das baterias (ZHANG et al., 2023b).

Os principais recursos naturais utilizados para a confecção das baterias são o cobalto e o lítio, cuja mineração tem ligações com poluição do ar, do solo e da água (KAUNDA, 2020), impactos sobre biodiversidade e saúde humana, uso intensivo de energia (FARJANA; HUDA; MAHMUD, 2019), consumo de água e geração de conflitos com comunidades tradicionais (FARJANA; MAHMUD, 2012 *apud* DALL-ORSOLETTA; FERREIRA; GILSON DRANKA, 2022). Para reduzir os impactos da extração e a dependência do lítio bruto faz-se necessária a adoção de reciclagem em larga escala, entretanto, a tecnologia e as estratégias de reciclagem disponíveis ainda não são suficientes (OLIVEIRA et al., 2015).

Além da redução dos impactos da extração do minério bruto e do seu potencial como fonte de matéria-prima, a reciclagem apresenta-se ainda como a estratégia de tratamento de resíduo mais indicada para lidar com a toxicidade das baterias, que são capazes de liberar mais de cem tipos de gases tóxicos, dentre os quais vários são potencialmente fatais (SUN et al., 2016).

Os benefícios ambientais e econômicos ligados à reciclagem das baterias têm motivado a China a promover uma economia circular, reinserindo as baterias na indústria através de métodos de reciclagem (WEI; WANG; LI, 2022). O Brasil, entretanto, não possui infraestrutura capaz de reprocessar os componentes das baterias dos VEs. Assim, no cenário atual, as baterias precisariam ser exportadas para serem reprocessadas, ou seriam descartadas ao final de sua vida útil.

#### 4.1.6. Aspecto legal

Benefícios legais, como a isenção de imposto de importação, combinados a incentivos políticos podem promover incentivos para a produção nacional e impulsionar a popularização dos VEs (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). Iniciativas de níveis municipal, estadual e federal podem ser observadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Iniciativas de cunho regulatório voltadas para a expansão da mobilidade elétrica

Iniciativa	Lançamento	Descrição	Abrangência	Status
Projeto de Lei no 3.895	22/05/2012	Dispõe sobre a atividade de revenda varejista de eletricidade para abastecimento de veículo automotor elétrico ou híbrido. O projeto altera a Lei no 9.074 de 1995 e cria a figura do revendedor varejista de energia elétrica para fins automotivos.	Nacional	Aguardando designação de relator na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania
Projeto de Lei da Câmara no 65	15/07/2014	Obriga as concessionárias de energia elétrica a instalar eletropostos em estacionamentos públicos e o poder público a desenvolver mecanismos que promovam, nos prédios residenciais, a instalação de tomadas para recarga de VEs nas vagas de garagem	Nacional	Projeto arquivado
Resoluções Camex nº 86/2014, nº 97/2015 e nº 27/2016	18/09/2014	Isentar ou reduzir a alíquota dos impostos de importação de VEs híbridos de passeio e de veículos puramente elétricos de transporte de mercadorias	Nacional	Em vigor
Lei 14.826/2016	25/04/2016	Programa de incentivo a utilização de carros elétricos ou movidos à hidrogênio através da desoneração tributária, disponibilização de vagas preferenciais de estacionamento e instalação de estações de recarga de VEs em locais públicos	Municipal - Curitiba	Em vigor
Lei 15.5997	27/05/2018	Exclusão dos VEs do rodízio estabelecido pela Lei nº 9.690/1997 da cidade de São Paulo	Municipal - São Paulo	Em vigor
Resolução Normativa nº 819	19/06/2018	Estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de VEs por concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica	Nacional	Em vigor
Decreto nº 9.442	05/07/2018	Altera as alíquotas do IPI incidente sobre veículos equipados com motores híbridos e elétricos	Nacional	

Fonte: Adaptado de (PNME, 2021; SANTOS; GRANGEIA, 2021)

A Resolução Camex nº 27/2016 tinha como objetivo reduzir o imposto de importação sobre automóveis elétricos e híbridos de 35% para 0%. A medida fez parte da política de fomento para

novas tecnologias de propulsão do Governo Federal, e veio complementar as Resoluções Camex nº 86/2014 e nº 97/2015 que já haviam reduzido os impostos de importação de veículos híbridos e elétricos anteriormente.

O volume de VEs emplacados no Brasil (HEV, BEV e PHEV) no ano de 2022 foi 41% superior ao de 2021. Entretanto, o volume de VEs no país ainda é baixo e até o momento só a Toyota fabrica veículos do tipo no país, com a *Great Wall Motors* e a CAOA Chery tendo anunciado em 2023 que começarão a fabricação de elétricos no Brasil (ABVE, 2023a). Como muitos dos VEs disponíveis não são produzidos no Brasil, a redução dos impostos de importação é um forte incentivo para o consumidor final. O impacto real que é gerado sobre o público consumidor, entretanto, é limitado, já que a muitos consumidores em potencial nem mesmo tem conhecimento sobre os procedimentos necessários para importar o veículo (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022).

A Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) defende a manutenção da isenção de impostos de importação até 2026, com o intuito de impulsionar a adoção de VEs no país e alegando que o mercado brasileiro de eletromobilidade ainda está em formação. A Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea), por sua vez, alega que a isenção deve terminar, com o intuito de fomentar a internalização da produção no país, assim como a previsibilidade de investimentos do setor (CNN, 2023).

Existem, ainda, outras inseguranças jurídicas e questões de tributação que causam preocupação para além da importação. De acordo com a Lei 5.172/1966 diversas tributações incorrem sobre os VEs, incluindo 1,65% para o Programa de Integração Social (PIS) /Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP), 7,6% de Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), uma média de 9% de Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e de 12% a 18% de Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS). Essas tributações combinadas podem levar a um aumento de 35% do valor final do VE (DE SOUSA; CASTAÑEDA-AYARZA, 2022). A mesma tributação incorre sobre os veículos convencionais de combustão interna.

Na América Latina diversos países adotaram instrumentos de estímulo à mobilidade elétrica baseados na redução de impostos de importação. Na República Dominicana e na Costa Rica a

isenção foi adotada, respectivamente, em 2020 e em 2022, em conjunto com isenção do Imposto de Valor Agregado (IVA) para montadoras de VEs. No Chile e na Colômbia a redução de taxas de importação também figura entre os incentivos à adoção de VEs (PNME, 2022). Na UE, na Índia e nos Estados Unidos, por sua vez, que possuem mercados de VEs comparativamente mais desenvolvidos, as políticas públicas de incentivo já se voltam para o incentivo da expansão das cadeias produtivas e de suprimentos, com desdobramentos sobre a conduta das firmas e do crescimento do mercado (IEA, 2023).

Medidas de desoneração tributária, disponibilização de vagas preferenciais de estacionamento e isenção de medidas de circulação, como as implementadas pela Lei municipal 14.826/2016 de Curitiba e pela Lei municipal 14.826/2016 de São Paulo são observadas também na Colômbia e em outros locais fora da América Latina (PNME, 2022). Na Noruega VEs são isentos de taxas de pedágio, enquanto em Amsterdam táxis elétricos podem tomar a frente em filas em determinados locais e na Suécia VEs são isentos de taxas de estacionamento (SANTOS; GRANGEIA, 2021).

Embora medidas não monetárias tenham potencial de melhorar a experiência do usuário, o preço, a autonomia e o acesso a infraestrutura de recarga ainda são os maiores obstáculos à expansão da mobilidade elétrica (DELOITTE, 2017). Dessa maneira, políticas voltadas para a superação desses desafios tendem a impulsionar a adoção de VEs.

Nesse sentido, a redução de impostos de importação das Resoluções Camex e a redução do IPI estipulada pelo Decreto nº 9.442 contribuem para a redução do preço final e incentivam a compra de VEs. Ao mesmo tempo, a Resolução Normativa nº 819 representou um passo importante ao estabelecer os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de VEs por concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica, sendo posteriormente substituída pela nova Resolução Normativa nº1.000/2021. Ainda existe, entretanto, uma insegurança no que diz respeito à tributação dos pontos de recarga públicos, que podem a princípio ser tributados tanto como produtos quanto como serviços.

O aumento do número de VEs no país leva a necessidade de segurança legal, também, para garantir uma gestão adequada dos resíduos, com atenção especial às baterias. No Brasil, embora as vendas de VEs venham apresentando crescimento, ainda não existe uma logística reversa consolidada para as baterias de lítio, que são importadas para o país. A Política Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS) trata de baterias de forma genérica e sem distinção de tecnologias, relegando aos fabricantes, importadores, distribuidores e revendedores a responsabilidade pela implementação de um sistema de logística reversa (CABRAL-NETO et al., 2023).

A legislação referente a gestão de resíduos ainda não apresenta critérios adequados para o tratamento das baterias de lítio, que correm o risco de receberem destinação final inadequada devido à falta de tecnologia na coleta seletiva e na separação dos resíduos que seja capaz de identificá-las e à falta de conhecimento para a implementação de uma legislação regulatória (CABRAL-NETO et al., 2023).

#### 4.1.7. Concentração do mercado, barreiras e incentivos à entrada

Medidas de concentração industrial indicam preliminarmente se o poder de mercado em um determinado setor é significativo. Para possibilitar essa interpretação diferentes indicadores consideram as participações no mercado dos agentes (RESENDE; BOFF, 2013). A participação das principais marcas do mercado de VE, expressa através das vendas de VEs, incluindo BEV, PHEV e HEV no Brasil no ano de 2022, podem ser observadas na Tabela 11.

*Tabela 11 - Vendas e market share dos principais fabricantes de VEs no Brasil em 2022*

Fabricante	Nº de vendas em 2022	Fatia de mercado (%)
Toyota	19.009	44,17
CAOA Chery	5.743	14,43
Volvo	4.477	10,92
BMW	2.751	5,89
Land Rover	1.968	4,22
KIA	1.483	3,18
Mercedes-Benz	1.158	2,48
Renault	1.025	2,20
Porsche	927	1,99
JAC	886	1,90
Outros	4.024	8,62

Fonte: Adaptado de (ABVE, 2022a)

O IHH calculado para o mercado é de 2366,73. Assim, de acordo com a recomendação do Banco Central, o mercado caracteriza-se como altamente concentrado. A concentração de um mercado é afetada, entre outros fatores, pelas condições de entrada desse mercado (BAIN, 1954).



O mercado automobilístico foi considerado, ao longo da história, de difícil entrada (PERKINS; MURMANN, 2018; STRINGHAM; MILLER; CLARK, 2015), com barreiras como economia de escala, efeito cumulativo da curva de aprendizado, complexidade dos produtos, cadeia de suprimentos sofisticada e alto capital de entrada desempenhando um importante papel na manutenção da posição dominante das empresas desse mercado. A maior simplicidade de arquitetura dos VEs em comparação aos veículos movidos à combustão interna e a postura passiva das empresas dominantes do mercado em relação aos novos negócios e inovações ligados à mobilidade têm, entretanto, contribuído para enfraquecer as barreiras à entrada ligadas a tecnologia no mercado (CHO; SHIN, 2022)

Globalmente, o aumento na competição tem sido estimulado, muitas vezes, por incentivos públicos ao desenvolvimento de VEs (CHO; SHIN, 2022). Dessa maneira, a escassez de políticas de incentivo no Brasil pode contribuir para o atraso na entrada de novas empresas no mercado e para o prolongamento do período de alta concentração do mercado.

Nesse contexto, efeitos de rede também desempenham um importante papel (STRINGHAM; MILLER; CLARK, 2015). A escassez de uma infraestrutura de recarga no país torna o mercado pouco atrativo, visto que a percepção de valor dos VEs por parte dos consumidores em potencial é impactada negativamente, reduzindo a demanda. Entretanto, em um cenário que a infraestrutura seja expandida, a percepção dos consumidores sobre os VEs tende a ser afetada, aumentando a demanda e tornando o mercado mais atraente para novos entrantes.

#### 4.2 CONDUTA

Comumente as análises de conduta consideram a estratégia das firmas, que é a maneira pela qual elas buscam exercer seu poder no mercado em uma variedade de contextos (GRIGOROVA, 2008 *apud* BORU; KUHIL, 2018). Nessa dissertação a análise de conduta faz parte da aplicação do modelo E-C-D, e pretende atingir o quarto objetivo específico ao analisar a estratégia das principais empresas do mercado de VEs no Brasil e os seus possíveis impactos sobre a evolução do mercado brasileiro. Para isso, serão analisadas as condutas de firmas e a relação de algumas dessas condutas com políticas públicas em países de mercados mais desenvolvidos que o Brasil, para então serem discutidas as condutas das firmas no Brasil e a sua relação com as políticas públicas brasileiras.

Em diversos países com mercados de VEs relativamente bem desenvolvidos é possível observar uma mudança na conduta das firmas como consequência da adoção de políticas públicas. Ao avaliar a conduta de mercado de empresas, destacam-se fatores como a adequação da política de preços e método para adequá-la aos objetivos da firma, a política da firma relacionada à diversidade da oferta de produtos, as políticas para divulgação e venda dos produtos e os meios de coordenação para atingir os seus objetivos (BAIN, 1968).

As principais observações sobre a conduta das firmas nos mercados da China, dos Estados Unidos e da Europa e do Brasil podem ser observados na Tabela 12.

Tabela 12 - Conduta observada nos mercados da China, da Europa e dos Estados Unidos e do Brasil

China	Europa e Estados Unidos	Brasil
Empresas focadas desde o início em desenvolver e produzir modelos menores e mais acessíveis	Nos Estados Unidos fabricantes de VEs e de baterias anunciaram investimentos cumulativos de US\$52 bilhões na cadeia produtiva e de suprimentos local em resposta à Lei da Redução da Inflação	Empresa dominante no mercado lidera vendas com modelos híbridos e anuncia intenção de investir R\$1,7 bilhões no desenvolvimento de um novo híbrido <i>flex fuel</i> , dos quais aproximadamente R\$1 bilhão virão de benefícios fiscais que a montadora recebeu no estado de São Paulo
Reduções de custos de produção incentivadas pela competição promovida pelos incentivos públicos	Fabricantes priorizando modelos de porte grande devido à sua alta lucratividade em 2022	
O mercado atualmente é liderado por aproximadamente 12 empresas consolidadas, que desenvolveram VEs pequenos e baratos	Anúncios de fabricantes europeias mostram uma possível tendência de crescimento da produção de veículos menores para os próximos anos  Mercado é marcado pela presença de grandes fabricantes de veículos à combustão interna que começaram a inserir VEs de alto preço no mercado, e agora buscam a redução dos custos	O crescimento do número de veículos híbridos disponíveis no mercado reflete a conduta das empresas dominantes do mercado e pode contribuir para o atraso da implementação de uma infraestrutura de recarga capaz de suportar BEVs de maneira satisfatória

Fonte: Elaboração própria

Na América do Norte fabricantes de VEs e de baterias anunciaram investimentos cumulativos de US\$52 bilhões na cadeia produtiva e de suprimentos local em resposta à Lei da Redução da Inflação (IRA, do inglês *Inflation Reduction Act*) dos Estados Unidos, que oferece subsídio e incentivos de compra para VEs produzidos no país, levando até mesmo a Tesla a anunciar a realocação de sua fábrica de baterias de Berlim para o estado do Texas, nos Estados Unidos. Tailândia e Indonésia também têm fortalecido suas políticas públicas para a promoção da mobilidade elétrica, podendo representar lições para outros mercados emergentes (IEA, 2023).

Em 2022 China, Noruega, Holanda, Alemanha, Suécia e França ultrapassaram o marco de 150 modelos de VEs diferentes disponíveis, com o número de modelos de porte grande crescendo mais rapidamente que os demais, refletindo a estratégia das fabricantes de priorizarem esses modelos devido à sua alta lucratividade, embora os altos preços desses veículos possam restringir o acesso do público consumidor aos VEs. Em 2022 SUVs representaram 40% do mercado global de VEs, enquanto outros veículos de grande porte representaram outros 15% (IEA, 2023).

Anúncios de fabricantes europeias mostram, entretanto, uma possível tendência de crescimento da produção de veículos menores para os próximos anos, com o intuito de acessar um mercado consumidor mais amplo. Os VEs pequenos mais vendidos na Europa em 2022 foram o Fiat 500e e o Peugeot e-208, ambos com preço acima de US\$35.000,00 (IEA, 2023). Enquanto os mercados da Europa e da América do Norte aguardam o lançamento da nova versão do Fiat 500e previsto para 2024, cujo preço ainda não foi confirmado (FIAT, 2022), a possibilidade de um VE de pequeno porte de preço mais acessível foi anunciada pela Volkswagen, que prevê o lançamento do ID. 2all com valor inicial previsto de US\$26.600,00 para o ano de 2026 (VOLKSWAGEN, 2023).

A partir desses anúncios observamos que o mercado europeu e norte americano de VEs é marcado pela presença de grandes fabricantes de veículos à combustão interna que começaram a inserir VEs de alto preço no mercado, e agora buscam a redução dos custos para acessar mercados mais amplos com o lançamento de veículos mais baratos. A mesma estratégia pode ser observada na Tesla, que produz somente VEs e declara ter como objetivo produzir veículos cada vez mais acessíveis (STRINGHAM; MILLER; CLARK, 2015). O modelo mais barato oferecido pela empresa até o momento é o Tesla Model 3, com preço de entrada de US\$37.000,00 (TESLA, 2019).

As empresas chinesas, por sua vez, focaram desde o início em desenvolver e produzir modelos menores e mais acessíveis, com reduções de custos de produção incentivadas pela competição promovida pelos incentivos públicos que permitiram o surgimento de centenas de fabricantes de VEs no país desde o início dos anos 2000. O mercado chinês atualmente é liderado por aproximadamente 12 empresas consolidadas, que desenvolveram VEs pequenos e baratos, graças ao seu sucesso em reduzir os custos a partir da integração vertical de cadeias de suprimentos dos VEs como um todo e das baterias em particular (IEA, 2023).

O modelo de VE mais vendido na China em 2022 foi o Wuling Mini BEV, com preço inicial de US\$6.500,00. Os preços reduzidos dos VEs chineses permitiram a grande penetração dos VEs no mercado automobilístico do país, embora os VEs vendidos na Europa e na América do Norte tenham melhor desempenho – contando, por exemplo, com maior autonomia (IEA, 2023).

No Brasi, no ano de 2022, o VE inteiramente elétrico mais vendido foi o XC40, da Volvo, representando 4,10% das vendas. Os VEs mais vendidos no período, entretanto, foram os híbridos *flex* Corolla Cross e Corolla Altis da fabricante Toyota, juntos chegando a 42,03% das vendas. Até o momento, apesar da dominância nas vendas, existem poucos modelos disponíveis de HEV *flex* no mercado brasileiro, sendo todos eles da Toyota ou da CAOA Chery (ABVE, 2023b).

Líder no mercado brasileiro de VEs, a Toyota anunciou a intenção de investir US\$338 milhões no desenvolvimento de um novo híbrido *flex fuel* para o mercado brasileiro. O investimento será de aproximadamente R\$1,7 bilhões, dos quais aproximadamente R\$1 bilhão virão de benefícios fiscais que a montadora recebeu no estado de São Paulo (US NEWS, 2023).

O benefício fiscal concedido à líder de mercado evidencia uma iniciativa pública que pode contribuir para a manutenção da concentração do mercado. O investimento em híbridos da líder de mercado de VEs no mercado brasileiro representa, por sua vez, uma conduta que alimenta e intensifica diversos aspectos da estrutura e do desempenho desse mercado. A inexistência de uma infraestrutura de recarga robusta e bem distribuída aliada à grande extensão do território brasileiro e às grandes distâncias que são, muitas vezes, percorridas de carro, geram insegurança no público consumidor, que hesita em investir em carros inteiramente elétricos. A maior oferta de modelos híbridos, por sua vez, contribui para o aumento da fatia de mercado ocupada por esses veículos.

Ao mesmo tempo, a política brasileira de expansão do uso de biocombustíveis gera um ambiente propício para a utilização de veículos híbridos que contem com o etanol como combustível aliado à recarga elétrica para a redução das emissões de GEE. Nesse contexto, iniciativas emergentes de incentivo a pesquisa e desenvolvimento, como o programa Pró Veículo Verde do estado de São Paulo que resultará na devolução de R\$ 1 bilhão do ICMS em crédito

para a Toyota (LAGUNA; LUIZ, 2023) criam um ambiente favorável para o desenvolvimento de novos veículos híbridos.

O direcionamento dos recursos obtidos através do programa Pró Veículo Verde para o desenvolvimento de novos veículos híbridos, ao invés de novos veículos inteiramente elétricos, poderá levar a um avanço tecnológico e eventual redução dos custos dos PHEV disponíveis no mercado, deixando de lado a possibilidade e se desenvolverem VEs de pequeno porte e valor acessível como na China ou VEs de desempenho e autonomia superiores como na UE e na América do Norte (IEA, 2023), priorizando a rota tecnológica dos híbridos.

O crescimento do número de veículos híbridos disponíveis no mercado reflete a conduta das empresas dominantes do mercado no país e propicia, ainda, que uma infraestrutura de recarga capaz de alimentar BEVs de maneira satisfatória, contando com pontos de carregamento rápido amplamente distribuídos não seja percebida como tão urgente, visto que os VEs mais utilizados – os PHEV – podem recorrer aos postos de combustível para seu abastecimento. O atraso na expansão da infraestrutura de carregamento, nesse caso, prolongaria a desconfiança da população em relação aos veículos inteiramente elétricos e contribuiria para a solidificação da posição dos PHEV como líderes do mercado de VEs brasileiro.

Na China e na UE o aumento da consciência dos consumidores sobre os benefícios ambientais e de redução de emissões atrelados aos VEs, a redução de impostos sobre VEs e suas peças, a redução do preço da eletricidade para donos de VEs, a redução de impostos recorrentes como o IPVA, avanços tecnológicos – largamente apoiados por políticas públicas e pela conduta das empresas - que aumentaram a performance das baterias, a disponibilidade e a eficiência dos pontos de recarga foram centrais para impulsionar a demanda por VEs, incentivando as empresas a adotarem a estratégia de investir no desenvolvimento de VEs e, especialmente, BEVs, que experimentaram um crescimento de demanda por parte da população (BURANELLI DE OLIVEIRA et al., 2022; RUOSO; RIBEIRO, 2022).

No Brasil a estrutura do mercado é marcada especialmente por aspectos políticos, econômicos e sociais que tornam propícia a adoção de uma conduta por parte das empresas que difere daquelas adotadas com sucesso nos mercados da China, da UE e da América do Norte. Ao mesmo tempo, enquanto nesses mercados as empresas já iniciaram o processo de desenvolver

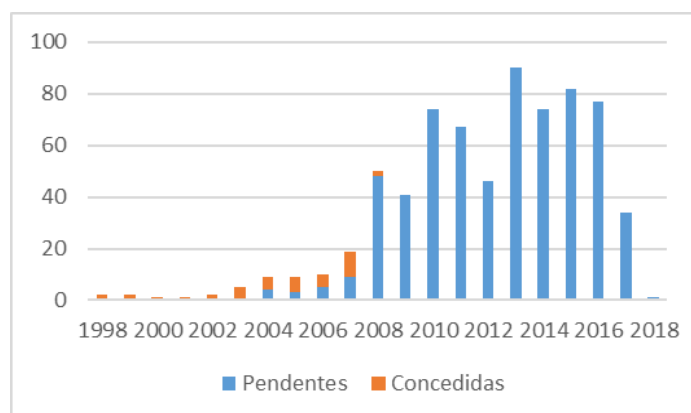
VEs mais acessíveis – e a acessibilidade desses veículos seja impulsionada por políticas públicas de subsídio para a compra de VEs -, no Brasil as empresas ainda oferecem uma menor variedade de veículos a preços que não são competitivos e mantêm o mercado potencial restrito a uma pequena parcela dos motoristas brasileiros.

### 4.3 DESEMPENHO

Nessa seção pretende-se atingir o quinto objetivo específico dessa dissertação através da avaliação do desempenho do mercado brasileiro de VEs como um todo. Para isso consideraremos as patentes ligadas à VEs no Brasil, o tamanho da fatia de mercado ocupada pelos VEs no mercado automobilístico brasileiro, as tendências dessa fatia de mercado e quais os tipos de VEs mais presentes no mercado. Essas informações serão discutidas à luz de projeções do mercado brasileiro e de experiências internacionais.

No período de 1998 ao início de 2018 694 pedidos de patentes sobre carros elétricos e híbridos foram depositados no Brasil. Esses depósitos foram realizados por 135 depositantes, com os dez maiores sendo responsáveis por mais de 65% do total de depósitos. Todos os depósitos foram de origem estrangeira, sendo 284 de três depositantes japoneses, 76 de origem sueca e 38 dos Estados Unidos. A maior depositante foi a Toyota, com 148 depósitos no período (INPI, 2018). Os depósitos anuais de patentes no período de 1998 a 2018 podem ser observados na Figura 10.

Figura 10 - Depósitos de patentes sobre VEs no período de 1998 ao início de 2018



Fonte: Adaptado de INPI (2018)

A maior depositante de patentes sobre VEs no Brasil foi, também, a líder de vendas no segmento de VEs no Brasil em 2022, sendo responsável por 43,75% das vendas no período

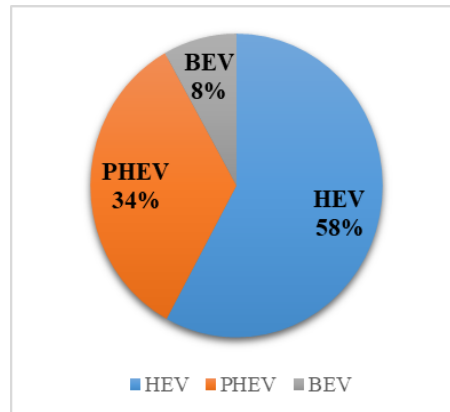
(ABVE, 2022a). A liderança no mercado foi obtida através das vendas do Corolla Cross e do Corolla Altis, dois veículos híbridos *flex fuel* com preços iniciais de R\$202.690,00 e R\$183.790,00 respectivamente.

O crescimento do mercado de VEs na América Latina tem sido impulsionado pelo mercado de luxo, se duplicando a cada ano desde 2016. No ano de 2021, entretanto, essas vendas ainda corresponderam a somente 0,7% das vendas totais de veículos na região, com predominância dos híbridos dentro das categorias de VE. No Brasil, em 2020, os VEs alcançaram a marca de 1% das novas vendas de veículos (PNME, 2022), e continuam ganhando espaço. No ano de 2021 os VEs corresponderam a 1,8% das vendas de novos veículos e, em 2022, o segmento atingiu uma fatia de mercado de 2,5% em relação ao total de emplacamentos domésticos. No ano de 2022 20,4 mil VEs entraram em circulação no país, no período de janeiro a junho de 2023 mais 32,2 mil foram emplacados (EPBR, 2023).

Lançamentos de novos modelos, importações e a conduta de diversas montadoras de interromperem a produção de veículos a combustão até 2035 propiciam o aumento progressivo da presença de VEs na frota. Entretanto, apesar do crescimento nas vendas de VEs nos últimos anos, a participação de VEs na frota circulante no Brasil em 2022 ainda foi de somente 0,2% em relação à frota total (SINDIPEÇAS, 2023). Em cenários em que políticas públicas não sejam adotadas de maneira mais abrangente para incentivar a difusão de VEs no Brasil a redução dos preços para os consumidores finais permanecerá pequena, e o mercado potencial permanecerá restrito ao de modelos de luxo devido aos preços (GRANGEIA et al., 2023).

A distribuição dos veículos leves de passageiros e comerciais leves emplacados em 2021 entre os tipos de VEs pode ser observada na Figura 11.

Figura 11 - Distribuição de tipos de VEs emplacados no ano de 2021 no Brasil

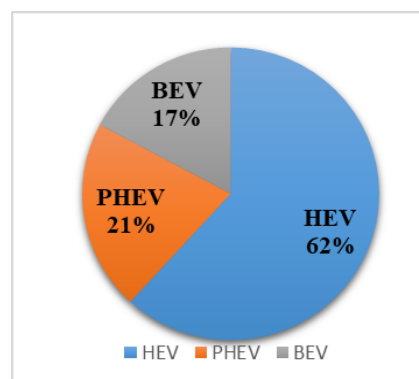


Fonte: Adaptado de PNME (2022)

A predominância de híbridos e híbridos *plug-in* entre os VEs é uma tendência não só no Brasil, mas em toda a América Latina, onde a infraestrutura de recarga pública e semipública ainda é limitada. A maior parte desses países tem metas para acelerar a instalação de eletropostos nas principais cidades, mas até o momento a instalação de infraestrutura de recarga pública e semipública tem sido liderada por empresas distribuidoras de energia elétrica (PNME, 2022).

No Brasil as vendas de veículos BEV apresentaram crescimento expressivo, passando de 2851 em 2021 para 8458 em 2022, representando um crescimento de 197% das vendas. As vendas de PHEV, entretanto, caíram de 11865 para 10348 unidades, enquanto as vendas de HEV subiram de 20274 para 30439 no mesmo período (ABVE, 2023b). A distribuição dos veículos leves eletrificados no Brasil no ano de 2022 pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 - Distribuição de tipos de VEs emplacados no ano de 2022 no Brasil



Fonte: Adaptado de ABVE (2023b)



Assim, ao mesmo tempo em que as vendas de veículos BEV cresceram, a fatia de mercado dos veículos HEV cresceu, refletindo uma tendência observada em toda a América Latina e na União Europeia, onde os HEV começam a representar um risco de *lock-in* tecnológico. Estudos realizados na União Europeia indicam que, considerando-se o custo total de propriedade (CTO, do inglês *Total Cost of Ownership*), os consumidores experimentarão uma desvantagem de 14% ao longo da vida útil dos veículos para cada HEV médio que entrar no mercado no lugar de um veículo BEV em 2025 (ELEMENT ENERGY, 2021).

Para veículos PHEV os custos e as emissões dos consumidores crescem quando as recargas não acontecem diariamente, aumentando o uso de combustíveis fósseis. Em cenários de pouco carregamento, onde os consumidores de veículos PHEV não possuem infraestrutura de carregamento em suas residências as reduções reais de emissões podem atingir somente 50% das reduções de emissões anunciadas para o uso do veículo. Assim, a impossibilidade de garantir que todos os consumidores de veículos PHEV terão acesso a estruturas adequadas de carregamento aliada ao TCO menos vantajoso desses veículos, tornam necessário considerar que os híbridos possam representar um risco para os consumidores, e não uma tecnologia de transição entre os veículos a combustão interna e os veículos puramente elétricos (ELEMENT ENERGY, 2021).

No Brasil, entretanto, onde a infraestrutura de recarga pública e semipública é muito incipiente, a expansão dos veículos BEV enfrenta grandes obstáculos que se somam ao maior preço desses veículos. Na UE os veículos BEV já são os que apresentam o menor TCO considerando-se toda a sua vida útil. Para os primeiros proprietários esse marco deverá ser atingido para carros de pequeno e médio porte em 2025, e para carros de grande porte em 2026 (ELEMENT ENERGY, 2021). Nos Estados Unidos a paridade de preços de veículos leves BEV com autonomia de até 482km com veículos de combustão interna deve ser atingida antes de 2023 (ICCT, 2022) e, na China, os VEs já apresentam preços competitivos, com o modelo mais vendido tendo preço de entrada de US\$ 6.500,00 (IEA, 2023).

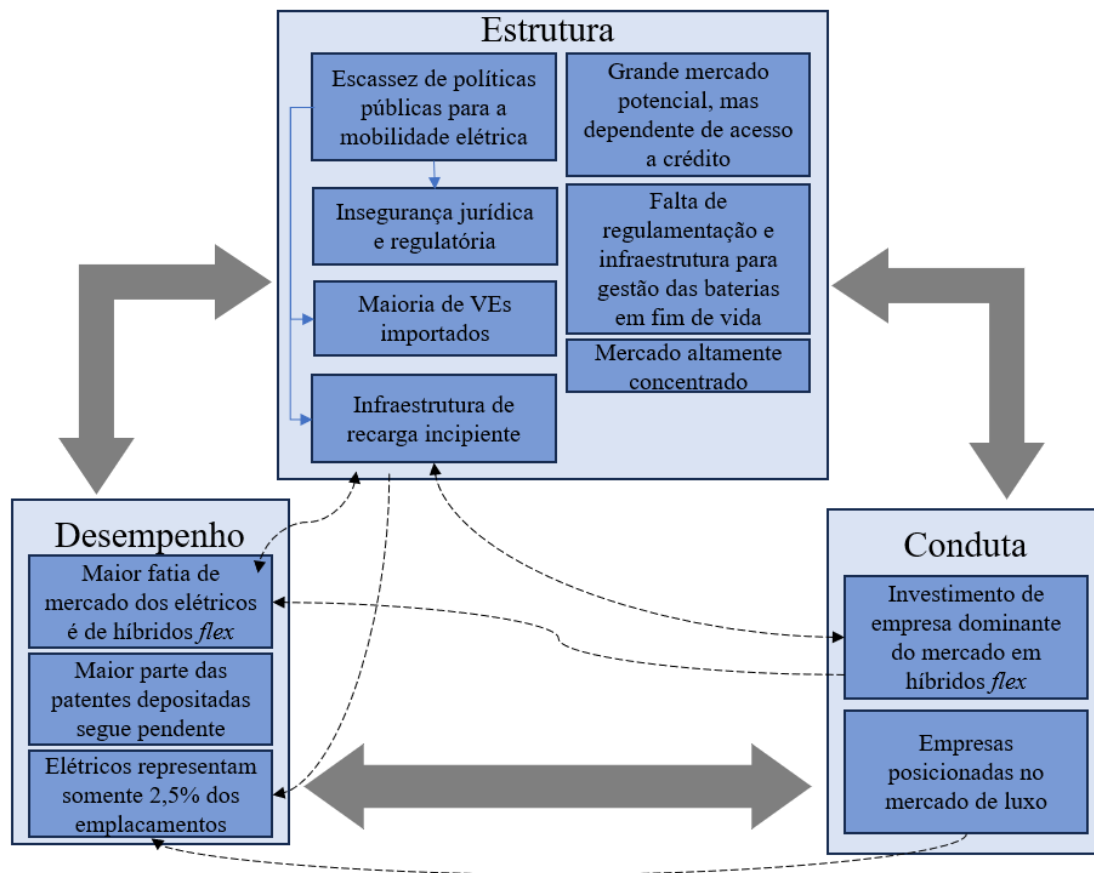
O desempenho do mercado de VEs nesses países foi, entretanto, largamente impulsionado pela adoção de políticas públicas, que forneceram uma estrutura de mercado propícia a partir da qual empresas com longo histórico de fabricação de veículos movidos à combustão interna adotaram a conduta de investir no desenvolvimento de VEs com desempenho e preços cada vez mais

competitivos, enquanto no Brasil os VEs ainda dividem espaço com os incentivos à biocombustíveis nas políticas públicas voltadas para reduzir as emissões do setor de transportes.

#### 4.4 RECOMENDAÇÕES

A partir das discussões realizadas, nessa seção será atingido o sexto objetivo específico dessa dissertação, e serão feitas recomendações acerca da expansão da mobilidade elétrica no Brasil. Os principais resultados referentes à estrutura, à conduta e ao desempenho no mercado brasileiro de VEs, assim como as relações identificadas entre elas, podem ser observados na Figura 13. Dentro da estrutura priorizou-se retratar as características que representem desafios à expansão da mobilidade elétrica. As setas de cor cinza representam as relações bilaterais entre os elementos do Modelo E-C-D (estrutura, conduta e desempenho). As setas pretas tracejadas, por sua vez, expressam relações identificadas entre fatores dentro de diferentes elementos do modelo e, por fim, as setas azuis representam as relações identificadas entre fatores de um mesmo elemento.

Figura 13 – Relações entre os principais resultados do Modelo E-C-D aplicado ao mercado brasileiro de VEs



Fonte: Elaboração própria

Como identificado anteriormente, todas as patentes relacionadas a veículos híbridos e elétricos depositadas de 2009 em diante permanecem pendentes. Assim, recomenda-se uma iniciativa de aceleração na análise e expedição de patentes, de maneira a acelerar o processo de desenvolvimento e produção de VEs no Brasil.

Além disso, os mercados de VEs que mais se desenvolveram, como os da União Europeia, dos Estados Unidos e da China contaram com políticas públicas de incentivo (IEA, 2022b). No Brasil a falta de articulação de atores e de direcionamento para a promoção dos VEs no Brasil resulta em uma escassez de ações para esse tipo de mobilidade (SANTOS; GRANGEIA, 2021). Assim, recomenda-se a adoção de mecanismos financeiros de incentivo para pesquisa, desenvolvimento e produção de VEs e componentes de VEs no Brasil, seguindo o exemplo de políticas de incentivo adotadas historicamente no país, como o Novo Regime Automotivo em 1997 e o Inovar-Auto em 2012.

A expansão dos VEs no Brasil enfrenta, ainda, o desafio da infraestrutura de recarga que sofre com um crescimento lento e inseguranças regulatórias sobre a cobrança pelas recargas. Dessa maneira, além da expansão dos incentivos para pesquisa e desenvolvimento voltados para a mobilidade elétrica, recomenda-se a estruturação de um arcabouço regulatório claro no que diz respeito aos pontos de recarga e às tarifas praticadas.

A exemplo de mercados mais desenvolvidos recomenda-se, em consonância com o proposto em Element Energy (2021), a criação de incentivos de compra de VEs voltados para veículos 0km, para aumentar o número de VEs no mercado e incentivar a sua produção. Podem ser criados, ainda, programas de financiamento para instalação de pontos de recarga privados, a exemplo de iniciativas recomendadas para a UE (TRANSPORT AND ENVIRONMENT, 2020).

A expansão da frota de VEs no Brasil e no mundo resultará em um desafio no que diz respeito à gestão de resíduos. O Brasil, entretanto, não possui infraestrutura capaz de reprocessar os componentes das baterias dos VEs e nem critérios adequados na legislação referente à gestão de resíduos sólidos para o tratamento das baterias de lítio (CABRAL-NETO et al., 2023). Assim, recomenda-se a instituição de critérios adequados para o tratamento dessas baterias.

Por parte das empresas, visto que os maiores obstáculos para a expansão dos VEs no Brasil são o preço e a falta de acesso a infraestrutura de recarga, recomenda-se investir no

desenvolvimento de veículos com preços mais competitivos e apoiar a expansão da infraestrutura a partir de parcerias.

Por fim, a partir de incentivo ou parcerias, recomenda-se que empresas invistam em pesquisa para o tratamento das baterias em fim de vida e realizem estudos de viabilidade econômica aliados a ACV para decidir entre a construção uma instalação capaz de reprocessar essas baterias em território nacional ou enviá-las para reprocessamento em instalações no exterior.

## 5. CONCLUSÕES

Este capítulo tratará das conclusões dessa dissertação. As principais conclusões constituem a seção 5.1. A seção 5.2, por sua vez, tratará das principais limitações identificadas na presente pesquisa e das recomendações para estudos futuros.

### 5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Para compreender a situação atual do mercado brasileiro de VEs e gerar recomendações para o seu avanço, essa dissertação construiu um modelo integrado, incorporando a Análise PESTAL e o IHH à análise de estrutura do Modelo E-C-D. A partir da aplicação desse modelo foi possível atingir os sete objetivos específicos e o objetivo geral do presente estudo.

~~As mudanças climáticas de causa antropogênica têm exposto os ecossistemas a condições extremas, motivando a adoção de ações de redução das emissões de GEE ao redor do mundo que incluem metas de eletrificação da frota.~~

No âmbito político foi identificado que, no Brasil, a ausência de metas e objetivos referentes à mobilidade elétrica em planos e programas nacionais denuncia o papel secundário desempenhado pelos VEs nas iniciativas públicas, e a falta de articulação de atores e de direcionamento para a promoção dos VEs no Brasil resulta em uma escassez de ações para esse tipo de mobilidade, com iniciativas do setor público que buscam promover a integração dos VEs ao sistema de energia do país sendo raras e de abrangência limitada.

Algumas das principais medidas de incentivo à mobilidade elétrica identificadas foram ligadas à redução do imposto de importação sobre automóveis elétricos e híbridos. A maior parte dos VEs circulando no país não são fabricados no Brasil e, portanto, a redução dos impostos de importação é um forte incentivo para o consumidor final, embora o impacto real da isenção seja reduzido pela falta de conhecimento dos consumidores em potencial sobre os procedimentos necessários para importar o veículo.

No âmbito econômico, a desaceleração das atividades desde o último trimestre de 2022, a leve aceleração da taxa de desocupação no mercado de trabalho e a queda das concessões de crédito para aquisição de bens e crédito pessoal constituem um cenário econômico desfavorável para a

expansão do mercado potencial e o crescimento das vendas de VEs, que é impulsionado pelo mercado de luxo em toda a América Latina.

Apesar disso, as vendas de VEs têm crescido. A alta densidade populacional nos grandes centros na região Sudeste (coincidindo com algumas das regiões de maior renda do país) consiste em um dos principais aspectos sociais identificados, e contribui positivamente para o avanço da mobilidade elétrica, facilitando a implementação de uma infraestrutura de recarga e reduzindo a dependência dos usuários dos VEs de uma maior autonomia graças às menores distâncias a serem percorridas diariamente.

O alto custo dos VEs e o tempo de recarga continuam sendo, entretanto, fatores significativos na tomada de decisão do consumidor brasileiro, reduzindo a intenção de compra de VEs. Benefícios legais, como a isenção de imposto de importação, combinados a incentivos políticos podem estimular a produção nacional e a popularização dos VEs.

No âmbito tecnológico, apesar de avanços da mobilidade elétrica terem gerado mudanças expressivas na indústria de baterias, reduzindo globalmente os preços e aumentando a autonomia dos VEs, observa-se que o Brasil ainda enfrenta um processo lento de registro de patentes, desenvolvimento e produção de VEs a preço competitivo. Além disso, a implementação da infraestrutura de recarga e o desenvolvimento de uma rede elétrica capaz de lidar com os desafios gerados por um eventual crescimento expressivo da participação dos VEs na frota circulante ainda consistem em obstáculos.

A expansão de veículos puramente elétricos, especialmente, continua dependendo de uma infraestrutura de recarga, que deve ser capaz de absorver picos de demanda ao mesmo tempo em que integra as fontes renováveis intermitentes e garante a segurança energética e a redução das emissões de GEE, representando um desafio, especialmente para países grandes como o Brasil.

Para isso, no longo prazo deverão ser adotados mecanismos de controle direto de maneira a equilibrar a rede rapidamente de acordo com as flutuações de demanda (IRENA, 2019), para então estabelecer uma infraestrutura de recarga e garantir que o tempo de recarga nos pontos atenda às necessidades dos usuários.

No Brasil, a infraestrutura de recarga tem avançado, em grande parte através de iniciativas privadas e com alta concentração na região Sudeste e, especialmente, no estado de São Paulo.

Avanços em larga escala da infraestrutura e da frota de VEs, entretanto, resultarão em um crescimento expressivo da demanda por energia elétrica, tornando necessária uma expansão condizente da capacidade de geração do país, a ser realizada com o menor nível de emissões possível.

As considerações ambientais referentes aos VEs devem, ainda, incluir o esgotamento de recursos naturais diversos e danos ao meio ambiente e a saúde humana ligados à toxicidade das baterias. A extração dos principais recursos naturais para a confecção das baterias tem ligações com poluição do ar, do solo e da água, impactos sobre biodiversidade e saúde humana, uso intensivo de energia, consumo de água e geração de conflitos com comunidades tradicionais e as baterias quando descartadas são capazes de liberar mais de cem tipos de gases tóxicos, dentre os quais vários são potencialmente fatais.

Para mitigar todos esses impactos faz-se necessária a adoção de reciclagem em larga escala, mas a tecnologia e as estratégias de reciclagem disponíveis ainda não são suficientes e a legislação referente a gestão de resíduos ainda não apresenta critérios adequados para o tratamento das baterias de lítio.

O mercado brasileiro de VEs consiste em um mercado altamente concentrado, com participação predominante de híbridos e um ambiente político propício para a utilização de veículos híbridos que contem com o etanol como combustível aliado à recarga elétrica para a redução das emissões de GEE. Nesse contexto, a conduta das líderes de mercado contribui para a manutenção do status atual do mercado, investindo largamente em híbridos que, até o momento, continuam participando do mercado de luxo.

No Brasil a estrutura do mercado é marcada especialmente por aspectos políticos, econômicos e sociais que tornam propícia a adoção de uma conduta por parte das empresas que difere daquelas adotadas com sucesso em outros mercados. Ao mesmo tempo, a escassez de políticas públicas de incentivo atrasa o processo de desenvolvimento de VEs mais acessíveis, mantendo o mercado potencial restrito a uma pequena parcela dos motoristas brasileiros.

## 5.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E RECOMENDAÇÕES DE ESTUDOS FUTUROS

O presente estudo se limitou a analisar os aspectos de estrutura, conduta e desempenho do mercado de VEs leves. Assim, não foram considerados outros tipos de veículo que podem

desempenhar papéis relevantes na transição para a mobilidade elétrica, como veículos de três rodas, ônibus e caminhões. Além disso, não foi realizada uma análise de adequabilidade dos VEs para contexto urbano, média distância, longa distância fornecimento de serviços de sistemas à rede elétrica.

O estudo foi limitado, também, pela dificuldade de se capturar os impactos socioeconômicos da expansão da mobilidade elétrica em um nível macro, tais como geração de emprego, contribuição para o PIB, geração de receita através de impostos, índices de desenvolvimento humano e outros, tornando incompletas as considerações do aspecto social (ONAT; KUCUKVAR, 2022).

Ressalta-se que as comparações entre TCOs de diferentes VEs e entre VEs e veículos movidos à combustão interna tomaram como base estudos realizados na União Europeia e nos Estados Unidos. Assim, dependendo da rota tecnológica, da conduta adotada pelas empresas no Brasil e de aspectos da estrutura do mercado nacional os TCOs dos VEs podem se relacionar de maneiras distintas.

A presente dissertação limitou-se, ainda, a analisar a conduta das firmas de forma qualitativa a partir de dados do mercado e divulgações de estratégia realizadas pelas empresas. A conduta de um conjunto de firmas em um mercado, entretanto, é caracterizada por uma situação de interdependência estratégica, visto que a conduta de uma firma pode influenciar as demais. Nesse contexto, a Teoria dos Jogos poderia ser aplicada como um instrumento de identificação, descrição e análise de regras de jogos e de conflitos, proporcionando condições adequadas para a estruturação de diagnósticos e teorias.

Por fim, os resultados do Modelo ECD desenvolvido nessa dissertação poderiam ser utilizados para produzir um *roadmap* estratégico, gerando uma ferramenta útil para tomadores de decisão nos âmbitos da gestão pública e do nível estratégico de empresas inseridas no mercado brasileiro de VEs. A utilização dessa ferramenta pode constituir um importante passo rumo à construção de políticas públicas, iniciativas privadas e parcerias para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABVE. **Eletrificados: Rumo aos 50 mil emplacements/ano**. 2022. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/novembro-e-o-2o-melhor-mes-da-historia-para-eletrificados/>>. Acesso em: 22 fev. 2023a.
- ABVE. 100 mil eletrificados já circulam no Brasil. 29 jul. 2022b.
- ABVE. **Eletromobilidade - Sinais positivos do novo governo**. 2023. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/abve-ve-novas-possibilidades-para-a-eletromobilidade-no-governo-lula/>>. Acesso em: 22 mar. 2023a.
- ABVE. **Em ano de recordes, veículos plug-in avançam**. 2023. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/em-ano-de-recordes-veiculos-plug-in-ganham-mercado/#:~:text=O%20ano%20de%202022%20fechou,total%20circulante%20de%20126.504%20ve%C3%ADculos.>>>. Acesso em: 8 ago. 2023b.
- ALANZI, S. **Pestle Analysis Introduction**. 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/327871826>>.
- AMATUCCI, M.; SPERS, E. E. The Brazilian biofuel alternative. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 10, n. 1, p. 37–55, 2010.
- ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html#:~:text=Estabelece%20as%20Regras%20de%20Presta%C3%A7%C3%A3o,2020%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.>>>. Acesso em: 5 set. 2023
- ANFAVEA. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira**. 2022. Disponível em: <<https://acervo.anfavea.com.br/AcervoDocs/Anu%C3%A1rio%20ANFAVEA%202022-422-0.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2023.
- ANP. **Percentual de consumo de cada matéria-prima para produção de biodiesel nacional e por região em 2019**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt->

br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/informacoes-de-mercado>. Acesso em: 14 fev. 2023.

ASHKROF, P.; HOMEM DE ALMEIDA CORREIA, G.; VAN AREM, B. Analysis of the effect of charging needs on battery electric vehicle drivers' route choice behaviour: A case study in the Netherlands. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 78, 1 jan. 2020.

BAHRAMI, A. EV Charging Definitions, Modes, Levels, Communication Protocols and Applied Standards Power Quality and Custom Power Improvement at LV Distribution Network View project. 2020.

BAIN, J. S. **Conditions of entry and the emergence of a monopoly**. 1954.

BAIN, J. S. **Industrial Organization**. Nova Iorque: 1968.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Comunicado nº 22366 de 27 de abril de 2012. 2012.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Relatório de Inflação. v. 1, n. 25, mar. 2023a.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de Mercado**. 2023b.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. The introduction of electric vehicles in Brazil: Impacts on oil and electricity consumption. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 80, n. 5, p. 907–917, jun. 2013.

BARON, D. P. **Integrated Strategy: Market and Nonmarket components**. 1995.

BIRESSELIOGLU, M. E.; DEMIRBAG KAPLAN, M.; YILMAZ, B. K. Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 109, p. 1–13, 1 mar. 2018.

BNDES. **BNDES aprova R\$ 6,7 milhões para estações de recarga de veículos elétricos**.

Disponível em:

<<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprova-r-6-7-milhoes-para-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

BNDES. Descarbonização de veículos é foco de acordo entre BNDES e Volkswagen. 8 nov. 2021.

BNDES. **Clima e desenvolvimento - A contribuição do BNDES para uma transição justa.** 2022. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/blogdodesenvolvimento/detalhe/BNDES-lanca-documento-com-estrategia-climatica-para-uma-transicao-justa/>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

BOHNSACK, R.; PINKSE, J.; KOLK, A. Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles. **Research Policy**, v. 43, n. 2, p. 284–300, 2014.

BORU, T.; KUHIL, A. M. **The Structure Conduct Performance Model and Competing Hypothesis-a Review of Literature Determinants of Bank Selection choices and customer Loyalty the case of Ethiopian Banking Sector View project Aftermaths of Demonetization in Ethiopia View project.** 2018. Disponível em: <[www.iiste.org](http://www.iiste.org)>.

BRASIL. **Decreto nº 39.412, de 16 de Junho de 1956.** Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1950-1959/decreto-39412-16-junho-1956-332154-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 6 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.576 de 26 de dezembro de 2017.** 2017. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13576.htm)>. Acesso em: 14 fev. 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.755 de 10 de dezembro de 2018.** 2018. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13755.htm)>.

BRASIL. **Projeto de Lei nº 403, de 2022.** 2022. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/151951>>. Acesso em: 5 set. 2023

BRASIL. **Governo prevê investimento de R\$50 bilhões em transição energética.** 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2023/03/>>.

BURANELLI DE OLIVEIRA, M. et al. Factors influencing the intention to use electric cars in Brazil. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 155, p. 418–433, 1 jan. 2022.

CABRAL-NETO, J. P. et al. Estimation of lithium-ion battery scrap generation from electric vehicles in Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 9, p. 23070–23078, 1 fev. 2023.

CAMARASA, C. et al. **Diffusion of energy efficiency technologies in European residential buildings: A bibliometric analysis**. **Energy and Buildings** Elsevier Ltd, 1 nov. 2019.

CANSINO, J. M.; SÁNCHEZ-BRAZA, A.; SANZ-DÍAZ, T. Policy instruments to promote electro-mobility in the EU28: A comprehensive review. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 7, 18 jul. 2018.

CAPGEMINI. **Key factors defining the e-mobility of tomorrow**. 2019. Disponível em: <<https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/02/Capgemini-Invent-EV-charging-points.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

CAPOBIANCO, N. et al. Toward a sustainable decommissioning of offshore platforms in the oil and gas industry: A pestle analysis. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 11, 1 jun. 2021.

CARRUTHERS, H. Using PEST analysis to improve business performance. **In Practice**, v. 31, n. 1, p. 37–39, 2009.

CHO, M. J.; SHIN, J. Identifying a Combination of Key Resources to Overcome the Entry Barriers in the Electric Vehicle Market. **IEEE Access**, v. 10, p. 60373–60386, 2022.

CHUTIPHONGDECH, T. **Airport technical efficiency and business model innovations: A case of local and regional airports in Thailand** **European Journal of Tourism Research**. 2021.

CNN. **Anfavea defende fim de imposto zero de importação para veículos elétricos**. 2023. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/anfavea-defende-fim-de-imposto-zero-de-importacao-para-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

CONSONI, F. L. et al. **Estudo de Governança e Políticas Públicas para Veículos Elétricos**. 2018. Disponível em: <[www.giz.de/brasil](http://www.giz.de/brasil)>.

COSTA, Á. The organisation of urban public transport systems in western european metropolitan areas. 1996.

DA SILVA, T. B. et al. **The use of alternative fuels to mitigate climate change impacts in the transportation sector in Rio de Janeiro, Brazil**. Transportation Research Procedia. **Anais...Elsevier B.V.**, 2022.

DALL-ORSOLETTA, A.; FERREIRA, P.; GILSON DRANKA, G. Low-carbon technologies and just energy transition: Prospects for electric vehicles. **Energy Conversion and Management: X**, v. 16, 1 dez. 2022.

DE CASTRO, N. et al. **Confiabilidade das Redes de Eletropostos**. 2023. Disponível em: <<https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/43557857>>.

DE CASTRO, N.; BRANDÃO, R.; MOSZKOWICZ, M. **A eletrificação da indústria automobilística do Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/a-eletrificacao-da-industria-automobilistica-do-brasil/>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

DE CASTRO, N.; GONÇALVES, L.; TOSTES, C. **A importância das smart grids de eletricidade na transição energética 1**. 2023. Disponível em: <<https://energia.aebroadcast.com.br/tabs/news/747/43831391>>.

DE, L.; PEREIRA, C. **Estações de carregamento para carros elétricos alimentadas por usinas de microgeração fotovoltaica**. 2019.

DE SOUSA, G. C.; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. PESTEL analysis and the macro-environmental factors that influence the development of the electric and hybrid vehicles industry in Brazil. **Case Studies on Transport Policy**, v. 10, n. 1, p. 686–699, 1 mar. 2022.

DELOITTE. **New market. New entrants. New challenges. Battery Electric Vehicles Contents**. 2017. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/manufacturing/deloitte-uk-battery-electric-vehicles.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

DOĞAN, B.; EROL, D. **The future of Fossil and Alternativa Fuels used in automotive industry**. 2019.

DONG, H. et al. COVID-19, recovery policies and the resilience of EU ETS. **Economic Change and Restructuring**, 2022.

DOS SANTOS, R. S. et al. Analysis of the effects of the new automotive regime (1996-1999) and inovar-auto (2012-2017). **Brazilian Journal of Political Economy**, v. 41, n. 1, p. 137–154, 2021.

DUARTE, R. G.; RODRIGUES, S. B. Co-evolution of industry strategies and government policies: The case of the brazilian automotive industry. **BAR - Brazilian Administration Review**, v. 14, n. 2, 1 abr. 2017.

EHSANI, M. et al. **Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuell Cell Vehicles**. Boca Raton: 2005.

EIA. **Short-Term Energy Outlook**. 2023. Disponível em: <<https://www.eia.gov/outlooks/steo/>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

ELEMENT ENERGY. **Electric Cars: Calculating the TCO for Consumers**. 2021. Disponível em: <[www.just-auto.com/news/vw-group-platform-strategy-key-to-e-mobility-rollout\\_id200799.aspx](http://www.just-auto.com/news/vw-group-platform-strategy-key-to-e-mobility-rollout_id200799.aspx)>.

ELLIS, J.; RYPL, N. C. **2030 Brazil Roadmap Multiplying the Transition: Market-based solutions for catalyzing clean energy investment in emerging economies**. 2021.

EPBR. Mercado de carros elétricos no Brasil cresceu 58% no primeiro semestre. 11 jul. 2023.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2022**. 2022. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2022\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf)>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ERDIWANSYAH et al. **An overview of Higher alcohol and biodiesel as alternative fuels in engines**. **Energy Reports** Elsevier Ltd, 1 nov. 2019.

ESTADÃO. Finame Baixo Carbono vai financiar caminhões elétricos e a gás no Brasil. 31 jan. 2022.

FARJANA, S. H.; HUDA, N.; MAHMUD, M. A. P. Life cycle assessment of cobalt extraction process. **Journal of Sustainable Mining**, v. 18, n. 3, p. 150–161, 1 ago. 2019.

**BRAZIL. NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (NDC)**. 2022. Disponível em: <<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2023.

FIAT. **Back With New Energy**. Disponível em: <<https://www.fiatusa.com/500e-reveal.html>>.

FURTADO, G. F. et al. Influence factors of consumers' decision-making: the behavioral perspective on car buying. **ReMark - Revista Brasileira de Marketing**, v. 22, n. 1, p. 223–300, 27 fev. 2023.

GLENSOR, K.; MARÍA ROSA MUÑOZ, B. Life-cycle assessment of Brazilian transport biofuel and electrification pathways. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 22, 1 nov. 2019.

GODRI POLLITT, K. J. et al. **Biodiesel fuels: A greener diesel? A review from a health perspective**. **Science of the Total Environment** Elsevier B.V., 20 out. 2019.

GONÇALVES, F. et al. **Strategies to improve the environmental efficiency and the profitability of sugarcane mills**. **Biomass and Bioenergy** Elsevier Ltd, 1 maio 2021.

GONZÁLEZ, L. G.; SIAVICHAY, E.; ESPINOZA, J. L. Impact of EV fast charging stations on the power distribution network of a Latin American intermediate city. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 107, p. 309–318, 1 jun. 2019.

GRANGEIA, C. et al. Energy transition scenarios in the transportation sector in Brazil: Contributions from the electrical mobility. **Energy Policy**, v. 174, p. 113434, mar. 2023.

GRANGEIA, C. DA S.; SANTOS, L. RenovaBio: under the national biofuels policy from the distributor's perspective. **Rio Oil and Gas Expo and Conference**, v. 20, n. 2020, p. 538–539, 1 dez. 2020.

GRANGEIA, C.; SANTOS, L. **Biocombustíveis ou mobilidade elétrica - reflexões sobre o posicionamento brasileiro no contexto das mudanças do clima**. 2021.

GRANGEIA, C.; SANTOS, L. **O cenário atual da Indústria do Petróleo no Brasil e as oportunidades para os veículos elétricos**. 2021. Disponível em:

<<https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/o-cenario-atual-da-industria-do-petroleo-no-brasil-e-as-oportunidades-para-os-veiculos-eletricos/>>. Acesso em: 5 fev. 2023b.

GRANGEIA, C.; SANTOS, L.; LAZARO, L. L. B. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects.

**Energy Conversion and Management: X**, v. 13, 1 jan. 2022.

GRASSI, M. C. B.; PEREIRA, G. A. G. Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels. **Industrial Crops and Products**, v. 129, p. 201–205, 1 mar. 2019.

GUIMARÃES, R. et al. **Análise dos cenários para a difusão da mobilidade elétrica no Brasil**. 2021. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/artigos/53196298/analise-dos-cenarios-para-a-difusao-da-mobilidade-eletrica->>.

HASENCLEVER, L.; TORRES, R. O Modelo Estrutura, Conduta e Desempenho e seus Desdobramentos. Em: **Economia Industrial**. 2013. p. 41–51.

HIDALGO, A.; LÓPEZ, V. **Drivers and Impacts of ICT Adoption on Transport and Logistics Services**. 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/233432478\\_Drivers\\_and\\_Impacts\\_of\\_ICT\\_Adoption\\_on\\_Transport\\_and\\_Logistics\\_Services](https://www.researchgate.net/publication/233432478_Drivers_and_Impacts_of_ICT_Adoption_on_Transport_and_Logistics_Services)>. Acesso em: 5 mar. 2023.

HØYER, K. G. The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars. **Utilities Policy**, v. 16, n. 2, p. 63–71, 2008.

IBGE. Produto Interno Bruto - PIB. 2023a.

IBGE. PIB cresce 2,9% em 2022 e fecha o ano em R\$ 9,9 trilhões. mar. 2023b.

IBGE. De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões \_ Agência de Notícias. **Agência Notícias**, 28 jun. 2023c.

IBP. Evolução dos preços internacionais do petróleo e projeções 2022-2025 – Snapshots – IBP. mar. 2022.



**IBP. Observatório do Setor.** Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/producao-importacao-e-exportacao-de-petroleo/>>. Acesso em: 6 fev. 2023.

ICCT. Brazil's Inovat-Auto fiscal incentive program updates. 2015.

ICCT. **Assessment of light-duty electric vehicle costs and consumer benefits in the United States in the 2022-2035 time frame.** 2022.

IEA. **Global Electric Vehicle Outlook 2022 - Securing supplies for an electric future.** 2022. Disponível em: <[www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)>.

IEA. **Global Supply Chains of EV Batteries.** 2022. Disponível em: <[www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)>.

IEA. **Transport - Sectoral overview.** 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/transport>>.

IEA. **Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions.** 2023. Disponível em: <[www.iea.org](http://www.iea.org)>.

INPI. **Veículos Elétricos e Híbridos Panorama Patentário no Brasil.** 2018.

IPCC. **Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2018. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/uncertainty-guidance-note.pdf>>.

IPCC. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** (P. Arias et al., Eds.). 2023. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>>.

IPEA. **Carta de Conjuntura - Visão Geral da Conjuntura.** 2023. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2022/12/visao-geral-da-conjuntura-17/>>.

IRENA. **ELECTRIC-VEHICLE SMART CHARGING INNOVATION LANDSCAPE BRIEF.** 2019. Disponível em: <[www.irena.org](http://www.irena.org)>.

JANG, D. C.; KIM, B.; LEE, S. Y. A two-sided market platform analysis for the electric vehicle adoption: Firm strategies and policy design. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 62, p. 646–658, 1 jul. 2018.

JATO. **Chinese manufacturers set to become a dominant industry force but not in the way many anticipated**. 2021. Disponível em: <<https://www.jato.com/chinese-manufacturers-set-to-become-a-dominant-industry-force-but-not-in-the-way-many-anticipated/>>. Acesso em: 22 fev. 2023.

JIN, L.; HE, H. **Comparison of the electric car market in China and the United States**. 2015.

JOHNSON, G.; SCHOLLES, K.; WHITTINGTON, R. O Ambiente. Em: **Fundamentos de Estratégia**. p. 45–80. 2011.

KAUNDA, R. B. Potential environmental impacts of lithium mining. **Journal of Energy and Natural Resources Law**, v. 38, n. 3, p. 237–244, 2 jul. 2020.

KUPFER, D. **Padrões de concorrência e competitividade**. 1992.

KUPFER, D. Barreiras estruturais à entrada. Em: **Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: 2013.

KUPFER, D. Barreiras estruturais à entrada. Em: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Eds.). Elsevier, 2013.

LAGUNA, E.; LUIZ, B. Devolução de ICMS vai permitir a Toyota produzir carro híbrido em SP. **CNN**, 20 abr. 2023.

LOPES, H. C. O modelo estrutura-condutadadesempenho e a teoria evolucionária neoschumpeteriana: UMA proposta de integração teórica. **Revista de Economia Contemporanea**, v. 20, n. 2, p. 336–358, 1 maio 2016.

MARX, R.; MAROTTI DE MELLO, A. **New initiatives, trends and dilemmas for the Brazilian automotive industry: the case of Inovar Auto and its impacts on electromobility in Brazil**. **Int. J. Automotive Technology and Management**. 2014.

MASON, E. Price and production policies of large-scale enterprise. **American Economic Review**, v. 1, n. 29, p. 61–74, 1939.

MEADOWS, D. H. et al. **Limits to Growth**. New York: Potomac Associates Books, 1972.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. 2022.

MME. **Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis**. Brasília-DF: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1/legislacao-e-documentos/concepcao-do-renovabio/renovabionotaexplicativa.pdf/view>>. Acesso em: 7 fev. 2023.

MME. **Resolução N° 15, de 24 de Junho de 2019**. Brasília-DF: 2019.

MME. Resolução n° 791 de 12 de junho de 2019. 2019 b.

NALDI, M.; FLAMINI, M. **The CR 4 index and the interval estimation of the Herfindahl-Hirschman Index: an empirical comparison**. 2015. Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2448656http://www.maurizionaldi.it>>.

NEALER, R.; REICHMUTH, D.; ANAIR, D. **Cleaner Cars from Cradle to Grave How Electric Cars Beat Gasoline Cars on Lifetime Global Warming Emissions**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[www.ucsusa.org](http://www.ucsusa.org)>.

NERI, M. **Mapa da Riqueza no Brasil**. 2023. Disponível em: <[www.fgv.br/cps/riqueza](http://www.fgv.br/cps/riqueza)>.

NONNENBERG, M. J. B.; MARTINS, M. M. V. **Como a guerra na Ucrânia poderá afetar o comércio exterior? Efeitos sobre o Brasil Sinopse**. 2022. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/220315\\_cc\\_nota\\_22\\_guerra\\_da\\_ucrania.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/220315_cc_nota_22_guerra_da_ucrania.pdf)>. Acesso em: 6 fev. 2023.

OCDE. **Common Ownership by Institutional Investors and its Impact on Competition Background Note by the Secretariat-ownership-and-its-impact-on-competition.htm**. 2017. Disponível em: <[www.oecd.org/daf/competition/common](http://www.oecd.org/daf/competition/common)>.

OLIVEIRA, L. et al. Key issues of lithium-ion batteries - From resource depletion to environmental performance indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 354–362, 1 dez. 2015.

ONAT, N. C.; KUCUKVAR, M. **A systematic review on sustainability assessment of electric vehicles: Knowledge gaps and future perspectives. Environmental Impact Assessment Review** Elsevier Inc., 1 nov. 2022.

ONU. **Acordo de Paris.** , 2015. Disponível em: <<https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/undp-br-ods-ParisAgreement.pdf>>. Acesso em: 2 ago. 2021

OUR WORLD IN DATA. **Population & Demography Data Explorer - Our World in Data.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <[https://ourworldindata.org/explorers/population-and-demography?tab=table&time=latest&facet=none&country=CHN~IND~USA~IDN~PAK~NGA~BRA~RUS~BGD~MEX&pickerSort=desc&pickerMetric=population\\_\\_all\\_\\_all\\_\\_records&Metric=Population&Sex=Both+sexes&Age+group=Total&Projection+Scenario=None](https://ourworldindata.org/explorers/population-and-demography?tab=table&time=latest&facet=none&country=CHN~IND~USA~IDN~PAK~NGA~BRA~RUS~BGD~MEX&pickerSort=desc&pickerMetric=population__all__all__records&Metric=Population&Sex=Both+sexes&Age+group=Total&Projection+Scenario=None)>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PAGANI, P. A. S.; FIRME, V. DE A. C.; SANTOS, M. DE A. D. Determinantes da demanda do setor automobilístico brasileiro: uma análise empírica. **Estudos Economicos**, v. 52, n. 3, p. 613–645, 2022.

PAVLENKO, N.; ARAUJO, C. **Opportunities and risks for continued biofuel expansion in Brazil SUMMARY.** 2019. Disponível em: <[www.theicct.org](http://www.theicct.org)>.

PERKINS, G.; MURMANN, J. P. **What Does the Success of Tesla Mean for the Future Dynamics in the Global Automobile Sector? Management and Organization Review** Cambridge University Press, 1 set. 2018.

PETROBRAS. **Adotamos nova política de preços de diesel e gasolina.** Disponível em: <<https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/adotamos-nova-politica-de-precos-de-diesel-e-gasolina.htm>>. Acesso em: 6 fev. 2023.

PNME. **Mapeamento e diagnóstico das iniciativas sobre mobilidade elétrica no Brasil a partir de 2018.** 2021.

PNME. **2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica.** 2022.

PORTER, M. E. **How Competitive Forces Shape Strategy.** 1979.

- RESENDE, M.; BOFF, H. *Concentração Industrial*. Em: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Eds.). Elsevier, 2013.
- RITCHIE, H.; ROSER, M. **Emissions by sector**. 2020. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/emissions-by-sector#licence>>.
- RUOSO, A. C.; RIBEIRO, J. L. D. An assessment of barriers and solutions for the deployment of electric vehicles in the Brazilian market. **Transport Policy**, v. 127, p. 218–229, 1 out. 2022.
- SANDESH, K.; UJWAL, P. Trends and perspectives of liquid biofuel – Process and industrial viability. **Energy Conversion and Management: X**, v. 10, 1 jun. 2021.
- SANTINI, D. J. **Electric Vehicle Waves of History: Lessons Learned about Market Deployment of Electric Vehicles**. 2011. Disponível em: <[www.intechopen.com](http://www.intechopen.com)>.
- SANTOS, L.; GRANGEIA, C. **Experiências Internacionais em Mobilidade Elétrica**. 2021.
- SCARANO, P. R. et al. Modelo estrutura-conduta-desempenho como esquema analítico de análises setoriais. Em: **Estudos econômicos setoriais: máquinas e equipamentos, ferrovias, têxtil e calçados**. 2019.
- SCHERER, F. N.; ROSS, D. R. *Industrial Market Structure and Economic Performance*. 1990.
- SILVA, J. A. DA. **The Importance of the Wild Cane *Saccharum spontaneum* for Bioenergy Genetic Breeding**. *Sugar Tech* Springer India, 1 jun. 2017.
- SINDIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante 2022**. 2022. Disponível em: <[https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2022/RelatorioFrotaCirculante\\_2022.pdf](https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2022/RelatorioFrotaCirculante_2022.pdf)>. Acesso em: 5 fev. 2023.
- SINDIPEÇAS. **Relatório da Frota Circulante**. 2023. Disponível em: <[https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2023/RelatorioFrotaCirculante\\_2023.pdf](https://www.sindipecas.org.br/sindinews/Economia/2023/RelatorioFrotaCirculante_2023.pdf)>. Acesso em: 8 ago. 2023.
- SOVACOOOL, B. K. et al. Pleasure or profit? Surveying the purchasing intentions of potential electric vehicle adopters in China. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 124, p. 69–81, 1 jun. 2019.

STATTMAN, S. L.; HOSPES, O.; MOL, A. P. J. Governing biofuels in Brazil: A comparison of ethanol and biodiesel policies. **Energy Policy**, v. 61, p. 22–30, out. 2013.

STRINGHAM, E. P.; MILLER, J. K.; CLARK, J. R. **Overcoming Barriers to Entry in an Established Industry: TESLA MOTORS**. 2015.

SUN, J. et al. Toxicity, a serious concern of thermal runaway from commercial Li-ion battery. **Nano Energy**, v. 27, p. 313–319, 1 set. 2016.

TCU. Modicidade da tarifa de energia elétrica é prejudicada por falhas na política pública do setor. 22 jun. 2022.

TESLA. **\$35,000 Tesla Model 3 Available Now**. Disponível em: <https://www.tesla.com/blog/35000-tesla-model-3-available-now>. Acesso em: 12 jul. 2023.

TODOROVIC, M.; SIMIC, M.; KUMAR, A. **Managing Transition to Electrical and Autonomous Vehicles**. Procedia Computer Science. **Anais...Elsevier B.V.**, 2017.

TRANSPORT AND ENVIRONMENT. **Recharge EU: How many charge point will Europe and its Member States need in the 2020s**. 2020. Disponível em: <[www.transportenvironment.org](http://www.transportenvironment.org)>. Acesso em: 15 jul. 2023.

TSIROPOULOS I; TARVYDAS D; LEBEDEVA N. **Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications Scenarios for costs and market growth**. 2018. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/jrc>>

UNFCCC. **Paris Declaration on Electro-Mobility and Climate Change & Call to Action**. Disponível em: <<https://unfccc.int/media/521376/paris-electro-mobility-declaration.pdf>>. Acesso em: 5 fev. 2023.

US NEWS. **Toyota to invest 338 million in new hybrid flex car in Brazil**. 2023. Disponível em: <<https://money.usnews.com/investing/news/articles/2023-04-19/>>.

VERMA, S. et al. **A comprehensive review on energy storage in hybrid electric vehicle**. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)** Chang'an University, 1 out. 2021.

VOLKSWAGEN. **World premiere of the ID. 2all concept - The electric car from Volkswagen costing less than 25,000 euros.** 2023.

WAKEFIELD, E. H. **History of the Electric Automobile: Battery-Only Powered Cars.** 1994.

WANG, C.; LIM, M. K.; LYONS, A. Twenty years of the International Journal of Logistics Research and Applications: a bibliometric overview. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 22, n. 3, p. 304–323, 4 maio 2019.

WARAICH, R. A. et al. Plug-in hybrid electric vehicles and smart grids: Investigations based on a microsimulation. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 28, p. 74–86, 2013.

WCED. **Our Common Future.** 1987.

WEI, L.; WANG, C.; LI, Y. Governance strategies for end-of-life electric vehicle battery recycling in China: A tripartite evolutionary game analysis. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, 13 dez. 2022.

WOOD, B. et al. **The influence of corporate market power on health: exploring the structure-conduct-performance model from a public health perspective.** **Globalization and Health** BioMed Central Ltd, 1 dez. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Risks Report 2023 18th Edition.** Disponível em: <[www.weforum.org](http://www.weforum.org)>.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Climate Watch Historical GHG Emissions [WWW Document]** <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions> (acessado em 24/01/2023). Disponível em: <[https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&end\\_year=2019&start\\_year=1990](https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&end_year=2019&start_year=1990)>. Acesso em: 23 jan. 2023.

YUEN, K. F. et al. The role of stakeholder participation and sustainability integration in maritime transport: A structure-conduct-performance analysis. **Transport Policy**, v. 99, p. 44–53, 1 dez. 2020.

ZHANG, H. et al. Life cycle environmental impact assessment for battery-powered electric vehicles at the global and regional levels. **Scientific reports**, v. 13, n. 1, p. 7952, 1 dez. 2023a.

ZHANG, H. et al. Life cycle environmental impact assessment for battery-powered electric vehicles at the global and regional levels. **Scientific reports**, v. 13, n. 1, p. 7952, 1 dez. 2023b.

ZHANG, X. et al. **Review of electric vehicle policies in China: Content summary and effect analysis**. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** Elsevier Ltd, , 2017.