

Beatriz Gonçalves Coelho

Análise de opinião a respeito dos veículos elétricos

Rosana - SP
2025

Beatriz Gonçalves Coelho

Análise de opinião a respeito dos veículos elétricos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria de Curso de Engenharia de
Energia do Campus de Rosana, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos requisitos
para obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia de Energia.

Orientador(a): Maria Cláudia Costa de Oliveira
Botan

Rosana - SP
2025

C672a Coelho, Beatriz
Análise de opinião a respeito dos veículos elétricos / Beatriz
Coelho. -- Rosana, 2025
52 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de
Energia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Engenharia e Ciências, Rosana
Orientadora: Maria Claudia Costa de Oliveira Botan

1. Veículos elétricos. 2. Mobilidade. 3. Transição energética. 4.
Sustentabilidade. 5. Opinião pública. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana



BEATRIZ GONÇALVES COELHO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. NOME COMPLETO
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Profa. Dra. Maria Claudia Costa de Oliveira Botan
Orientador/UNESP-Rosana

Profa. Dra. Letícia Sabo Boschi
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Flávio Camargo Cabrera
UNESP-Rosana

Dezembro de 2025

Dedico esse trabalho à minha família, que esteve ao meu lado em cada etapa dessa caminhada. Em especial, à minha mãe, Tatiane Mudnutti Gonçalves, e à minha avó, Rosemeire Aparecida Mudnutti, que foram meu apoio diário. Obrigada por acreditarem em mim, por cada palavra de incentivo e por todo amor que sempre me deram. Nada disso seria possível sem vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, que sempre foi a base de tudo na minha vida. Cada etapa dessa jornada foi construída com o apoio, o carinho e a confiança que sempre depositaram em mim. Em especial, agradeço à minha mãe, Tatiane Mudnutti Gonçalves, e à minha avó, Rosemeire Mudnutti, que estiveram presentes tanto nos momentos mais difíceis quanto nos mais felizes. Obrigada por me ensinarem tanto, por apoiarem minhas escolhas e por nunca medirem esforços para que eu chegasse até aqui. O amor e a dedicação de vocês foram essenciais para que eu encontrasse coragem e motivação para concluir mais essa etapa.

Agradeço também à minha orientadora, Maria Claudia Botan, pelo papel fundamental que teve na construção deste trabalho. Sua orientação, paciência e disponibilidade foram indispensáveis para o desenvolvimento deste projeto. Cada sugestão, conselho e direcionamento contribuíram não só para o conteúdo deste trabalho, mas também para o meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou profundamente grata por todo o aprendizado compartilhado ao longo desse percurso.

Às minhas companheiras de casa Mariana, Maria Clara, Denise e Julia deixo meu carinho e minha gratidão. Vocês tornaram minha trajetória na faculdade muito mais especial, me fizeram sentir em casa e trouxeram leveza para os dias mais difíceis. Obrigada por todas as risadas, pela parceria e pelo apoio, tanto na vida acadêmica quanto na vida pessoal. Conviver com vocês tornou cada momento inesquecível. Agradeço também aos meus amigos Maria Eduarda e Mateus, que mesmo não morando comigo, estiveram presentes em todos os momentos importantes. Obrigada por me ajudarem, apoiarem e compartilharem tantos momentos especiais. Vocês foram muito mais que importantes na minha vida. São pessoas que quero levar comigo para além da faculdade. Sou grata pelas conversas, pelos desabafos, pelas risadas e até pelos silêncios que tornaram essa fase mais leve e suportável. Ter pessoas tão especiais ao meu lado fez toda a diferença e deixou essa trajetória ainda mais bonita e significativa.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho fosse concluído. Cada gesto, palavra, apoio e colaboração foram essenciais.

“Só sabemos com exatidão quando sabemos pouco;
à medida que vamos adquirindo conhecimento,
instala-se a dúvida.”

Goethe

RESUMO

Este estudo analisa a percepção da população do Estado de São Paulo sobre os veículos elétricos, considerando o cenário das mudanças climáticas, da transição energética e do avanço das tecnologias sustentáveis. A pesquisa busca compreender como os cidadãos avaliam os benefícios ambientais, econômicos e sociais dessa transformação, bem como identificar as principais barreiras que ainda dificultam a adoção dessa tecnologia no Brasil. Para isso, foi aplicado um questionário online entre outubro de 2024 e outubro de 2025, obtendo 252 respostas válidas de moradores do estado. A metodologia combinou análises quantitativas e qualitativas, permitindo captar tanto padrões estatísticos quanto opiniões espontâneas dos participantes. Os resultados indicam que a maioria dos respondentes reconhece os veículos elétricos como uma alternativa relevante para reduzir emissões e melhorar a qualidade ambiental, destacando vantagens como menor impacto ecológico e economia no uso. Contudo, permanecem preocupações significativas relacionadas ao custo de aquisição, à autonomia, à infraestrutura de recarga e à durabilidade das baterias. Observou-se também que, embora o interesse pela tecnologia esteja crescendo, muitos consumidores ainda não se sentem prontos para realizar a substituição de imediato. De modo geral, o estudo aponta que a aceitação dos veículos elétricos está em expansão, mas depende de avanços estruturais, incentivos governamentais, fortalecimento da indústria nacional e maior acesso à informação. As percepções levantadas reforçam a importância de políticas públicas consistentes e investimentos em infraestrutura para tornar a mobilidade elétrica mais acessível e viável no estado e no país.

PALAVRAS-CHAVE: Veículos elétricos. Mobilidade sustentável. Transição energética. Sustentabilidade. Opinião pública.

ABSTRACT

This study analyzes the perception of the population of the State of São Paulo regarding electric vehicles, considering the context of climate change, the energy transition, and the advancement of sustainable technologies. The research seeks to understand how citizens evaluate the environmental, economic, and social benefits of this transformation, as well as to identify the main barriers that still hinder the adoption of this technology in Brazil. To achieve this, an online questionnaire was applied between October 2024 and October 2025, resulting in 252 valid responses from residents of the state. The methodology combined quantitative and qualitative analyses, allowing the identification of both statistical patterns and spontaneous opinions from participants. The results indicate that most respondents recognize electric vehicles as a relevant alternative to reduce emissions and improve environmental quality, highlighting advantages such as lower ecological impact and reduced operational costs. However, significant concerns remain regarding purchase price, driving range, charging infrastructure, and battery durability. The findings also show that, although interest in the technology is growing, many consumers still do not feel prepared to make the transition immediately. Overall, the study shows that the acceptance of electric vehicles is expanding, but it depends on structural improvements, government incentives, strengthening of the national industry, and broader access to information. The perceptions gathered reinforce the importance of consistent public policies and infrastructure investments to make electric mobility more accessible and feasible in the state and in the country.

KEYWORDS: Electric vehicles. Sustainable Mobility. Energy transition. Sustainability. Public opinion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Compromissos dos países quanto a diminuição de CO2.....	18
Figura 2 - Número de veículos elétricos vendidos anualmente.	19
Figura 3 - Veículos elétricos registrados no estado de São Paulo.	26
Figura 4 - Respostas quanto ao Estado de origem.	38
Figura 5 - Faixa etária dos respondentes.....	39
Figura 6 - Sexo dos respondentes.	39
Figura 7 - Grau de escolaridade dos respondentes.....	40
Figura 8 - Quanto a concordância de sustentabilidade atrelada aos veículos elétricos.....	41
Figura 9 - Quanto às vantagens atreladas aos veículos elétricos.....	42
Figura 10 - Fatores que preocupam no momento de optar pelo veículo elétrico.....	44

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO	12
2	REVISÃO LITERÁRIA	13
2.1	Mudanças Climáticas	13
2.2	Energias Renováveis	15
2.3	Transição Modal Veicular	15
2.4	Contexto histórico	22
2.5	Evolução dos Veículos elétricos no Brasil	25
2.6	Incentivos	27
2.7	Infraestrutura	29
2.8	Aspectos econômicos	31
2.9	Impactos ambientais	33
3	METODOLOGIA	35
3.1	População e amostra	35
3.2	Instrumento de coleta de dados	36
4	RESULTADOS	38
5	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a sociedade evoluiu muito com os avanços da tecnologia, ciência e medicina, trazendo melhorias para a qualidade de vida. Porém, esse progresso também trouxe desafios, principalmente relacionados ao meio ambiente e à forma como usamos os recursos naturais. O aumento da poluição, o uso excessivo de combustíveis fósseis e as mudanças climáticas são alguns dos problemas que enfrentamos hoje.

Grande parte dessas mudanças está ligada às atividades humanas, como desmatamento e queima de combustíveis, que aumentam a concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. Esses gases retêm calor e fazem a temperatura da Terra subir, causando o aquecimento global. Isso afeta o clima, os ecossistemas e a vida das pessoas, trazendo impactos como derretimento de geleiras, elevação do nível do mar e perda de biodiversidade.

O setor de energia está entre os maiores emissores de gases de efeito estufa e precisa reduzir a dependência dos combustíveis fósseis. Algumas soluções incluem melhorar a eficiência energética, ampliar o uso de fontes renováveis como solar e eólica, investir em hidrogênio, capturar carbono e proteger as florestas. As energias renováveis são alternativas promissoras, mas ainda exigem investimentos em infraestrutura, armazenamento e tecnologia para atender à demanda crescente.

O transporte também é um dos setores mais poluentes, especialmente o rodoviário, que responde por cerca de 15% das emissões globais (BARREIRO, 2022). Os veículos elétricos surgem como uma solução interessante, pois reduzem a poluição, incentivam o uso de energia limpa e impulsionam a inovação tecnológica. No entanto, ainda existem desafios, como a falta de pontos de recarga, a origem da energia utilizada, o preço dos veículos e a dificuldade de acesso para grande parte da população.

Apesar de parecerem recentes, os veículos elétricos e híbridos existem há muito tempo. Desde os primeiros modelos no século XIX até os híbridos modernos, como o Toyota Prius lançado em 1997, essa tecnologia evoluiu junto com os motores a combustão. Nas últimas décadas, crises do petróleo, preocupações ambientais e avanços nas baterias de íon-lítio tornaram os veículos elétricos mais eficientes e populares.

Hoje, há diferentes tipos: híbridos (HEVs), híbridos plug-in (PHEVs), elétricos a bateria (BEVs) e veículos com célula de combustível de hidrogênio (FCEVs), cada um com características próprias.

O uso de veículos elétricos varia pelo mundo. A China lidera o mercado, apoiada por políticas governamentais e preços mais acessíveis. A União Europeia cresce com metas de

redução de emissões e incentivos, enquanto os Estados Unidos avançam mais lentamente devido à falta de infraestrutura e incentivos federais. Países como Noruega, Dinamarca e Reino Unido mostram que políticas bem estruturadas e incentivos fiscais são fundamentais para aumentar a adoção dos veículos elétricos e acelerar a transição energética.

A presença de veículos elétricos no Brasil ainda é pequena, mas está crescendo rapidamente. Em 2023, foram emplacados 93.927 modelos eletrificados, e em 2024 esse número subiu para 177.358, um aumento de 89%, segundo a ABVE. Mesmo com esse avanço, eles representam apenas 0,26% da frota nacional, de acordo com o INMETRO. O país tem boa perspectiva de expansão, graças à matriz elétrica renovável e a incentivos estaduais, mas ainda enfrenta desafios como o custo das baterias e a falta de políticas públicas.

A infraestrutura de recarga é outro fator essencial para o sucesso dos veículos elétricos. É necessário planejar sistemas de carregamento em residências, comércios e espaços públicos, priorizando carregamento rápido, uso inteligente da energia e integração com fontes renováveis. Modelos como carregamento coordenado e bidirecional (V2G e V2B) podem otimizar a rede elétrica e reduzir custos.

A transição para veículos elétricos também impacta a economia. Programas nacionais incentivam a produção local de veículos e baterias, gerando empregos, fortalecendo a indústria e atraindo investimentos em tecnologia. A eletrificação da frota contribui para reduzir emissões, aumentar a segurança energética e promover uma mobilidade mais sustentável, alinhada às metas globais de desenvolvimento e neutralidade de carbono.

Com a crescente preocupação com a sustentabilidade, muitas pessoas buscam alternativas de transporte mais conscientes, e os veículos elétricos se apresentam como uma opção para reduzir impactos ambientais.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo analisar a opinião do público sobre os carros elétricos, identificando percepções, motivações, preocupações e fatores que influenciam a aceitação ou resistência a transição para essa tecnologia, a fim de compreender como esses fatores contribuem para a construção da percepção da população sobre a mobilidade elétrica.

2 REVISÃO LITERÁRIA

2.1 Mudanças Climáticas

Nos últimos 150 anos, a sociedade passou por mudanças profundas. Avançamos muito em tecnologia, saúde e qualidade de vida, mas também criamos impactos que afetam diretamente o meio ambiente. O uso crescente de combustíveis fósseis, o desmatamento e outras atividades humanas aumentaram a presença de gases como CO₂, CH₄, N₂O e O₃ na atmosfera. Com mais desses gases retendo calor, o equilíbrio energético da Terra se altera e isso contribui para o aquecimento que vem sendo observado desde o período pré-industrial (PBMC, 2013).

As mudanças climáticas vão muito além do aumento da temperatura média. Elas mexem no regime de chuvas, interferem nas zonas costeiras, afetam ecossistemas inteiros e colocam a biodiversidade em risco. Quando esses efeitos se combinam com problemas ambientais e sociais que já existem, o impacto tende a ser ainda maior. As alterações frequentes nas chuvas, por exemplo, têm resultado em secas mais intensas e enchentes que acontecem com mais frequência, criando desafios tanto para a população quanto para a economia. Tudo isso mostra que o aquecimento global é só uma parte de um cenário mais amplo de mudanças que vêm desequilibrando os sistemas naturais do planeta (IPCC, 2022).

Dentro dos gases de efeito estufa, o carbono merece destaque, pois embora esteja naturalmente presente na natureza, sua produção em larga escala contribui significativamente para o efeito estufa e o agravamento das mudanças climáticas. O excesso de CO₂ amplifica a retenção de radiação solar, aumentando o calor na atmosfera e intensificando o aquecimento global. Reduzir suas emissões é fundamental para prevenir ou desacelerar o derretimento das geleiras, alterações no nível do mar, mudanças climáticas mais intensas e impactos negativos nos ecossistemas e na biodiversidade.

Além disso, os oceanos desempenham um papel crucial no ciclo do carbono, absorvendo grande parte do CO₂ atmosférico; porém, nos últimos anos, cerca de 30% do carbono absorvido provém de atividades humanas, o que causa acidificação oceânica, alterando o pH da água e prejudicando a vida marinha. O excesso de CO₂, aliado ao aumento da temperatura, também afeta a biodiversidade e a vida dos seres vivos, dificultando a adaptação das espécies a mudanças rápidas e aumentando o risco de extinção. De forma semelhante, a saúde humana sofre impactos diretos, uma vez que a queima de combustíveis fósseis libera não apenas carbono, mas também material particulado e óxidos de nitrogênio (Artaxo, 2020).

Como a principal fonte de gases de efeito estufa, a queima de combustíveis fósseis

precisa ser reduzida para mitigar os impactos socioambientais. Apesar dos alertas e dos desastres ambientais, o uso desses combustíveis ainda não diminuiu de forma significativa, e muitos países permanecem dependentes deles para economia e energia.

Além de contribuírem para as mudanças climáticas, esses combustíveis causam desajustes econômicos e sociais. O incentivo contínuo à sua produção distorce o mercado, tornando sua produção mais “barata” e elevando as emissões de GEE. Essa realidade prejudica a transição para fontes de energia limpa, aumenta a competitividade de indústrias que ainda dependem desses combustíveis e intensifica a poluição do ar (Carton et al., 2020).

Diante desse cenário, diversas medidas vêm sendo aplicadas para reduzir a emissão de GEE e mitigar as alterações climáticas. Entre elas estão: eficiência energética, adoção de energias renováveis, descarbonização de combustíveis fósseis, uso de hidrogênio, captura e armazenamento de CO₂ e conservação das florestas.

A eficiência energética gera a mesma quantidade de energia com menor uso de recursos naturais, minimizando desperdícios e impactos ambientais. A adoção de energias renováveis tem se tornado cada vez mais comum, mesmo enfrentando desafios como infraestrutura, instabilidade da rede e custo inicial, trazendo benefícios para o meio ambiente, a independência do consumidor, a redução de carbono e a melhoria da qualidade do ar. A descarbonização de combustíveis fósseis envolve práticas eficientes, embora seja um processo desafiador para países dependentes desses recursos. Ela inclui etapas de eficiência energética, captura e armazenamento do carbono produzido durante a queima de combustíveis, e políticas governamentais que incentivam a transição para uma economia de baixo carbono, como o crédito de carbono. Esse mecanismo permite que empresas ou países que emitam menos CO₂ do que o permitido venda seus créditos para outros que precisam emitir mais, criando incentivo financeiro para reduzir as emissões. No mesmo caminho, o hidrogênio verde, obtido via eletrólise de forma sustentável, pode ser usado como combustível ou matéria-prima, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis (Tayra; Reis, 2020).

Dentro dessas alternativas de mitigação, os carros elétricos surgem como uma opção promissora para reduzir as emissões de GEE e a dependência de combustíveis fósseis. Esses veículos emitem significativamente menos gases poluentes, não liberam NOx nem partículas, são mais eficientes que veículos convencionais, incentivam o uso de energias renováveis e impulsionam o avanço tecnológico. No entanto, essa transição apresenta desafios, como a disponibilidade e quantidade de postos de recarga, a fonte de energia utilizada nesses postos, o custo inicial dos veículos e sua acessibilidade à população (ICCT, 2023).

2.2 Energias Renováveis

São vários os desafios nesse século, e um dos maiores é a garantia de obter energia de forma sustentável, por importantes questões tecnológicas, sociais e econômicas no mundo. Assim, assuntos como a eficiência energética, e sustentabilidade, vão além de assegurar que teremos energia para o futuro, mas havendo maneiras de amparar o meio ambiente e seus recursos, evitando conflitos futuros causados pela alta demanda de energia no mundo. Há dois tipos de energia presentes na natureza: As renováveis e as não renováveis. As renováveis, são aquelas que se renovam naturalmente, já as não renováveis, usam recursos finitos, e que são prejudiciais ao meio ambiente. (Araújo et al., 2022)

As energias renováveis surgiram como alternativas indispensáveis tanto para o combate às mudanças climáticas quanto para desacelerar o aquecimento global, que é uma grande problemática derivada do uso excessivo de combustíveis fósseis. Entretanto, a incerteza e a flutuação na disponibilidade dessas fontes criam desafios significativos para sua implementação em larga escala, como por exemplo nas tecnologias já existentes, como o sistema de armazenamento, pois há uma limitação na quantidade de energia armazenada, sua eficiência, o seu custo e a vida útil das baterias. Além disso, o crescimento populacional e os avanços da civilização têm intensificado a demanda por energia, pressionando ainda mais o setor energético. Embora os combustíveis fósseis não sejam sustentáveis e afetem drasticamente tanto o meio ambiente quanto a saúde pública, eles ainda permanecem como os principais contribuintes para o suprimento de energia global, mas com o aumento dos GEE, a utilização de tecnologias renováveis, como energia solar, eólica, de biomassa, hídrica, geotérmica e de hidrogênio, foram introduzidas e mais incentivadas com o princípio de gerar eletricidade de forma limpa (Silva; Pereira; Almeida, 2023).

2.3 Transição Modal Veicular

Entre os setores que mais se destacam nas emissões de GEE, o setor de transporte tem uma das maiores taxas, que se subdivide em setores: rodoviário, naval, ferroviário, aviação, entre outros. Os automóveis rodoviários movidos a combustíveis fósseis são um dos principais contribuintes das emissões dos GEE, eles contribuem com 15% no total dessas emissões no mundo, sendo que o setor de transporte representa 21% (Barreiro, 2022).

A adoção de veículos elétricos, traz uma solução para as problemáticas causadas pelos veículos convencionais no setor rodoviário. Vários países têm buscado soluções para diminuir

os impactos ambientais e implementaram políticas para incentivar o uso de veículos elétricos, ao invés dos veículos a combustão convencionais. Questões importantes surgem na discussão sobre a adoção de veículos elétricos na frota mundial, como: a sustentabilidade do veículo elétrico comparado ao veículo a combustão, pois um fator que determina esse benefício é a junção das energias que vão abastecer esses veículos, tendo como destaque países que são alimentados na maior parte por energias limpas; e o motivo desse movimento só estar se fortalecendo agora, mesmo com sua criação feita a tanto tempo. Levando em conta esses apontamentos, os VE's vem se tornando mais comuns e mais incentivados por vários países, tanto no comércio, pesquisa e produção, quanto na circulação destes (Barreiro, 2022).

Diversos países encontraram soluções muito relevantes para a implementação dos veículos elétricos e suas tecnologias com mais êxito. A Agência Nacional de Energia (IEA) divulgou informações com maiores percentuais de vendas em realção ao ano de 2021, e estão entre eles: Noruega, China, Suécia, Islândia, Dinamarca, entre outros (Sun; Li, 2024).

A urgência de alcançar a meta de emissões líquidas zero é reforçada por organismos internacionais, como a ONU, principalmente por meio do Acordo de Paris. Para que essa transição seja efetiva, é fundamental analisar os fatores que influenciam a adoção de veículos elétricos (VEs), incluindo desafios regionais, oportunidades, políticas públicas e estratégias de mercado (Sun; Li, 2024).

O foco está em três mercados centrais: Estados Unidos, União Europeia (UE) e China, escolhidos por suas diferentes abordagens regulatórias e relevância nas vendas globais de VEs. São consideradas as principais marcas em cada região — Tesla, Ford e Chevrolet nos EUA; Volkswagen, BMW e Mercedes-Benz na UE; e BYD Auto e NIO na China — com o objetivo de compreender fatores que impulsionam a adoção dos VEs, como políticas governamentais, comportamento do consumidor, inovações tecnológicas e desenvolvimento da infraestrutura de carregamento. Também são analisadas estratégias de mercado das marcas líderes e os impactos ambientais positivos, especialmente na redução de emissões de carbono (Sun; Li, 2024).

Embora pesquisas anteriores tenham explorado principalmente aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais dos VEs, ainda existem lacunas a serem exploradas, como o impacto ambiental do ciclo de vida dos veículos, considerando produção e descarte das baterias, a eficácia de diferentes políticas em contextos regionais diversos e a integração entre comportamento do consumidor, dinâmica de mercado e inovação tecnológica.

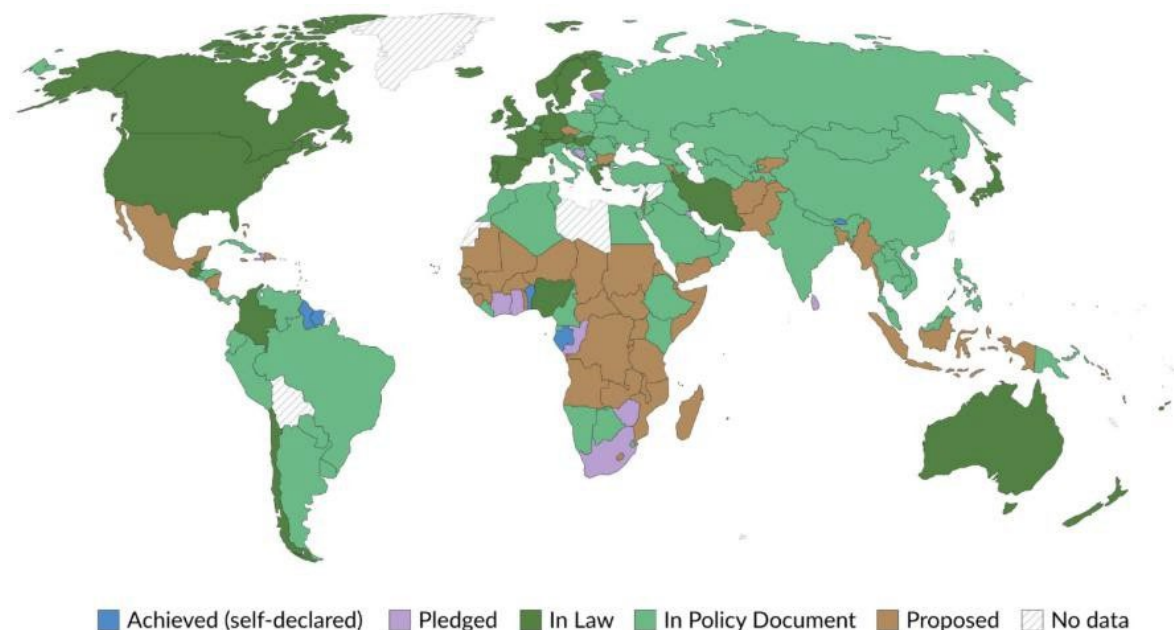
Questões centrais incluem a influência de políticas públicas e incentivos na adoção dos VEs, as estratégias de engajamento do consumidor mais eficazes e o impacto do avanço tecnológico e da infraestrutura no crescimento do mercado. Identificar os principais

impulsionadores e barreiras fornece subsídios importantes para formuladores de políticas, pesquisadores e indústria automotiva, contribuindo para acelerar a transição para a mobilidade elétrica e alcançar as metas globais de emissões líquidas zero (Sun; Li, 2024).

O aumento da disponibilidade e incentivo ao uso de veículos elétricos (VEs) representa mais do que um avanço tecnológico: trata-se de uma transformação econômica, uma mudança nos hábitos de consumo e uma ação essencial para promover a sustentabilidade e atingir a meta de emissões líquidas zero de carbono. A produção das baterias dos VEs depende de matérias-primas como lítio e cobalto, cuja extração e fornecimento ainda precisam ser desenvolvidos de forma mais sustentável. Do ponto de vista econômico, políticas públicas que incentivam os VEs são vistas como uma oportunidade estratégica para reorganizar as estruturas econômicas nacionais (Sun; Li, 2024).

O Acordo de Paris, de 2015, estabelece o objetivo de limitar o aumento da temperatura global a 1,5 °C em relação aos níveis pré-industriais. Considerando que o transporte é um dos maiores responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, a substituição dos veículos a combustão por VEs surge como uma das alternativas mais rápidas e eficazes. O desenvolvimento sustentável dos recursos e a conquista da neutralidade carbônica representam esforços de longo prazo, com impactos diretos na qualidade de vida e nos hábitos cotidianos das pessoas (Sun; Li, 2024).

Figura 1 - Compromissos dos países quanto a diminuição de CO₂.



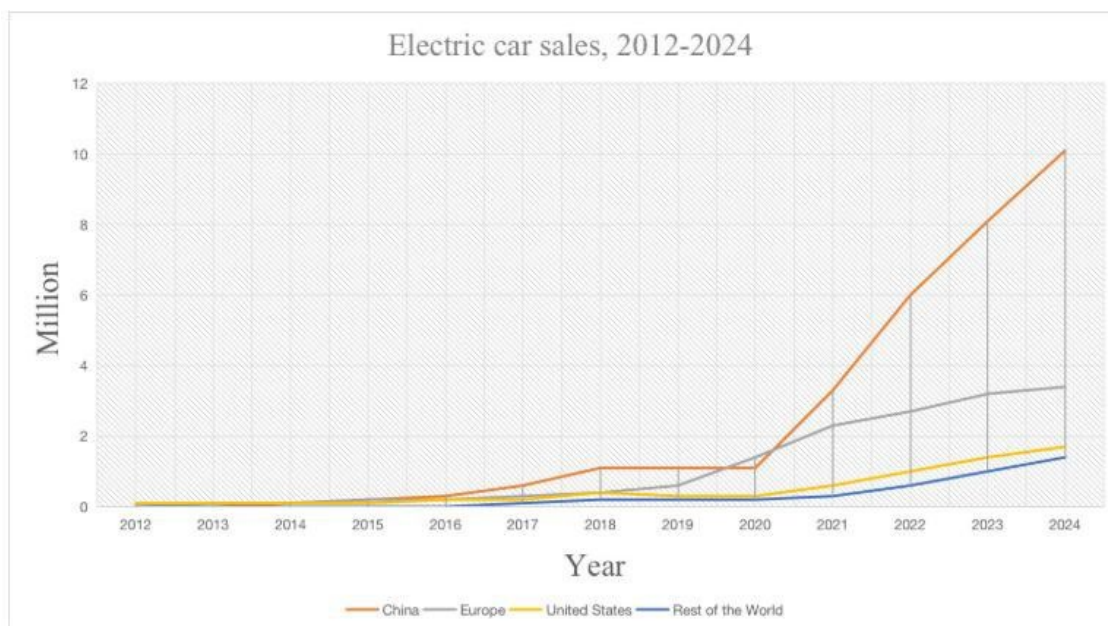
Fonte: (Sun; Li, 2024).

Ao comparar as vendas de veículos elétricos (VEs), a taxa de adoção e as marcas preferidas nos EUA, União Europeia (UE) e China, percebe-se diferenças importantes entre as regiões, influenciadas por políticas e dinâmicas de mercado. Em 2023, a China liderou o mercado global de VEs, representando cerca de 60% das vendas, impulsionada por fortes incentivos do governo e uma variedade de modelos mais acessíveis. A UE ficou em segundo lugar, mostrando crescimento expressivo devido a regras rígidas de emissão e benefícios para consumidores e fabricantes. Já os EUA, apesar de apresentarem crescimento, ficaram atrás por conta de incentivos federais menores e de uma infraestrutura de carregamento ainda em desenvolvimento (Sun; Li, 2024).

As preferências dos consumidores também mudam conforme a região: na China, marcas locais como BYD e NIO são mais populares, enquanto na Europa há preferência por fabricantes locais como Volkswagen e BMW. Nos EUA, a Tesla continua dominante, mas montadoras tradicionais como Ford e GM estão ganhando espaço com novos modelos de VEs. Esses dados mostram como políticas regionais e fatores econômicos influenciam a adoção de veículos elétricos e o sucesso das marcas (Sun; Li, 2024).

A Figura 2 ilustra o crescimento das vendas de carros elétricos de 2012 a 2024 na China, Europa, Estados Unidos e outros países. Os números mostram que as vendas aumentaram rápido, principalmente na China e na Europa.

Figura 2 - Número de veículos elétricos vendidos anualmente.



Fonte: (Sun; Li, 2024).

Em 2024, cerca de 1 em cada 5 carros novos vendidos na Europa era elétrico, mantendo a mesma participação do ano anterior. Apesar do crescimento em 14 países da UE, em mercados grandes como Alemanha e França as vendas não avançaram muito, principalmente porque os subsídios foram reduzidos ou encerrados. Na Alemanha, eles acabaram no final de 2023, e na França, o bônus ambiental passou a ser menor para compradores de maior renda e para um número menor de modelos (IEA, 2025).

Outro fator que seguiu o crescimento foi a forma como os padrões de CO₂ da União Europeia são aplicados, com novas metas apenas a cada cinco anos. Isso fez com que os fabricantes não tivessem pressa em vender mais carros elétricos em 2024, diferente do Reino Unido, que exige metas anuais e incentiva a eletrificação constante (IEA, 2025).

No Reino Unido, as vendas de elétricos chegaram a quase 30%. A Noruega quase atingiu 100% de eletrificação, com 88% de carros totalmente elétricos e menos de 3% híbridos plug-in, o que ajudou a reduzir o consumo de óleo no transporte em 12% desde 2021. A Dinamarca também teve crescimento, com 56% das vendas sendo elétricas, cerca de 100 mil carros. Esses números mostram que políticas de incentivo, metas claras e impostos sobre carros a combustão fazem diferença na adoção de veículos elétricos (IEA, 2025).

A Noruega é um exemplo mundial em sustentabilidade, mesmo tendo a maior reserva de petróleo da Europa. O país tem 5,3 milhões de habitantes e sua capital, Oslo, possui o maior IDH do mundo. A Noruega lidera a venda de carros elétricos, com 39% das novas vendas sendo

desse tipo, valor seis vezes maior que a Suécia, que ocupa o terceiro lugar globalmente com 6% (TEXEIRA,2023).

O parlamento norueguês quer que, a partir de 2025, todos os veículos produzidos no país sejam de emissão zero. Para isso, foram criadas condições para que os motoristas optem por carros elétricos mesmo sem uma motivação ambiental direta. Quem compra um carro elétrico recebe diversos incentivos, que podem chegar a milhares de coroas norueguesas, incluindo isenção de impostos de importação e IVA, pedágios, estacionamento municipal gratuito e metade do preço em balsas (Teixeira, 2023).

Além disso, a Noruega conta com uma matriz energética limpa, com mais de 90% da energia vinda de hidrelétricas, tornando o uso de carros elétricos ainda mais adequado. O sucesso do país se deve a planejamento e incentivos fiscais, que tornam os veículos elétricos competitivos com os de combustão interna, apesar do custo de fabricação maior (Teixeira, 2023).

Após o primeiro choque do petróleo em 1973, a dependência de petróleo de países europeus e asiáticos, o esgotamento das reservas norte-americanas e a grande importância do Oriente Médio passaram a ser questões centrais para a economia global. A China, assim como os Estados Unidos, se preocupa com segurança energética, já que é o segundo maior importador de petróleo do mundo. Grande parte desse petróleo vem do Oriente Médio, atravessando o estreito da Malásia, que poderia ser facilmente bloqueado em caso de conflito (Teixeira, 2023).

O aumento das vendas de veículos no país é responsável por grande parte do crescimento no consumo de gasolina e diesel, o que reforça a preocupação chinesa com a dependência externa. Esse cenário ajudou a China a se tornar o maior mercado de veículos elétricos do mundo, com 580 mil unidades vendidas em 2017, um crescimento de 72% em relação a 2016. Junto com a União Europeia e a Índia, esses países representam cerca de 60% do mercado global de veículos elétricos leves (Teixeira, 2023).

No passado, a indústria chinesa de veículos elétricos enfrentou algumas barreiras: políticas de transferência de tecnologia de empresas estrangeiras que não foram muito eficazes, restrições para empresas ocidentais venderem ou produzirem carros elétricos na China, e um foco inicial em veículos de alto padrão, que atrasou o desenvolvimento de um mercado doméstico de carros elétricos mais simples. Hoje, essas barreiras já foram reduzidas, e o mercado interno de veículos elétricos está em plena expansão, com mais de 40% dos 3 milhões de veículos nas ruas sendo de fabricação local (Teixeira, 2023).

Apesar de críticas sobre o uso do carvão, que poderia reduzir os benefícios ambientais

dos veículos elétricos, a China tem investido fortemente em fontes de energia limpa e se tornou referência mundial. Recentemente, fabricantes estrangeiros já podem entrar no mercado chinês sem precisar que o governo seja sócio majoritário, abrindo espaço para mais competição e inovação. A meta do país é que, até 2025, 20% de todos os veículos vendidos utilizem algum tipo de tecnologia limpa (Teixeira, 2023).

As vendas de carros elétricos na China tiveram um crescimento expressivo em 2024, aumentando quase 40% em relação ao ano anterior, o que elevou a participação do país nas vendas globais de veículos elétricos para quase dois terços. Desde julho de 2024, as vendas mensais de carros elétricos superaram as de veículos convencionais, e a participação anual de elétricos se aproximou de 50%. Esse foi o quarto ano consecutivo em que a fatia de vendas de carros elétricos cresceu cerca de 10 pontos percentuais em comparação ao ano anterior.

Esse avanço reflete, principalmente, a competitividade de preços dos carros elétricos a bateria em relação aos veículos tradicionais. Além disso, a introdução, em abril de 2024, de um programa de troca de veículos impulsionou ainda mais o mercado. O programa oferece incentivos de cerca de 20.000 CNY (USD 2.750) para quem trocar um veículo antigo por um carro elétrico novo, e 15.000 CNY (USD 2.050) para a troca por um carro convencional. No total, 6,6 milhões de consumidores se beneficiaram do incentivo, sendo que 60% escolheram veículos elétricos, ou seja, mais de um terço das 11 milhões de vendas de elétricos no país teve apoio desse programa (IEA, 2025).

Nos últimos anos, os veículos híbridos plug-in (PHEVs) cresceram mais rapidamente que os elétricos a bateria. A participação de PHEVs nas vendas totais de carros elétricos passou de 15% em 2020 para quase 30% em 2024, enquanto os veículos elétricos de alcance estendido (EREVs) tiveram sua participação quadruplicada, ultrapassando 10% em 2024. Por consequência, a fatia de carros elétricos a bateria caiu de 80% em 2020 para menos de 60% em 2024, embora em números absolutos suas vendas tenham aumentado sete vezes, mostrando que ainda são muito procurados pelos consumidores (IEA, 2025).

Os Estados Unidos são os maiores importadores de petróleo do mundo e, por isso, têm grande interesse em conflitos com países que possuem grandes reservas, como Irã, Iraque e Venezuela. Desde a criação da OPEP, o país buscou desenvolver veículos elétricos e fontes de energia sustentáveis, alcançando resultados parciais. Em 1976, o governo aprovou o Electric and Hybrid Vehicle Research, Development, and Demonstration Act, permitindo apoiar pesquisas e projetos de veículos híbridos e elétricos (Teixeira, 2023).

Em 2017, os EUA consumiram cerca de 7,28 bilhões de barris de petróleo, principalmente para produzir gasolina, diesel, combustível de avião e outros derivados de alto

valor. Apesar de décadas de pesquisa em veículos elétricos, esses ainda representam apenas 1% do mercado americano, mesmo com as vendas crescendo rapidamente — por exemplo, no terceiro trimestre de 2018 foram vendidos mais de 110 mil veículos elétricos, 95% a mais que no ano anterior. Por isso, o país ainda depende de estratégias geopolíticas para garantir seu abastecimento de petróleo (Teixeira, 2023).

O governo oferece diversos incentivos aos veículos elétricos, especialmente aos puros. Entre eles, um crédito fiscal de até US\$ 7,5 mil, válido até que a montadora venda 200 mil unidades, quando o benefício começa a diminuir. Nos estados, os incentivos podem variar; na Califórnia, por exemplo, o governo estuda aumentar subsídios para compensar a redução do apoio federal (Teixeira, 2023)

As vendas de carros elétricos no país Norte Americano chegaram a 1,6 milhão de unidades em 2024, representando mais de 10% do mercado total de veículos leves. Apesar do crescimento ter desacelerado em comparação com 2023 (10% em 2024 contra 40% em 2023), os carros elétricos ainda ajudaram a movimentar o mercado, já que os carros convencionais praticamente não tiveram crescimento (IEA, 2025).

Em 2024, foram lançados 24 novos modelos de carros elétricos, aumentando as opções disponíveis para os consumidores e aumentando a concorrência. Embora o Tesla Model 3 e Model Y continuem sendo os modelos mais vendidos desde 2020, a entrada de 110 novos modelos desde então reduziu a participação de mercado da Tesla de 60% em 2020 para 38% em 2024. Esse ano também marcou a primeira queda de vendas da Tesla nos EUA, enquanto outros fabricantes aumentaram suas vendas em média 20% (IEA, 2025).

Uma mudança no Crédito Fiscal para Veículos Limpos permitiu que compradores recebessem um desconto imediato de até USD 7.500 para carros elétricos novos e USD 4.000 para usados. Cerca de metade das vendas de carros elétricos em 2024 se beneficiou desse incentivo, incluindo veículos alugados, que passaram a ser elegíveis para o crédito fiscal após uma regra de 2023. Além do crédito federal, 27 estados ofereceram incentivos adicionais, como descontos, reembolsos e isenções, estimulando ainda mais a adoção de carros elétricos (IEA, 2025).

2.4 Contexto histórico

Os veículos elétricos e híbridos não são uma novidade no setor automotivo, já que surgiram ainda nos primeiros anos da indústria automobilística, chegaram a superar em número os veículos a combustão em determinadas épocas. Entretanto, ao longo do tempo, perderam

espaço e só voltaram a ganhar destaque nas últimas décadas. Apesar das inovações, como o uso de baterias de íon-lítio e a incorporação de sistemas digitais avançados, o princípio de funcionamento desses automóveis continua baseado nos mesmos conceitos originais (Ferreira; Dias, 2021).

A história dos veículos elétricos está muito ligada ao desenvolvimento das baterias. Em 1800, Alessandro Volta mostrou que era possível armazenar energia elétrica em reações químicas. Pouco depois, Michael Faraday apresentou os princípios que deram base para os motores e geradores elétricos, que mais tarde seriam usados nos veículos. Já na década de 1830 surgiram os primeiros modelos experimentais de carros elétricos em pequena escala, criados por inventores como Jedlik, Davenport e Stratingh. Em 1859, Gaston Planté inventou a bateria de chumbo-ácido, que foi usada tanto em veículos a combustão como nos elétricos, principalmente a partir de 1880. Também nesse período surgiram inovações como o motor de corrente contínua criado por Pacinotti e o triciclo elétrico de Gustave Trouvé, em 1881. Porém, em 1885, Karl Benz apresentou o motor a combustão, que mudou o rumo da indústria (Ferreira; Dias, 2021).

No começo do século XX, Thomas Edison tentou melhorar o desempenho dos elétricos com a criação da bateria de níquel-ferro, mais eficiente, mas muito cara. Mesmo com novas tentativas, a limitação das baterias continuava sendo um obstáculo. Entre 1890 e 1900, surgiram tecnologias importantes, como a frenagem regenerativa e os primeiros sistemas híbridos, mas a concorrência com os carros a gasolina fez os elétricos perderem destaque, mesmo tendo sido muito populares no início (Silvestre, 2024).

A partir da década de 1990, os veículos elétricos começaram a ser vistos novamente como uma alternativa viável ao transporte tradicional movido a combustíveis fósseis. Esse retorno foi motivado por diversos fatores, como a crise do petróleo, que aumentou os preços dos combustíveis, e a crescente preocupação com as questões ambientais, especialmente a emissão de gases poluentes e o aquecimento global. Além disso, os avanços tecnológicos, como o desenvolvimento de baterias mais eficientes e de menor custo, contribuíram para tornar os veículos elétricos mais atrativos (Baran; Legey, 2010).

Um marco importante nesse processo foi o lançamento do Toyota Prius em 1997, o primeiro veículo híbrido de produção em massa, que combinava um motor a combustão com um motor elétrico. Esse modelo demonstrou a viabilidade técnica e comercial dos veículos híbridos, que logo começaram a ser adotados por consumidores preocupados com o meio ambiente e com a economia de combustível.

Nos Estados Unidos, o governo federal implementou políticas de incentivo à produção

e compra de veículos elétricos e híbridos, como subsídios fiscais e isenções de impostos. Essas medidas visavam reduzir a dependência do petróleo importado e diminuir as emissões de gases de efeito estufa (Baran; Legey, 2010).

Atualmente, o setor de transportes é o maior responsável pelo consumo global de petróleo, respondendo por mais de 60% da demanda mundial e por aproximadamente 23% das emissões de CO₂. Isso reforça sua relevância no debate sobre mudanças climáticas e dependência energética. Assim, a adoção de veículos elétricos aparece como uma alternativa estratégica, pois contribui para a redução de poluentes, aumenta a segurança energética e apresenta menores custos de manutenção e operação, uma vez que esses veículos tendem a ser mais econômicos, eficientes e duradouros (Ferreira; Dias, 2021).

Os veículos elétricos apresentam diferentes tecnologias, cada uma com características específicas que atendem a diversas necessidades de mobilidade sustentável. Essas tecnologias incluem os veículos elétricos híbridos (HEVs), híbridos plug-in (PHEVs), elétricos a bateria (BEVs) e os movidos a células de combustível a hidrogênio (FCEVs).

Os HEVs combinam um motor de combustão interna com um motor elétrico. Essa combinação permite que o veículo utilize energia elétrica e combustível, otimizando o consumo de energia. Durante a frenagem, o sistema de frenagem regenerativa converte a energia cinética em eletricidade, recarregando as baterias sem a necessidade de uma fonte externa de energia. Isso resulta em uma redução significativa nas emissões e no consumo de combustível em comparação com veículos tradicionais (Ferreira; Dias, 2021).

Os PHEVs são semelhantes aos HEVs, mas com a diferença de que suas baterias podem ser recarregadas externamente. Isso permite que o veículo opere por distâncias curtas utilizando apenas energia elétrica, sem consumir combustível. Quando a carga da bateria se esgota, o motor de combustão interna entra em ação, proporcionando maior autonomia (Ferreira; Dias, 2021).

Os BEVs são movidos exclusivamente por energia elétrica armazenada em baterias recarregáveis. Eles não possuem motor de combustão interna, o que significa que não emitem poluentes durante o uso. A autonomia desses veículos varia de acordo com a capacidade das baterias, e sua eficiência energética é alta, contribuindo significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa (Ferreira; Dias, 2021).

Os FCEVs utilizam hidrogênio como fonte de energia. O hidrogênio é armazenado em um tanque e, por meio de uma reação química com o oxigênio do ar, gera eletricidade que alimenta o motor elétrico. Esse processo resulta em emissões zero, sendo a única saída do veículo vapor d'água. Embora essa tecnologia prometa uma alternativa limpa, ela ainda está em

estágios iniciais de adoção e enfrenta desafios relacionados à infraestrutura de abastecimento e custo (Ferreira; Dias, 2021).

A evolução das baterias de íon de lítio tem sido um fator crucial para a viabilidade econômica e operacional dos veículos elétricos. Nos últimos anos, houve uma redução significativa nos custos de fabricação dessas baterias, tornando os veículos elétricos mais acessíveis. Além disso, o desenvolvimento de métodos de carregamento mais eficientes, como carregadores rápidos e sistemas de carregamento inteligente, tem contribuído para a popularização desses veículos (Ferreira; Dias, 2021).

2.5 Evolução dos Veículos elétricos no Brasil

A Nos últimos anos, a presença de veículos eletrificados no Brasil tem crescido de forma expressiva. De acordo com a ABVE, em 2023 foram emplacados 93.927 veículos leves eletrificados, um recorde para a época. Já em 2024, o mercado superou todas as expectativas: foram vendidos 177.358 veículos leves eletrificados, um aumento de 89% em comparação a 2023. Esses dados mostram um crescimento real e consistente da eletromobilidade no país, demonstrando que o setor segue ganhando força (ABVE, 2024).

Apesar da demanda crescente, a produção nacional de veículos elétricos ainda é limitada. Hoje, apenas ônibus, caminhões médios e alguns motores elétricos são fabricados no Brasil. Carros e veículos leves ainda precisam ser importados, embora novos investimentos prometam iniciar a produção local a partir de 2025, com capacidade para cerca de 150 mil unidades por ano. Na fabricação de baterias, apenas a montagem final com células importadas e a extração de lítio já acontecem no país, enquanto etapas mais complexas e valiosas ainda dependem do crescimento da demanda interna (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

A fabricação de veículos elétricos requer ajustes importantes na linha de produção e no próprio projeto dos veículos. Os motores e sistemas de propulsão elétrica substituem vários componentes dos carros a combustão, e a introdução de grandes pacotes de baterias exige soluções de estrutura como plataformas tipo “skateboard”, reforços de chassi e revisões na suspensão e nos eixos para garantir segurança e desempenho. Essas mudanças também afetam a cadeia de fornecedores, que precisa adaptar processos e produtos (McKINSEY, 2023; Brasil, 2024).

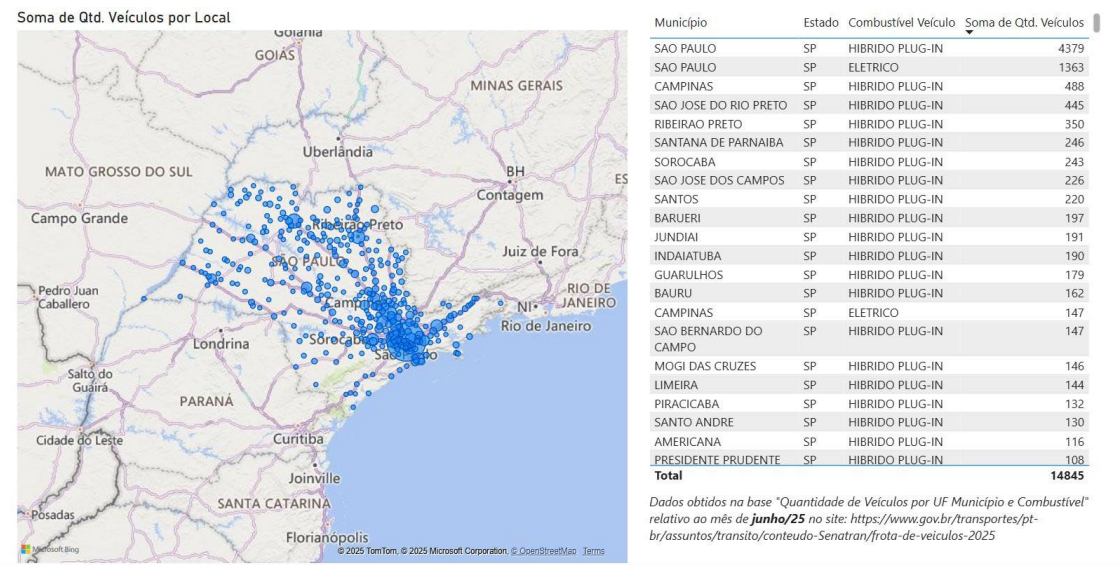
O Brasil tem uma posição importante no mundo quando o assunto é sustentabilidade e energia, já que grande parte da nossa matriz vem de fontes renováveis. Isso coloca o país em vantagem na corrida global por energia limpa e independência energética (BA, 2012). Esse

cenário mostra que há boas chances para a adoção dos veículos elétricos, que podem ajudar na mobilidade sustentável sem causar grande impacto no consumo de energia. Além disso, o uso de fontes como eólica, solar e biomassa pode fortalecer tanto a geração de energia renovável quanto a expansão dos carros elétricos no país (SEADE, 2025).

O setor automotivo é historicamente um dos pilares da economia brasileira, responsável por significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB), pela geração de milhões de empregos diretos e indiretos e pelo desenvolvimento tecnológico em diferentes áreas da engenharia e da indústria.

No Estado de São Paulo, maior polo produtivo do país, a indústria automobilística concentra montadoras, fornecedores de autopeças e centros de inovação, desempenhando papel estratégico na difusão de novas tecnologias (SEADE, 2025). A Figura 5 ilustra o registro de veículos elétricos no estado de São Paulo no ano de 2025.

Figura 3 - Veículos elétricos registrados no estado de São Paulo.



Fonte: Autoria própria.

Dados recentes da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE, 2025) indicam que o país já superou a marca de 300 mil veículos eletrificados em circulação, com recordes de emplacamentos em 2024 e 2025. A infraestrutura de recarga também evolui: em fevereiro de 2025, haviam 14.827 pontos públicos e semipúblicos distribuídos em 25% dos municípios brasileiros, o que sugere amadurecimento do ecossistema (ABVE, 2025).

No Estado de São Paulo, políticas de incentivo complementam esse cenário, como a isenção temporária de IPVA entre 2025 e 2026 para veículos menos poluentes, seguida de retomada gradual da alíquota, além do programa municipal de devolução de quota-parte do

IPVA para veículos elétricos (ABVE, 2025).

Apesar dos avanços, a aceitação da população ainda encontra barreiras. Pesquisas de opinião revelam percepções contraditórias: o levantamento Datafolha (2024), por exemplo, mostrou que 63% dos brasileiros estariam dispostos a pagar mais por um veículo elétrico como forma de contribuir para o combate às mudanças climáticas (INSIDEEVs, 2024). Entretanto, o Mobility Consumer Index encontrou apenas 10% de intenção imediata de compra de veículos 100% elétricos, enquanto estudo da PwC (2025) projeta que 75% dos brasileiros pretendem adquirir um veículo eletrificado até 2029 (INSIDEEVs, 2024).

2.6 Incentivos

No Brasil, existem alguns incentivos para adoção do veículo elétrico, como o fato de o país ser visto como uma potência climática, ter uma matriz elétrica com bastante energia renovável e contar com um setor automotivo forte, que possui centros de pesquisa, locais de testes e uma engenharia respeitada na América Latina. Porém, também existem obstáculos para o avanço dessa tecnologia, como a forte ligação entre as grandes empresas do setor, a dependência de decisões e tecnologias de outros países, o foco em alternativas diferentes da eletrificação, como o etanol, e a falta de políticas claras para essa mudança (Wolffenbuttel, 2022).

Para compreender esses desafios, o Sistema Tecnológico de Inovação (STI), descreve uma rede de atores que interagem em determinado setor econômico ou industrial, dentro de um conjunto de regras e estruturas institucionais, e que participam da criação, difusão e utilização de tecnologia. Esse conceito permite analisar como o conhecimento e a experiência circulam entre os atores, influenciando a adoção de tecnologias como o automóvel elétrico no país, além de mostrar como as relações entre os atores e a infraestrutura institucional podem estimular ou bloquear a inovação ((Wolffenbuttel, 2022).

O governo brasileiro criou em 2023 um programa de incentivos fiscais para carros populares, oferecendo créditos tributários que ajudaram a reduzir o preço de veículos de até R\$ 120 mil. A ideia era movimentar a indústria automotiva e preservar empregos, mas o benefício foi temporário e limitado, além de receber críticas de especialistas que apontaram que o Brasil está indo contra a tendência mundial de reduzir o uso do carro a combustão e estimular tecnologias mais limpas (Andrade, 2023).

Enquanto países como China e membros da União Europeia já avançam fortemente na eletrificação, com subsídios robustos, metas de redução de emissões e crescimento acelerado na venda de veículos elétricos, o Brasil ainda anda devagar nesse processo. Os números de

vendas de elétricos vêm crescendo, mas ainda representam uma fatia pequena do mercado, e os modelos disponíveis são caros porque dependem de importação.

Os incentivos como a isenção do IPVA em alguns estados, liberação de rodízio em São Paulo e imposto de importação reduzido. Projetos de lei que buscam incentivar a mobilidade elétrica seguem em discussão, como a proposta de direcionar parte dos benefícios do programa Rota 2030 para pesquisas em baterias e tecnologias de eletrificação (Andrade, 2023).

Um dos maiores desafios é justamente a bateria, que ainda tem custo alto, gera impactos ambientais na mineração e precisa de soluções para descarte e reciclagem. Outros países, como a Noruega, já estão se preparando para reciclar todas as baterias até 2025, mas o Brasil ainda precisa investir mais em pesquisa, inovação e parcerias para desenvolver essa tecnologia (Andrade, 2023).

As concessionárias de rodovias em São Paulo estão se adaptando para atender carros elétricos, híbridos e híbridos plug-in em casos de incêndio ou superaquecimento da bateria, seguindo o que já acontece em outros países (Agência SP, 2025).

Essas situações nas rodovias são complexas e exigem equipamentos próprios e cuidados especiais para proteger tanto os motoristas quanto as equipes de trabalho. Por isso, empresas do Grupo CCR, como CCR AutoBA, CCR RodoAnel, CCR SPVias e CCR ViaOeste, já estão se preparando para agir de forma rápida e segura nessas emergências (Agência SP, 2025).

A Assembleia Legislativa de São Paulo aprovou o Projeto de Lei nº 1510/2023, que isenta do IPVA os donos de veículos movidos a hidrogênio e os híbridos que combinam motor elétrico e motor a combustão flex a etanol, medida usada para incentivar o uso de veículos com energia limpa, diminuir a emissão de poluentes e melhorar o meio ambiente, além de estimular investimentos na produção desses carros no estado. A medida também valoriza a tecnologia e a indústria paulista, que já é pioneira em veículos híbridos elétricos e a etanol, e ajuda a renovar a frota com modelos de baixa emissão de carbono. O benefício vale tanto para carros, como para ônibus e caminhões movidos só a hidrogênio ou gás natural (inclusive biometano), que ficarão isentos do imposto de 1º de janeiro de 2025 até 31 de dezembro de 2029 (São Paulo (Estado), 2024).

A Comissão de Viação e Transportes aprovou o Projeto de Lei 2156/21 que inclui algumas ações principais: incentivar a compra de veículos elétricos, criar uma rede de pontos para recarregar suas baterias e facilitar a transformação de carros com motor a combustão em elétricos. Para garantir que a mobilidade elétrica funcione bem, também estão previstas ações como vender eletricidade para os veículos, manter os pontos de recarga em operação e gerenciar

toda a rede de mobilidade elétrica (Câmaro dos deputados, 2024).

O novo programa MOVER oferece oportunidades para estabelecer essas metas mais ousadas e estimular a indústria brasileira de VEs. Ter metas de redução de emissões mais elevadas do que as adotadas no último ciclo do programa Rota 2030 (programa que estabelece metas e regras para que as montadoras melhorem segurança, eficiência energética, tecnologia, inovação e sustentabilidade dos veículos produzidos no Brasil. Em troca, as empresas que cumprem essas metas podem receber incentivos) pode direcionar investimentos para veículos elétricos a bateria. Além disso, aumentar a produção e as vendas desses veículos no Brasil pode tornar viável a fabricação competitiva dos principais componentes do sistema elétrico, principalmente as baterias, aumentando a participação de produtos nacionais nesses carros (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

De forma geral, dá para dizer que o país tem potencial para avançar na mobilidade elétrica, mas ainda carece de políticas públicas mais claras, de apoio consistente à indústria e de um olhar estratégico para alinhar tecnologia, inovação e sustentabilidade aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

2.7 Infraestrutura

O desenvolvimento da infraestrutura de carregamento para veículos elétricos (EVs) tem se tornado cada vez mais importante, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento, já que a falta de estações adequadas pode dificultar a popularização desses veículos. Por isso, pesquisadores e engenheiros têm trabalhado na criação de sistemas de carregamento mais modernos, que consigam atender à demanda dos usuários e, ao mesmo tempo, manter a rede elétrica estável. A infraestrutura de carregamento envolve basicamente dois elementos: a energia que será fornecida aos veículos e o sistema de comunicação que monitora e controla todo o processo (Savari et al., 2023).

Os sistemas de carregamento podem variar de acordo com a potência e o local de instalação. O carregamento residencial é o mais comum para quem mora em casas, sobrados ou apartamentos com estacionamento. Esses sistemas são simples, funcionam com baixa tensão e não enviam informações para terceiros, ou seja, não são monitorados ou controlados externamente. Mesmo com capacidade limitada, eles são importantes porque fornecem dados que ajudam a melhorar o uso da energia e a otimizar o funcionamento da rede (Savari et al., 2023).

Em locais de trabalho ou estacionamentos comerciais, o carregamento é mais flexível,

podendo ajustar a potência de acordo com a demanda. Veículos estacionados nesses lugares podem participar de modos chamados “Veículo para Rede” (V2G) e “Veículo para Edifício” (V2B), ajudando a reduzir a sobrecarga da rede elétrica e diminuindo a dependência de energia externa. Para isso, é preciso um gerenciamento inteligente que organize o carregamento de vários veículos ao mesmo tempo, equilibrando oferta e demanda de energia (Savari et al.,2023).

As estações de carregamento público, que normalmente têm carregadores rápidos e de nível 2, são ideais para clientes que precisam recarregar rapidamente. A localização dessas estações é muito importante, porque uma instalação fora do lugar certo pode gerar problemas na rede e reduzir o lucro dos operadores. Integrar essas estações com fontes de energia renovável, como solar ou eólica, traz benefícios extras, como reduzir o consumo da rede principal, evitar picos de demanda, diminuir custos de energia e gerar lucro extra com os modos V2G e V2B. Além disso, ajuda a reduzir a emissão de gases de efeito estufa e os custos operacionais ao longo do ano (Savari et al.,2023).

O gerenciamento do carregamento é essencial para manter a estabilidade da rede elétrica. No modelo não coordenado, cada usuário decide sozinho quando carregar o veículo, geralmente em casa e em horários de tarifa mais baixa. Esse modelo é simples e barato, mas, se muitas pessoas fizerem isso ao mesmo tempo, pode sobrecarregar a rede, causar instabilidade e perdas de energia. Já o carregamento coordenado, controlado por agregadores ou sistemas inteligentes, permite usar a rede de forma mais eficiente, reduzir custos, diminuir perdas e integrar fontes de energia renovável. Ele pode funcionar de forma unidirecional, quando a energia vai da rede para o veículo, ou bidirecional, permitindo que o veículo também devolva energia à rede, ajudando a regular a tensão e a frequência. O carregamento bidirecional é muito vantajoso, mas exige mais infraestrutura, comunicação e cuidado com o desgaste das baterias, além de acordos entre usuários e agregadores para controlar o fluxo de energia (Savari et al., 2023).

Outro ponto importante é como os usuários encontram e acessam as estações de carregamento. Atualmente, muitos dependem de agregadores para reservar vagas, o que levanta preocupações com privacidade e eficiência, já que é preciso compartilhar informações pessoais. Para resolver isso, aplicativos móveis e sistemas baseados em Internet das Coisas (IoT) estão sendo desenvolvidos, mostrando em tempo real a localização das estações, disponibilidade de vagas, custo do carregamento e distância até o ponto de recarga. Isso ajuda o usuário a planejar melhor suas viagens, reduzir tempo de espera e diminuir a ansiedade com a autonomia da bateria. Também permite que os operadores gerenciem melhor a estação, evitando

congestionamentos e usando a infraestrutura de forma mais eficiente (Savari et al., 2023).

Apesar dos avanços, ainda existem desafios. As baterias atuais têm vida útil limitada, alto custo e sensibilidade à temperatura. Além disso, os carregadores e os sistemas de comunicação ainda são caros, dificultando o acesso para famílias de renda média. A maioria dos carregadores suporta apenas a transferência de energia em uma direção, e a infraestrutura ainda não atende completamente à demanda. Políticas públicas de incentivo, como benefícios fiscais, descontos na conta de energia e subsídios para instalação de estações, são fundamentais para estimular o uso de EVs e garantir uma expansão sustentável da infraestrutura (Savari et al., 2023).

Em resumo, expandir a infraestrutura de carregamento depende da integração de sistemas de energia e comunicação, do planejamento estratégico de estações residenciais, públicas e de empresas, do gerenciamento inteligente do carregamento e do desenvolvimento de tecnologias que garantam eficiência, segurança e sustentabilidade. Um sistema bem planejado não só facilita o uso de EVs, como também ajuda a reduzir a poluição, melhora a estabilidade da rede elétrica e promove a integração de fontes de energia renovável (Savari et al., 2023).

2.8 Aspectos econômicos

A transição da frota brasileira para veículos elétricos tem o potencial de promover o desenvolvimento de uma nova indústria nacional, tanto na montagem final dos veículos quanto na produção de baterias, além de reduzir expressivamente as emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes. Instituída pela Lei nº 14.902, de junho de 2024, o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER) regulamenta emissões e estabelece incentivos para a produção de veículos de novas tecnologias e baixas emissões, desencadeando uma rodada de investimentos anunciados sem precedentes na indústria automotiva brasileira (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

Dado o histórico de produção brasileira de biocombustíveis, que representam uma das principais fontes de energia para os veículos a combustão no Brasil, o MOVER permite vislumbrar uma descarbonização do transporte rodoviário fundamentada na coexistência de duas alternativas: VEs e biocombustíveis (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

O estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da transição para veículos elétricos sobre o emprego e a renda no Brasil, comparando dois cenários distintos até 2050:

- 1) Cenário Eletrificação: Aumento ambicioso da participação dos veículos elétricos na

frota nacional.

- 2) Cenário Base: Os veículos a combustão dominam as vendas até 2050.

Essa análise não considera, somente a produção direta de veículos e autopeças, mas também os impactos nos setores que fornecem insumos diretamente para a cadeia de valor automotiva, como a produção de baterias e matérias-primas.

A metodologia adotada pelos autores envolve uma análise importante da cadeia produtiva automotiva, que inclui:

- 3) Setores Diretos: Montagem de veículos, produção de autopeças, motores elétricos e baterias;
- 4) Setores Indiretos: Fornecedores de insumos e serviços;
- 5) Setores Induzidos: Atividades econômicas relacionadas ao consumo dos trabalhadores e empresas da cadeia produtiva.

Essa abordagem permite uma avaliação mais precisa dos impactos econômicos e sociais da transição para veículos elétricos (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

No cenário de eletrificação, espera-se:

- 6) Geração de Empregos: Criação de novos postos de trabalho na indústria de veículos elétricos, como a montagem, produção de baterias e motores elétricos.
- 7) Aumento da Renda: Elevação da renda média dos trabalhadores devido à maior qualificação exigida e à valorização dos setores envolvidos.
- 8) Desenvolvimento Industrial: Fortalecimento da indústria nacional com a instalação de novas fábricas e centros de pesquisa e desenvolvimento.
- 9) Redução de Emissões: Diminuição significativa das emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes, contribuindo para as metas climáticas do Brasil.

No cenário base, onde os veículos a combustão dominam as vendas até 2050:

- 10) Estagnação da Indústria: Manutenção da dependência de tecnologias tradicionais.
- 11) Perda de Oportunidades: Omissão de oportunidades de desenvolvimento

econômico e geração de empregos qualificados na indústria de veículos elétricos.

- 12) Impactos Ambientais: Continuação das emissões elevadas de gases de efeito estufa, dificultando o cumprimento das metas climáticas do Brasil.

A transição para veículos elétricos representa uma oportunidade estratégica para o Brasil, não apenas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas também para promover o desenvolvimento econômico e social. A implementação do Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER) é vista como um passo fundamental para impulsionar essa transição, estimulando investimentos em tecnologia, inovação e capacitação profissional, porém para essa transição ser bem sucedida, depende de políticas públicas eficazes, investimentos em infraestrutura e educação, além de um ambiente regulatório favorável que incentive a inovação e a competitividade (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

A transição para veículos elétricos representa um desafio significativo para a indústria automotiva brasileira, mas também oferece uma oportunidade única de modernização e desenvolvimento sustentável. Com políticas públicas adequadas, investimentos em tecnologia e capacitação profissional, o Brasil pode se posicionar como líder na produção de veículos elétricos na América Latina, gerando empregos de qualidade, promovendo a inovação e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa (Cieplinski; Marques; Pires, 2025).

2.9 Impactos ambientais

O impacto ambiental dos veículos elétricos (VEs) é um ponto importante na sua adoção, principalmente por causa da redução de emissões de carbono, do ciclo de vida dos veículos e da reciclagem das baterias. Comparados aos carros convencionais com motor a combustão (ICE), os VEs emitem muito menos gases de efeito estufa, especialmente em países onde eles são mais usados. Por exemplo, só na China, os carros de passageiros elétricos foram responsáveis por 35% da redução das emissões do transporte rodoviário global em 2023, mostrando o grande potencial dos VEs para ajudar a cumprir metas climáticas.

Mesmo considerando a produção e fabricação das baterias, o ciclo de vida dos VEs ainda resulta em menos emissões de gases do que os carros tradicionais, e os benefícios devem crescer à medida que a energia usada se torne mais limpa. Outro ponto importante é a reciclagem das baterias e o gerenciamento de resíduos, que ajudam a reduzir o impacto ambiental. Novas tecnologias de reciclagem estão permitindo recuperar melhor materiais valiosos, como níquel, lítio e cobalto, diminuindo os danos ao meio ambiente (Sun; Li, 2024).

Para tornar os veículos elétricos (VEs) realmente sustentáveis, é importante melhorar a tecnologia das baterias e os processos de reciclagem, reduzindo os impactos ambientais da produção e do descarte. Governos e empresas também precisam trabalhar para expandir a infraestrutura de carregamento, garantindo que seja acessível e capaz de atender ao aumento do número de VEs. Incentivar o uso de energia renovável para carregar esses carros também aumenta seus benefícios. Alguns desafios ainda existem, como o alto custo inicial dos VEs, que pode ser reduzido com subsídios, e a necessidade de investimentos grandes em infraestrutura (Sun; Li, 2024).

Mesmo trazendo vários benefícios ambientais, os carros elétricos não estão totalmente isentos de impactos. A fabricação, o uso e o descarte das baterias de íon-lítio podem causar diversos problemas para o meio ambiente. Desde a extração dos minerais necessários para as baterias, que muitas vezes envolve mineração agressiva e prejudicial aos ecossistemas, até os desafios relacionados à reciclagem e ao descarte, os veículos elétricos têm uma pegada ambiental considerável. Além disso, a dependência dessas baterias aumenta a pressão sobre recursos naturais, levantando preocupações sobre sustentabilidade no longo prazo. Por isso, é essencial considerar todos esses aspectos ao analisar o impacto real dos carros elétricos (Hawkins; Singh; Majeau-Bettez, 2013).

Em cada fase do ciclo de vida dos VEs, os impactos variam. Durante a produção das baterias, a extração de lítio, cobalto e níquel pode prejudicar ecossistemas e afetar comunidades locais, além de demandar muita energia e gerar emissões. Na fabricação do veículo, ocorrem emissões de gases e poluição atmosférica, além do uso intenso de recursos naturais, como metais e água. No período de uso, os carros elétricos ainda podem gerar emissões indiretas dependendo da origem da eletricidade, e o desgaste de pneus e peças contribui para a poluição do ar e do solo. No final da vida útil, o descarte das baterias traz riscos de contaminação do solo e da água, e a reciclagem ainda é um desafio técnico e financeiro devido à complexidade química das baterias (Mera; Bieker; Rebouças; Cieplinski, 2023).

O grande desafio ambiental das baterias de íon-lítio está na mineração, já que a produção exige grande quantidade de metais raros como lítio e cobalto. O aumento da demanda por esses materiais pode levar à exploração excessiva e prejudicar ecossistemas frágeis. Além disso, a fabricação das baterias envolve processos químicos complexos que podem gerar poluição e resíduos tóxicos. O descarte inadequado também representa riscos ambientais, e a reciclagem ainda enfrenta dificuldades técnicas e custos elevados (Hawkins; Singh; Majeau-Bettez, 2013).

Apesar disso, quando comparamos os carros elétricos com os movidos a combustíveis

fósseis, os benefícios são claros. Os VEs emitem menos gases de efeito estufa, contribuem para a redução da poluição do ar e usam recursos naturais de forma mais moderada. Por outro lado, os carros a combustão produzem mais emissões, poluem mais e consomem mais recursos. Ainda assim, os veículos elétricos apresentam desafios na reciclagem, enquanto os carros a combustão geram poluição química significativa (Hawkins; Singh; Majeau-Bettez, 2013).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de tipo quantitativo e qualitativo, com caráter descritivo e exploratório. O objetivo foi entender a opinião da população do Estado de São Paulo sobre a transição para os veículos elétricos, relacionando os aspectos de energia e meio ambiente envolvidos nessa mudança tecnológica. A parte quantitativa foi usada para analisar as respostas das perguntas fechadas e de múltipla escolha, enquanto a parte qualitativa serviu para interpretar as respostas abertas, que mostram as percepções, preocupações e opiniões pessoais dos participantes. Além disso, o estudo foi realizado por meio de um questionário eletrônico (Google Forms), criado para reunir opiniões tanto de pessoas leigas quanto daquelas que possuem algum conhecimento técnico sobre o tema da mobilidade elétrica.

3.1 População e amostra

A pesquisa teve como público-alvo os moradores do Estado de São Paulo, sem distinção de idade, gênero ou nível de escolaridade. O estado foi escolhido por ser uma das regiões mais desenvolvidas economicamente e urbanizadas do país, além de se destacar como um centro de inovação tecnológica e ambiental. Por isso, é um local importante para entender a aceitação e percepção da população em relação aos veículos elétricos.

O questionário foi disponibilizado ao público entre 26 de outubro de 2024 e 26 de outubro de 2025, alcançando 252 respostas válidas. Para determinar o número mínimo necessário de participantes, foi utilizada a fórmula para cálculo do tamanho da amostra, adotada por órgãos oficiais de pesquisa estatística do governo:

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q \cdot Z^2}{(N - 1) \cdot E^2 + p \cdot q \cdot Z^2}$$

Sendo:

n = tamanho da amostra necessária;

N = tamanho da população (total estimado de habitantes do Estado de São Paulo);

p = proporção esperada de indivíduos com a característica pesquisada (neste caso, 0,5, assumindo máxima variabilidade da amostra);

q = complemento de p , sendo $q = 1 - p$ (também 0,5 neste caso);

Z = valor correspondente ao nível de confiança desejado (para 95% de confiança, $Z = 1,96$);

E = margem de erro aceitável (adotada entre 3% e 5%).

O uso da fórmula é necessário para assegurar que o número de respondentes é estatisticamente representativo da população estudada, permitindo inferências confiáveis sobre as opiniões levantadas.

3.2 Instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta utilizado foi um questionário semiestruturado, composto por questões fechadas, de múltipla escolha, de ranqueamento e abertas. O questionário foi elaborado com base em conceitos de sustentabilidade, transição energética e mobilidade elétrica, com o objetivo de avaliar a percepção pública sobre o tema.

As questões aplicadas foram:

1) **Você reside no estado de São Paulo?**

Identifica se o respondente pertence à população-alvo.

2) **Faixa etária:**

Avalia como a idade pode influenciar a percepção sobre novas tecnologias e sustentabilidade. Grupos mais jovens tendem a demonstrar maior aceitação de inovações tecnológicas, enquanto faixas etárias mais elevadas podem apresentar maior resistência por questões econômicas ou culturais.

3) **Sexo:**

A variável ajuda a entender o perfil demográfico predominante entre os participantes.

4) **Grau de escolaridade máxima:**

A educação tem influência sobre o nível de informação e compreensão sobre os impactos ambientais e energéticos da transição para veículos elétricos. Pessoas com maior nível educacional tendem a ter maior consciência ambiental e entendimento sobre o papel das energias renováveis.

5) A mudança para carros elétricos tem sido adotada em diversos lugares como uma forma de buscar sustentabilidade. Você acredita que essa medida é coerente?

Busca identificar o nível de concordância da população com o discurso da sustentabilidade e com as políticas de eletrificação veicular.

6) Se fosse para classificar as vantagens desta troca, qual seria a sequência na sua opinião?

Questão de ranqueamento, que analisa a ordem de importância atribuída pelos participantes a benefícios. Essa estrutura permite avaliar quais aspectos são mais valorizados pela sociedade.

7) Você conhece alguma outra vantagem que não foi listada? Qual? Questão aberta, que possibilita a coleta de novas percepções espontâneas, revelando benefícios não previstos inicialmente.

8) Se fosse para classificar os pontos que te preocupam com a troca para um veículo elétrico, qual seria a ordem de relevância?

Avalia os principais desafios percebidos, como custo de compra, infraestrutura de recarga e manutenção, permitindo identificar barreiras para a adesão popular.

9) Você tem alguma outra preocupação que te impediria no momento da decisão pela troca? Qual?

Pergunta aberta feita para entender fatores pessoais ou socioeconômicos que podem influenciar a decisão de compra, como o medo de que a tecnologia fique ultrapassada ou a falta de conhecimento técnico.

10) Caso queira, deixe seus comentários a respeito dos veículos elétricos e sobre o movimento da eletrificação que está ocorrendo.

Espaço livre para que os participantes expressem suas opiniões, importante para entender as emoções, percepções e expectativas pessoais em relação à transição.

4 RESULTADOS

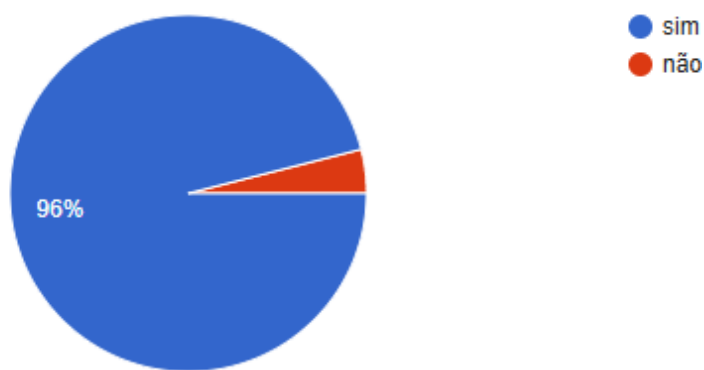
No período de coleta de dados, obteve-se a participação de 252 respondentes. As primeiras questões tiveram como propósito traçar um panorama geral do público, considerando aspectos como local de residência, faixa etária e gênero. Essas informações iniciais são essenciais para contextualizar os resultados e possibilitar a análise de como esses fatores podem influenciar as demais respostas ao longo do estudo.

A primeira pergunta buscou saber se os participantes residem no estado de São Paulo. Dos 252 respondentes, 96% afirmaram que sim, enquanto 4% declararam não morar no estado. Esse resultado demonstra que a grande maioria dos participantes está localizada em São Paulo. As respostas da parcela que respondeu “não” foram excluídas das análises seguintes.

Figura 4 - Respostas quanto ao Estado de origem.

1) Você reside no estado de São Paulo?

252 respostas

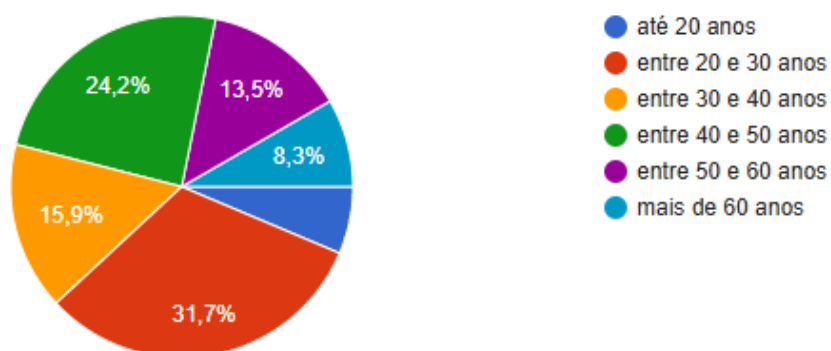


Na segunda questão, os participantes foram convidados a informar sua faixa etária. A maioria, representando 31,7% dos respondentes, está entre 20 e 30 anos, seguida por 24,2% que têm entre 40 e 50 anos. Em sequência, 15,9% estão na faixa de 30 a 40 anos, 13,5% possuem mais de 60 anos e 8,3% têm até 20 anos. Essa distribuição demonstra uma boa diversidade de idades, com destaque para adultos jovens e de meia-idade, grupos que costumam ser os mais ativos em termos de mobilidade.

Figura 5 - Faixa etária dos respondentes.

2) Faixa etária:

252 respostas

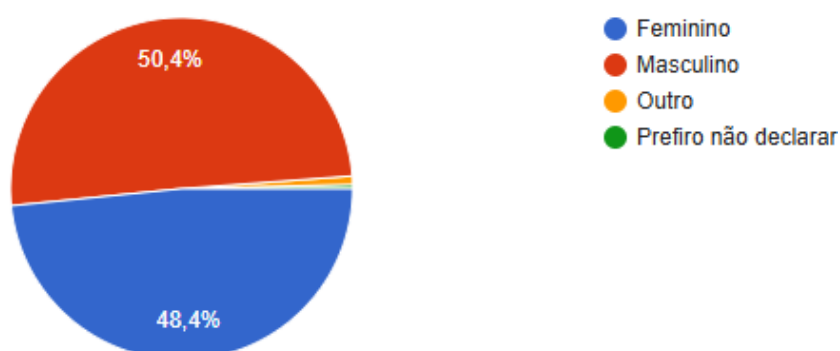


A terceira pergunta teve como objetivo identificar o sexo dos participantes. As respostas ficaram bem equilibradas: 50,4% se identificaram como masculinos, 48,4% como femininos, e uma pequena parcela optou por “outro” ou “prefiro não declarar”.

Figura 6 - Sexo dos respondentes.

3) Sexo:

252 respostas



A quarta questão teve como propósito identificar o grau de escolaridade dos participantes, contando com 239 respostas. Percebe-se que boa parte dos respondentes possui um nível de formação elevado: 44,8% disseram ter pós-graduação, 27,2% estão cursando o

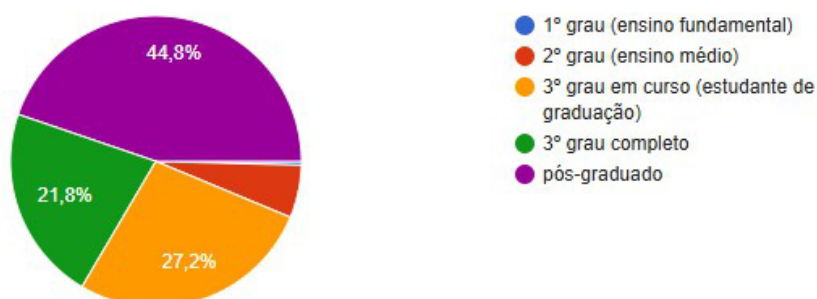
ensino superior e 21,8% já concluíram a graduação. Apenas 5,9% finalizaram o ensino médio, enquanto 0,4% têm o ensino fundamental como última etapa concluída.

Esses resultados mostram que a pesquisa contou principalmente com pessoas de nível superior completo ou em andamento, somando mais de 93% dos participantes. O que demonstra que as respostas ficaram concentradas em um grupo mais específico, com escolaridades mais altas, o que, infelizmente, não corresponde a uma amostra fidedigna da população em geral.

Figura 7 - Grau de escolaridade dos respondentes.

4) Grau de escolaridade máxima:

239 respostas

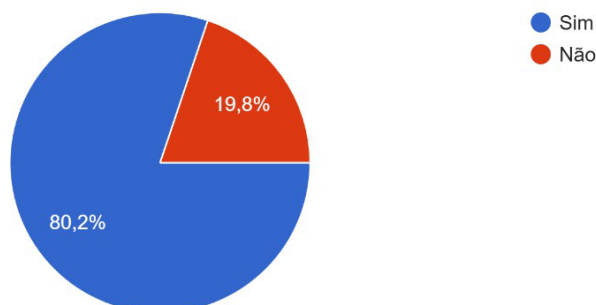


A quinta questão teve como objetivo entender a opinião dos participantes sobre a adoção de carros elétricos como uma alternativa para promover a sustentabilidade. Entre os 252 respondentes, 80,2% consideraram essa mudança coerente, enquanto 19,8% disseram não acreditar que seja uma solução adequada.

Figura 8 - Quanto a concordância de sustentabilidade atrelada aos veículos elétricos.

5) A mudança para carros elétricos tem sido adotada em diversos lugares como uma forma de buscar sustentabilidade. Você acredita que essa medida é coerente?

252 respostas



De forma geral, percebe-se que a maioria tem uma visão favorável em relação aos veículos elétricos, reconhecendo o potencial desses modelos para reduzir os impactos ambientais e incentivar práticas mais sustentáveis. No entanto, o percentual de pessoas que não vê a medida como coerente mostra que ainda existe certa resistência ou incerteza quanto à sua viabilidade.

A 6ª pergunta do questionário, teve como objetivo identificar quais vantagens os participantes consideram mais relevantes em relação à troca dos veículos tradicionais por carros elétricos. A intenção foi compreender quais fatores mais influenciam na percepção positiva sobre essa mudança, levando em conta aspectos ambientais, econômicos e tecnológicos.

Os respondentes foram convidados a classificar, em ordem de importância, as opções apresentadas, atribuindo o número 1 à vantagem mais relevante e o número 6 à menos relevante. As alternativas disponíveis foram:

- Menos poluente;
- Mais economia nos meus custos mensais;
- Conforto e modernidade;
- Não utilizar combustíveis fósseis;
- Pagar menos impostos e juros no financiamento;
- Não vejo vantagens;

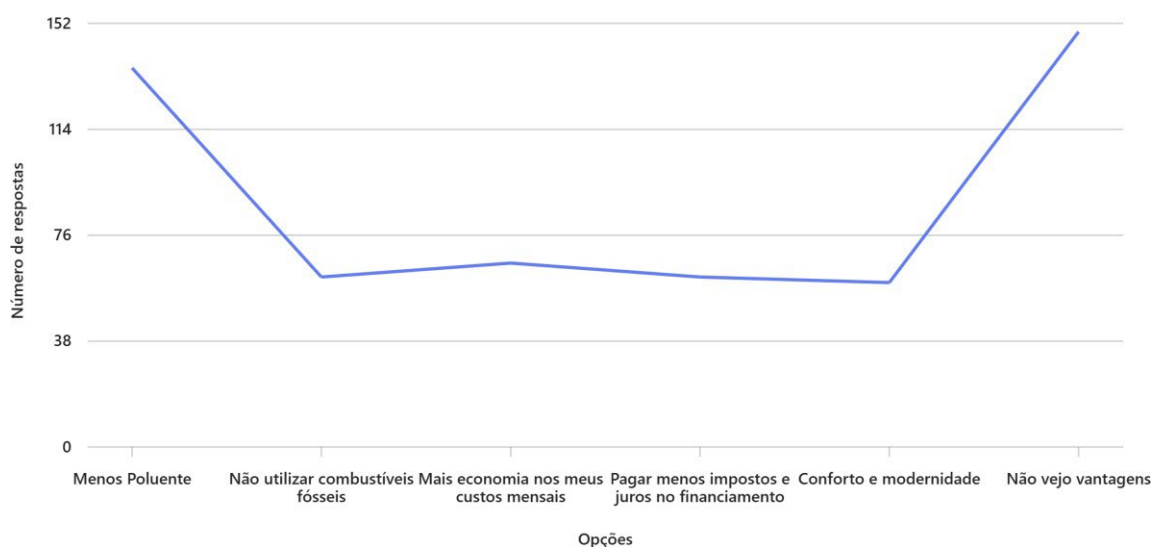
As respostas foram escolhidas da seguinte forma:

- Não vejo vantagens: 149 respostas.
- Menos poluente: 136 respostas;
- Mais economia nos meus custos mensais: 66 respostas;

- Não utilizar combustíveis fósseis: 61 respostas;
- Pagar menos impostos e juros no financiamento: 61 respostas;
- Conforto e modernidade: 59 respostas;

Esse resultado demonstra confusão ou dúvida em relação à resposta anterior. Observou-se que apesar da maioria acreditar que o veículo elétrico está associado à sustentabilidade, as vantagens não são claras. E muitas pessoas não veem vantagens nessa substituição, o que pode estar relacionado à falta de informação ou à incerteza sobre a viabilidade dessa tecnologia.

Figura 9 - Quanto às vantagens atreladas aos veículos elétricos.



A 7ª pergunta teve o objetivo de identificar outras vantagens dos veículos elétricos que não estavam entre as opções anteriores. As respostas mostraram que muitas pessoas enxergam pontos positivos além dos mais conhecidos. Entre os mais citados estão:

- baixo nível de ruído;
- menor custo de manutenção;
- preocupação com a sustentabilidade;
- independência dos combustíveis fósseis;
- Praticidade no dia a dia.

A 8ª questão buscou identificar quais fatores mais preocupam os respondentes em relação à troca por um veículo elétrico. Foram apresentadas cinco opções para classificação, sendo elas:

- pontos de carregamento;
- valor de compra;
- valor de revenda;
- dificuldade com manutenção;
- custo da troca de baterias.

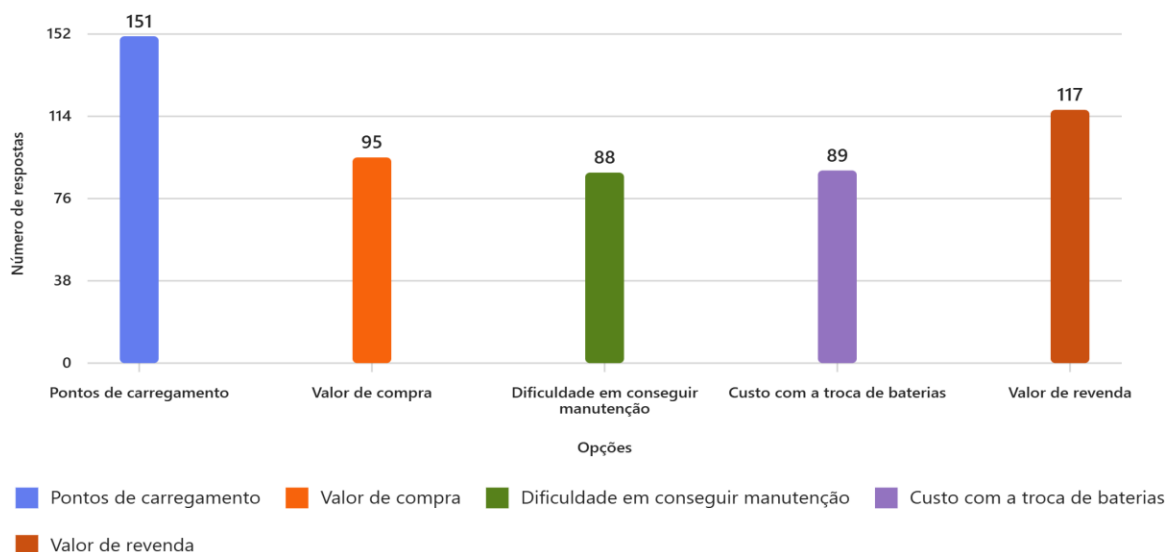
O objetivo desta pergunta foi entender quais aspectos são considerados mais importantes na decisão de compra, permitindo identificar as principais barreiras percebidas pelo público em relação à adoção de veículos elétricos.

As respostas foram distribuídas da seguinte forma:

- Pontos de carregamento: 151 respostas;
- Valor de revenda: 117 respostas.
- Valor de compra: 95 respostas;
- Custo com a troca de baterias: 89 respostas;
- Dificuldade em conseguir manutenção: 88 respostas;

Esses resultados indicam que, embora o acesso a pontos de carregamento seja a maior preocupação, outros fatores como custos, manutenção e valorização do veículo também influenciam significativamente a decisão dos consumidores.

Figura 10 - Fatores que preocupam no momento de optar pelo veículo elétrico.



Além dos pontos já mencionados anteriormente, na questão 9 buscou-se compreender se os respondentes possuem outras preocupações específicas que poderiam influenciar a decisão de trocar para um veículo elétrico. Isso permitiu identificar fatores adicionais que ainda geram insegurança ou resistência em relação à adoção dessa tecnologia.

As cinco preocupações mais citadas foram:

- **Descarte das baterias e impactos ambientais da produção de lítio**

Exemplos de respostas: “Descarte das baterias pode gerar contaminação”, “A alta poluição gerada para extrair os minérios”, “Risco ambiental e social para o meio ambiente”.

- **Autonomia limitada e tempo de carregamento**

Vários participantes apontaram que a autonomia dos veículos e o tempo necessário para recarga ainda são obstáculos, especialmente em viagens longas.

Exemplos: “Autonomia para viagens”, “Tempo de recarga”, “Limitações na autonomia de bateria para viagens mais longas”.

- **Alto valor do veículo e custos**

O preço do carro, das baterias e a manutenção foram destacados como preocupações financeiras importantes.

Exemplos: “Custo do veículo”, “Preço das baterias”, “Financeira, com relação ao valor do carro e sua manutenção”.

- **Pontos de carregamento**

A falta de infraestrutura adequada, tanto em vias públicas quanto em residências e

condomínios, apareceu com frequência.

Exemplos: “Meu prédio tem garagem coletiva, dificultando instalação de ponto de carregamento”, “Locais de carregamento”, “Presença de postos carregadores”.

- **Sustentabilidade da energia utilizada**

Alguns participantes questionaram se a energia usada para abastecer os veículos é realmente limpa, levantando dúvidas sobre a verdadeira sustentabilidade da eletrificação.

Exemplos: “Sobre a matriz energética usada para carregar os veículos”, “Se a energia não for limpa, perde o sentido ambiental”.

Foram respostas importantes, mas, mais uma vez, observou-se que, há uma confusão ao responder o questionário, pois muitas as preocupações expressadas estavam entre as opções da questão 8, e esperava-se que os respondentes apontassem preocupações distintas, se houvessem.

A última questão, a 10ª, foi uma pergunta aberta, fundamental por permitir que os respondentes expressem livremente suas percepções, opiniões e sentimentos sobre os veículos elétricos e o movimento de eletrificação. Diferente das perguntas anteriores, que apresentam opções pré-definidas, ela oferece espaço para manifestações espontâneas, revelando aspectos que talvez não tenham sido contemplados nas alternativas anteriores.

Além disso, possibilita compreender a percepção geral do público sobre essa transição tecnológica, incluindo tanto críticas e preocupações quanto reconhecimentos de benefícios. As respostas obtidas ajudam a identificar tendências de aceitação ou resistência, níveis de informação e expectativas quanto ao futuro da mobilidade elétrica.

Alguns exemplos dessas respostas:

Comentário 1:

“Bom, sou a favor do carro elétrico SE estiver consumindo energia solar, eólica etc.; se “tiver” consumindo energia oriunda de usinas “elétricas”, aí é chover no molhado.” Esta resposta levanta a importância da origem da energia elétrica, questionando a real sustentabilidade dos veículos elétricos, um ponto central em qualquer discussão sobre eletrificação.

Comentário 2:

“Eu acho um pouco irônico associar o carro elétrico à ideia de diminuir a poluição... parece que a produção do mesmo não é limpa, sem contar o descarte de baterias.” Demonstra o ceticismo de parte dos respondentes em relação ao discurso ambiental do setor,

mostrando que o impacto da cadeia produtiva também deve ser considerado.

Comentário 3:

“Acho os carros elétricos uma ótima tecnologia, mas infelizmente as baterias utilizadas são o grande problema, para a tão almejada sustentabilidade.” Destaca a preocupação recorrente com a produção e descarte das baterias, apontadas como o maior entrave ambiental.

Comentário 4:

“Na minha opinião, o Brasil nunca deveria investir massivamente apenas nesta tecnologia. O etanol deveria ser mais explorado, como no caso dos carros híbridos (etanol-eletricidade).” Traz uma visão estratégica nacional, sugerindo o uso de soluções híbridas adequadas à realidade brasileira.

Comentário 5:

“Parece interessante, mas tudo depende da matriz energética do país/região. Carregar baterias usando termoelétricas é um contrassenso.” Reforça a necessidade de avaliar o contexto energético local antes de promover a eletrificação em larga escala.

Comentário 6:

“Vejo como um modismo tardio... mais voltado a interesses econômicos e corporativos do que às reais necessidades ambientais e sociais.” Uma crítica importante ao caráter mercadológico do movimento de eletrificação, questionando se há compromisso ambiental real ou apenas estratégia comercial.

Comentário 7:

“O carro elétrico é ótimo no uso urbano e para quem mora em local com carregador disponível. No uso em estrada ou prédios antigos é um grande complicador.” Destaca a perspectiva prática, relacionando o uso do veículo às limitações de infraestrutura, especialmente em grandes centros e condomínios.

Comentário 8:

“Apesar do veículo elétrico apresentar menor pegada de carbono no uso, a produção das baterias é altamente degradante ambientalmente, sobretudo nos países produtores de lítio

e cobalto.” Aponta o impacto social e ambiental global da extração mineral, mostrando que a sustentabilidade dos elétricos vai além do uso do carro.

Comentário 9:

“O Brasil não tem capacidade de fornecimento de energia para eletrificar a frota e não há investimentos em energia firme para suprir a demanda em horário de ponta.” Levanta questionamento a respeito das limitações estruturais e energéticas do país, representando um desafio real para a expansão dos veículos elétricos.

Comentário 10:

“Veículos elétricos são o futuro, híbridos são a transição.” Uma visão sintética que reconhece o potencial dos veículos elétricos, mas ressalta a necessidade de um período de transição tecnológica gradual.

De modo geral, os comentários apresentaram opiniões tanto a favor quanto contrárias à transição para veículos elétricos. Embora muitos reconheçam vantagens, as preocupações e desafios ainda são bem presentes na percepção da população.

5 CONCLUSÃO

Analisando os cenários ambiental, energético e tecnológico há evidências de que os veículos elétricos (VEs) são uma alternativa importante para reduzir os impactos causados pelo uso de combustíveis fósseis e pelo transporte rodoviário. O aumento das emissões de gases de efeito estufa, o aquecimento global, a poluição urbana e a degradação dos ecossistemas reforçam a necessidade de buscar soluções de mobilidade mais sustentáveis. Nesse contexto, os VEs se destacam por diminuir a poluição local e global e por incentivar o uso de fontes de energia limpa, como solar, eólica e hidrelétrica, criando uma conexão entre transporte e geração sustentável de energia.

Embora não sejam uma tecnologia recente, os veículos elétricos ganharam força nos últimos anos graças ao avanço das baterias de íon-lítio, às crises energéticas e ao maior interesse por questões ambientais.

Apesar do crescimento, a adoção dos VE's ainda enfrenta desafios. Entre os principais estão o alto custo de compra e manutenção, a falta de infraestrutura para recarga, a dependência de tecnologia importada e dúvidas sobre a real sustentabilidade da energia utilizada.

No Brasil, a participação dos VE's ainda é pequena, mas vem aumentando, impulsionada por incentivos como isenção de IPVA e políticas voltadas à mobilidade elétrica, e inserção de montadoras do modelo no mercado nacional. Com políticas públicas mais consistentes, expansão da infraestrutura e investimentos em tecnologia nacional, o país tem grande potencial para avançar.

A transição para veículos elétricos não depende apenas de fatores econômicos e tecnológicos, mas também da aceitação social. A opinião da população, suas expectativas e preocupações influenciam diretamente esse processo. Por isso, ações como campanhas de conscientização, incentivos fiscais, facilidades no financiamento e melhorias na rede de recarga são fundamentais para aumentar a confiança do consumidor e acelerar a mudança.

Além dos benefícios ambientais, a eletrificação da frota pode trazer impactos positivos para a economia, fortalecendo a indústria automotiva, gerando empregos, atraindo investimentos em inovação e aumentando a segurança energética ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Tecnologias como carregamento inteligente e integração com a rede elétrica mostram como os VE's podem contribuir para otimizar o consumo de energia e reduzir custos.

REFERÊNCIAS

ABVE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VEÍCULO ELÉTRICO. *Infraestrutura de recarga avança e já está em 25% dos municípios brasileiros*. 18 fev. 2025. Disponível em: <https://abve.org.br/infraestrutura-de-recarga-avanca-e-ja-esta-em-25-dos-municipios-brasileiros/>. Acesso em: 09 set. 2024.

ABVE. *Eletrificadas superam previsões, passam de 170 mil e batem todos os recordes em 2024*. 6 jan. 2025. Relatório de vendas 2024.

Agência SP. *Rodovias estaduais de SP ganham tecnologia para atender veículos elétricos e híbridos*. 27 jan. 2025. Disponível em: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/rodovias-estaduais-de-sp-ganham-tecnologia-para-atender-veiculos-eletricos-e-hibridos/>. Acesso em: 17 out. 2024.

Andrade, R. *Os desafios para consolidação dos veículos elétricos no Brasil*. Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade – IPEA, 5 jul. 2023. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/360-os-desafios-para-consolidacao-dos-veiculos-eletricos-no-brasil>. Acesso em: 13 mar. 2025.

Araújo, R. S.; Sousa, F. L. N.; Vanderley, P. S.; Bentes, S. O. S.; Gomes, L.M.; Ferreira, F.C.L. Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, e468111133893, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i11.33893.

Artaxo, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 34, n. 100, p. 53-66, 2020. DOI: 10.1590/s0103-4014.2020.34100.005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/>>. Acesso em: 24 nov. 2025.

Baran, R; Legey, L. F. L. *Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil*. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207–224, 2010. Disponível em: Biblioteca Digital do BNDES. Acesso em: 05. Abr. 2025.

Barreiro, Thiago Tauyl. *Veículos elétricos: uma análise das políticas públicas voltadas à inserção de veículos elétricos entre os países líderes de venda no segmento*. 2022. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022. Documento eletrônico. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/242869/TCC%20-%20Thiago%20Tauyl%20Barreiro%20v.Final.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22 out. 2024.

BNDES. *Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil*. Rio de Janeiro: BNDES, [s.d.]. PDF. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%C3%ADculos%20el%C3%A9tricos%20-%20hist%C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil.P.pdf>. Acesso em: 09 out. 2025.

Brasil. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC). Base científica das mudanças climáticas: contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional

do PBMC. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2013. Disponível em: https://pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol1.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

Brasil. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). *Relatório Anual do Programa Rota 2030 — Mobilidade e Logística*. Brasília: MDIC, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/sdic/setor-automotivo/relatorios>. Acesso em: 03 out. 2025. [Serviços e Informações do Brasil](#)

Câmara dos deputados. *Comissão aprova projeto que cria medidas para incentivar o uso de veículos elétricos*. 14 jun. 2024. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1073133-comissao-aprova-projeto-que-cria-medidas-para-incentivar-o-uso-de-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 12. ago. 2025

Carton, W.; Asiyani, A.; Beck, S.; Buck, H. J.; Lund, J. F. Negative emissions and the long history of carbon removal. *WIREs Climate Change*, v. 11, n. 6, e671, 2020. DOI: 10.1002/wcc.671. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wcc.671>. Acesso em: 24 nov. 2025.

Cieplinski, A.; Marques, P. R.; Pires, L. N. *A transição da indústria brasileira para veículos elétricos e seus efeitos sobre emprego e renda — Apêndice Metodológico (ID-159)*. Washington, DC: International Council on Clean Transportation (ICCT), 2025. Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/06/ID-159_Methodological-Appendix_final.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.

Ferreira, J. P.; D, M. J. Veículos elétricos e híbridos: história e perspectivas para o Brasil. *ETIS — Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability*, v. 3, n. 1, p. 40–54, 2021. Disponível em: <https://revistas.unievangelica.edu.br/index.php/etis/article/view/3861/4556>.

Hawkins, T.R.; Singh, B.; Majeau-Bettez, G.; Stromman, A. H. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology*, v. 17, n. 1, p. 53–64, 2013. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x.

ICCT - INTERNATIONAL COUNCIL ON CLEAN TRANSPORTATION. Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no Brasil. Washington, DC: ICCT, 2023. Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/10/Brazil-LDV-LCA-report-A4-PORT-v4.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2025.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Global EV Outlook 2025: Trends in electric car markets*. Paris: IEA, 2025. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>. Acesso em: 13 set. 2025.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. *Análise de Impacto Regulatório: Baterias para Veículos Elétricos Leves*. Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/>. ... Acesso em: 10 out. 2025.

INSIDEEVES. *Brasileiros abraçam carros elétricos contra mudanças do clima, diz Datafolha*. Inside EVs Brasil, 6 jul. 2024. Disponível em:

<https://insideevs.uol.com.br/news/725697/pesquisa-brasileiros-carros-eletricos-datafolha/>.

Acesso em: 02 mai. 2025.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

McKinsey & Company. *O futuro da mobilidade no Brasil: uma rota para eletrificação*. São Paulo: McKinsey & Company Brasil, 2023. Disponível em:

<https://www.mckinsey.com.br/our-insights/all-insights/o-futuro-da-mobilidade-no-brasil>.

Acesso em: 03 out. 2025.

Mera, Z.; Bieker, G.; Rebouças, A. B.; Cieplinski, A. *Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no Brasil*.

Washington, DC: International Council on Clean Transportation (ICCT), out. 2023.

Disponível em: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/10/Brazil-LDV-LCA-report-A4-v7.pdf>. Acesso em: 09 set. 2025.

Savari, G. F.; Mohamed Ali, J. S.; Lakshmipathi, A. R.; Omar, A. Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: a review. *Ain Shams Engineering Journal*, v. 14, n. 4, p. 101938, 2023.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447922002490>.

Secretaria da fazenda do estado de São Paulo. *Governo de SP isenta IPVA de veículos menos poluentes*. 26 mar. 2024. Disponível em:

<https://portal.fazenda.sp.gov.br/Noticias/Paginas/Governo-de-SP-isenta-IPVA-de-veiculos-menos-poluentes.aspx>. Acesso em: 18 abr. 2025.

Silva, J.; Pereira, M.; Almeida, C. Desafios e soluções para o armazenamento de energia renovável. *Revista Brasileira de Energia Sustentável*, v. 12, n. 3, p. 45-62, 2023. Disponível em:

<https://www.academia.edu/115393699/Desafios_e_solu%C3%A7%C3%B5es_para_o_armazenamento_de_energia_renov%C3%A1vel>. Acesso em: 24 nov. 2025.

Silvestre, R. F. Evolução dos veículos elétricos: da história movida aos motores de combustível fóssil ao futuro sustentável com o funcionamento dos motores elétricos.

Contribuciones a las Ciencias Sociales, v. 17, n. 4, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.4-211.

Disponível em:

<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/6455/4272>.

Sun, S.; Li, T. An Analysis of the Global EV Market: Sustainable Pathways to Net Zero Emissions. *Journal of Applied Economics and Policy Studies*, v. 11, p. 67–80, 2024. DOI: 10.54254/2977-5701/11/2024104.

Tayra, F.; Reis, J. A. Impactos dos subsídios aos combustíveis fósseis: impostos sobre carbono e desdobramentos no Brasil. *Revista Contexto Geográfico*, Maceió, v. 5, n. 10, p. 1-20, 2020. Disponível em:

<<https://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico>>.

Teixeira, D. C. Um mapa dos veículos elétricos no mundo. São Paulo: Paulo Gala / *Economia & Finanças*, 31 mar. 2023. Disponível em: <https://www.paulogala.com.br/um-mapa-dos-veiculos-eletricos-no-mundo/>. Acesso em: 10 ago. 2025.

Wolffenbuttel, R. F. Políticas setoriais e inovação: entraves e incentivos ao automóvel elétrico no Brasil. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 21, e022017, p. 1–34, 2022. DOI: 10.20396/rbi.v21i00.8665264. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/6417/641771991020/html/>.