



Curso: GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
Artigo Original

Veículos Elétricos: Histórias e seus benefícios

Electric Vehicles: Stories and their benefits

João Vitor Fonseca De Oliveira 1, Valtercio Dantas De Souza 1, Prof. Esp. Fabrício Caixeta de Mello 2
1-Alunos do curso de Graduação em Engenharia Mecânica
2- Professor Especialista Orientador do curso de Graduação em Engenharia Mecânica

RESUMO

Resumo

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo mostrar o funcionamento dos automóveis elétricos e seus principais benefícios, o que se justifica devido à preocupação ambiental, cada vez mais presente na pauta de discussões do mundo todo. Um dos principais alvos dos ambientalistas e das entidades internacionais é a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), e como se sabe, os veículos movidos através de motores à combustão emitem pesadamente GEE na atmosfera, o que não ocorre nos carros elétricos por não usar combustíveis fósseis e sim baterias elétricas. Assim, devido a pressões e incentivos de organismos internacionais, o carro elétrico, naturalmente, se transformou numa alternativa interessante aos veículos movidos por combustíveis fósseis, uma vez que não emite esses gases para a atmosfera, não poluindo o meio ambiente.

Para o desenvolvimento desse trabalho procurou-se realizar uma revisão da literatura acerca dos veículos elétricos, sua história, modelos e funcionamento. Além disso, foram abordados os principais benefícios e vantagens, tanto econômicos quanto ambientais. Além das vantagens no âmbito ambiental, em relação aos veículos convencionais, pode-se citar que o motor elétrico tem muito menos peças do que o motor de veículos convencionais, é menor, mais potente e mais eficiente.

Palavras-chave: Veículos Elétricos. Motores Elétricos. Emissão de Gases de Efeito Estufa.

Abstract

This final paper aims to show the operation of electric cars and their main benefits, which is justified due to environmental concern, increasingly present in the agenda of discussions around the world. One of the main targets of environmentalists and international entities is the reduction of Greenhouse gases emissions, and as we know, vehicles powered by combustion engines emit this gases heavily in the atmosphere, which does not occur in electric cars because they do not use fossil fuels but electric batteries. Thus, due to pressures and incentives from international organizations, the electric car, of course, has become an interesting alternative to fossil fuel-powered vehicles, since it does not emit these gases into the atmosphere, not polluting the environment.

For the development of this work, sought to conduct research to review the literature about electric vehicles, their history, models and operation. In addition, the main benefits and advantages, both economic and environmental, were addressed. In addition to the advantages in the environmental field, in relation to conventional vehicles, it can be mentioned that the electric motor has much fewer parts than the conventional vehicle engine, is smaller, more powerful and more efficient.

Keywords: Electric Vehicles. Electric motors. Greenhouse Gas Emission

Contato dos alunos: joao_vitorfonseca@outlook.com (34) 9 9673-1218 / valterciomaverick@hotmail.com (73) 9 8107-3696

INTRODUÇÃO

Os veículos elétricos sempre ficaram em segundo plano no mercado de automóveis, desde sua invenção. No início do século XX com o sistema de produção da Ford que diminuiu o preço dos veículos movidos à gasolina e com a descoberta de reservas de Petróleo no Texas que baratearam o combustível não renovável, os veículos elétricos ficaram à margem. Naquela época, com o maior rendimento do motor a combustão interna e a facilidade de transporte de combustíveis líquidos, a rede de distribuição de gasolina se expandiu rapidamente, tornando os carros elétricos ainda mais inviáveis (DOE, 2009).

Em meados do anos 90, o Conselho de Qualidade de Ar da Califórnia (CARB) adotou um conjunto de medidas, afim de incentivar o desenvolvimento de veículos que utilizassem energia limpa, ou seja, energia que não gerasse emissão de gases na atmosfera. Assim, após um grande período de reinado absoluto dos veículos com motores de combustão interna, e péssima qualidade do ar, para que ocorresse uma mudança neste cenário, foi exigido aos fabricantes de automóveis a inclusão de modelos com emissão zero de dióxido de carbono (CO₂) (LIMA, 2017). A montadora de carros GM (General Motors) foi a protagonista da iniciativa e em 1996, o EV1, um carro 100% elétrico de dois lugares que se tornou símbolo de tecnologia e sustentabilidade, foi lançado nos Estados Unidos (Figura 1). Entretanto, por não possuir um preço acessível e ainda vir acompanhado de uma série de deficiências como baixa autonomia e problemas com superaquecimento das baterias, o projeto foi abandonado e o EV1 foi tirado do mercado em 1999 (PAIOLA, 2022).

Mesmo com um começo não tão promissor, os carros elétricos encontraram um ambiente ideal para um renascimento, onde preocupações com a emissão de gases de efeito estufa levaram grandes países do mundo a adotarem medidas mais sustentáveis, investindo em fontes renováveis e tecnologias para reduzir a emissão de carbono na atmosfera (FGV ENERGIA, 2017). Desde então, algumas empresas começaram a investir e desenvolver modelos elétricos cada vez mais eficientes, e outras, como a Tesla, dedicaram-se integralmente à produção desse tipo de veículo (LIMA, 2017).

Sendo os carros elétricos considerados os veículos do futuro, por funcionar com um sistema de propulsão totalmente elétrico, a sua utilização traz benefícios para o meio-ambiente e à saúde da humanidade. Assim, esse trabalho visa apresentar uma

revisão detalhada sobre o seu funcionamento, características, vantagens e desvantagens, afim de auxiliar a sociedade para um melhor entendimento sobre tal tecnologia.

REVISÃO DA LITERATURA

Nessa seção será apresentada toda a teoria acerca dos carros elétricos, sua história, alguns modelos, funcionamento, além dos principais benefícios e desvantagens de sua fabricação e utilização, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

HISTÓRIA DO CARRO ELÉTRICO

Os carros elétricos não surgiram nos tempos atuais. No século XIX a Revolução Industrial trouxe a substituição do trabalho braçal pelo trabalho com uso de máquinas automáticas. Desta forma, a demanda de recursos energéticos e de novas tecnologias aumentou drasticamente (KRÜGER, 2001). No meio dessas tantas inovações, em 1859 o belga Gaston Planté realizou a demonstração da primeira bateria de chumbo e ácido que viria a ser utilizada por diversos veículos elétricos, a partir de 1880, em países como a França, Estados Unidos e Reino Unido (Hoyer, 2008). Os primeiros protótipos eram do tipo carruagem, mas logo depois foram surgindo carros mais práticos e que conseguiam andar até sobre estradas de chão (Figura 2).

Não há um entendimento geral sobre quem inventou o carro elétrico. Há correntes que defendem que foi o húngaro Ányos Jedlik, em 1828. Outros dizem ser o professor holandês Sibrandus Stratingh, que uniu os princípios do eletromagnetismo e dos eletroímãs de Michael Faraday, enquanto uma terceira via fala abertamente que quem inventou o carro elétrico foi William Morrison (AMARAL, 2022).

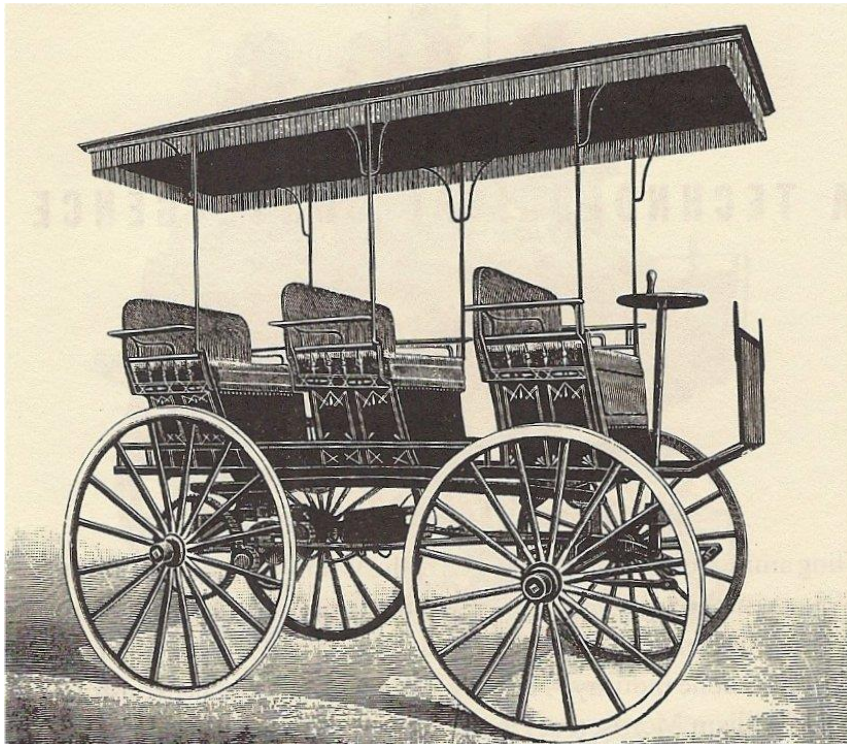
A invenção do químico escocês William Morrison foi a primeira a fazer um grande sucesso (Figura 3). Morrison morava em Des Moines, Iowa, e desfilou seu carro pela primeira vez em 1890, mostrando a sociedade sua capacidade para seis passageiros e uma velocidade máxima de 14 km/h (MATULKA, 2014).

Figura 1: Carruagem Elétrica.



Fonte: Reprodução/Denver Public Library

Figura 2: Carro elétrico criado por William Morrison.



Fonte: Site Security Partner, 2021.

É importante ressaltar que, até o final do século XX, os veículos elétricos não se mostravam muito atrativos. Suas baterias, apesar de sofrerem diversas melhorias ao longo dos anos, ainda tinham custo de produção muito elevado e um rendimento baixo se comparadas a outros recursos energéticos como petróleo e carvão. A grande queda dos veículos elétricos, veio principalmente com o sistema de produção em série de automóveis, desenvolvido por Henry Ford. Tal forma de produção, permitiu que o preço final dos carros a gasolina ficasse entre US\$ 500 e US\$ 1.000, o que correspondia à metade do preço pago pelos elétricos (BARAN e LEGEY, 2010).

O declínio também é explicado pela invenção da partida elétrica em 1912, que eliminou a manivela utilizada para acionar o motor dos veículos a gasolina, além do aumento de rodovias que demandavam veículos com maior capacidade de percorrer grandes distâncias. A descoberta de poços de petróleo no Texas, reduziu o preço da gasolina, tornando o combustível fóssil o meio mais atrativo para a população (BARAN e LEGEY, 2010).

A QUESTÃO AMBIENTAL E A VOLTA DOS CARROS ELÉTRICOS

Os carros elétricos voltaram a ganhar destaque somente após a década de 60, quando as pautas ambientais se tornaram mais sérias. A sociedade passou a ter uma maior noção dos danos que o uso de combustíveis fósseis poderiam causar ao planeta (AZEVEDO, 2018). Naquela época, o número de automóveis cresceu fortemente. Eles eram considerados uma das principais fontes de poluição atmosférica nas grandes cidades, pois não existiam filtros nem catalizadores para conter emissão de poluentes e o chumbo ainda era usado com aditivo para gasolina (BARAN e LEGEY, 2010).

De acordo com Azuaga (2000) a poluição atmosférica pode ser definida como a presença de substâncias nocivas, na atmosfera, em quantidade suficiente para afetar sua composição ou equilíbrio, prejudicando o meio ambiente e as mais variadas formas de vida. Este tipo de poluição causa sérios impactos na vida humana, na vida animal e vegetal, além da deterioração de bens culturais de lazer e da inutilização ou depreciação dos recursos naturais. Para Teixeira et al (2008) as fontes veiculares têm tido uma participação acentuada na degradação da qualidade do ar atmosférico, especialmente nos grandes centros urbanos. Dentre as questões habituais da realidade destes locais estão os congestionamentos de grandes extensões em horários de pico, a redução da velocidade média do trânsito nos corredores de tráfego e o maior gasto de combustível. Teixeira et al (2008) afirma que as emissões causadas

por veículos automotores carregam uma grande variedade de substâncias tóxicas, as quais quando em contato com o sistema respiratório, podem ter os mais diversos efeitos negativos sobre a saúde. Tais emissões, devido ao processo de combustão e queima incompleta do combustível, são compostas de gases como:

- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Ozônio (O₃)
- Óxido de nitrogênio (NO_x)
- Dióxido de nitrogênio (NO₂)
- Hidrocarbonetos (HC)
- Óxidos de enxofre (SO_x)
- Material particulado (MP)

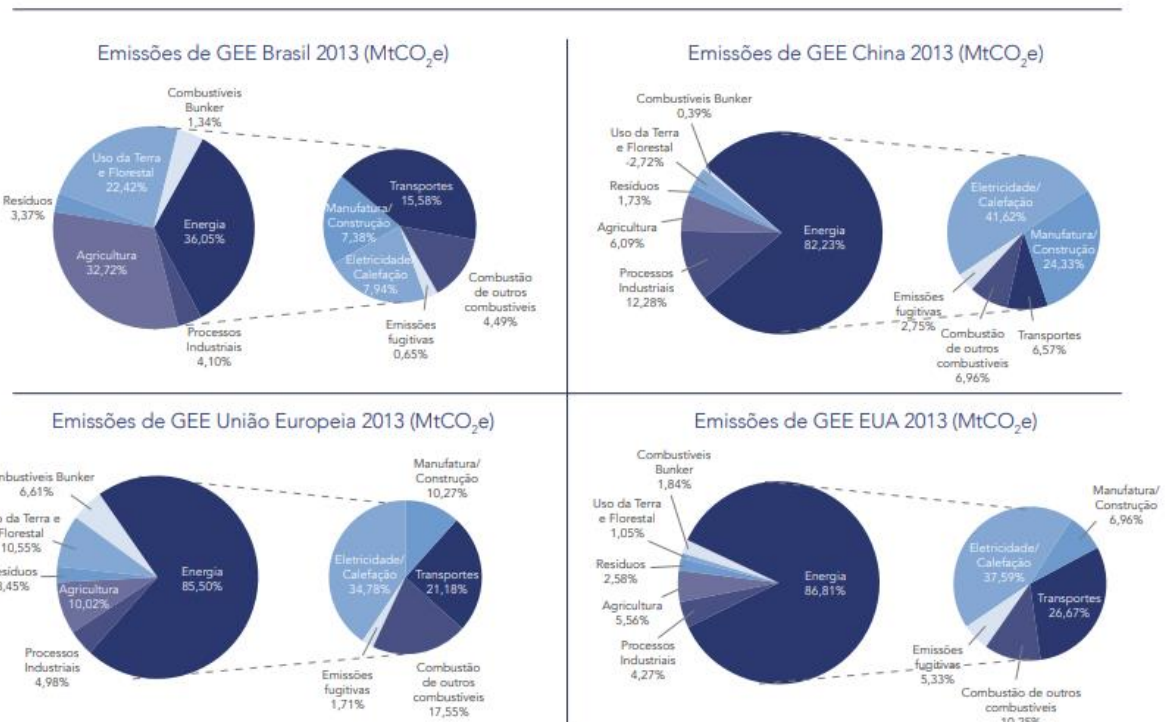
Segundo estimativa da CETESB (2004), os veículos automotores são responsáveis pelas emissões de 83,2% de CO; 81,4% de HC; 96,3% de NO_x; 38,9% de MP₁₀ e 53% de SO_x na Região Metropolitana de São Paulo, concluindo que estes produzem mais poluição atmosférica que qualquer outra atividade humana. Azuaga (2000) afirma que entre os danos ao ambiente e à saúde humana, causados pela emissão desses poluentes, destacam-se a acidificação de rios e florestas, o ataque aos materiais, o aumento de problemas respiratórios e circulatórios na população, bem como a perda de bem estar da população, além do efeito estufa e do aquecimento global. Nota-se que os danos provenientes da poluição atmosférica não se restringem somente às áreas onde ocorreu a emissão, pois através da dispersão por meio das correntes de ar, as partículas e gases ultrapassam fronteiras regionais e nacionais.

Existem muitas medidas em curso no mundo, a fim de reduzir as emissões de Gases do Efeito Estufa no setor automotivo. A maioria dos países desenvolvidos conta com regulamentações específicas para aferição e controle dos níveis de emissão de poluentes e consumo de combustível. Na União Europeia, as metas de emissões de dióxido de carbono estão continuamente sendo revistas, exigindo mais tecnologia das montadoras, como a fabricação em massa de veículos elétricos (BNDES, 2015).

Os veículos elétricos são vistos como uma maneira de descarbonizar o setor de transportes mundial, já que não ocorre nenhuma combustão no processo de transformação de energia

elétrica em mecânica no motor elétrico. O setor de transportes é responsável por parte energético, aquele que mais emite GEE no Brasil (Figura 4) (FGV ENERGIA,

Figura 3: Emissões totais de GEE – Brasil, China, União Europeia e EUA, 2013



2017).

Fonte: FGV ENERGIA, 2017.

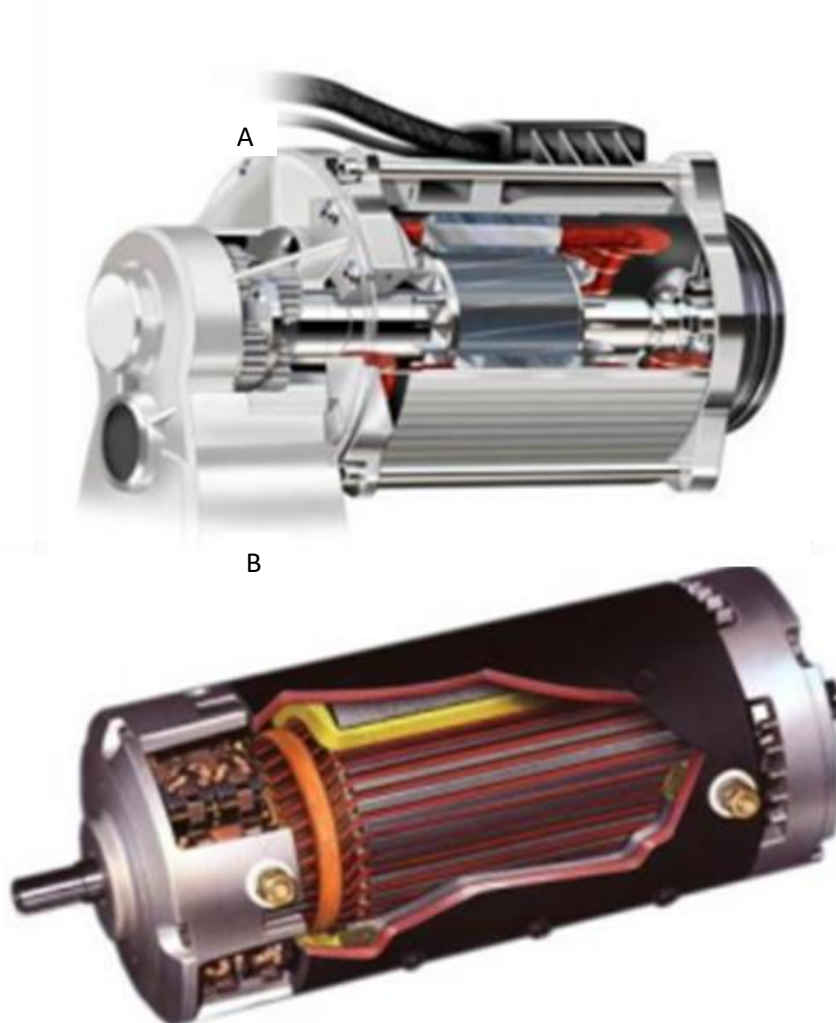
O FUNCIONAMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

O princípio de funcionamento do motor elétrico é converter energia elétrica em energia mecânica usada para tracionar e gerar movimento. Os motores elétricos podem ser encontrados em diversos equipamentos e são alimentados através de uma fonte de corrente contínua, como bateria, veículos motorizados ou retificadores, ou por fontes de corrente alternada, como a parte da rede elétrica, inversores ou geradores (HASHEMNIA e ASAEI, 2008).

Os motores elétricos mais utilizados são o motor de corrente contínua (CC) (Figura 5b), motor de indução (Figura 5a), motor síncrono de ímãs permanentes PMS (ou BLAC), motor de relutância comutado SRM e motor CC sem escovas BLDC (HASHEMNIA e ASAEI, 2008).

A escolha de motor elétricos para os veículos depende de diversas características como potência, custo, rendimento, controlabilidade e tração. Além disso, os motores com rotor bobinado são pouco usuais, devido a presença de escovas que obrigam manutenção frequente. As faixas de velocidade de operação também determinam qual o motor ideal para cada caso

Figura 4: (A) Motor de Indução (B) Motor CC

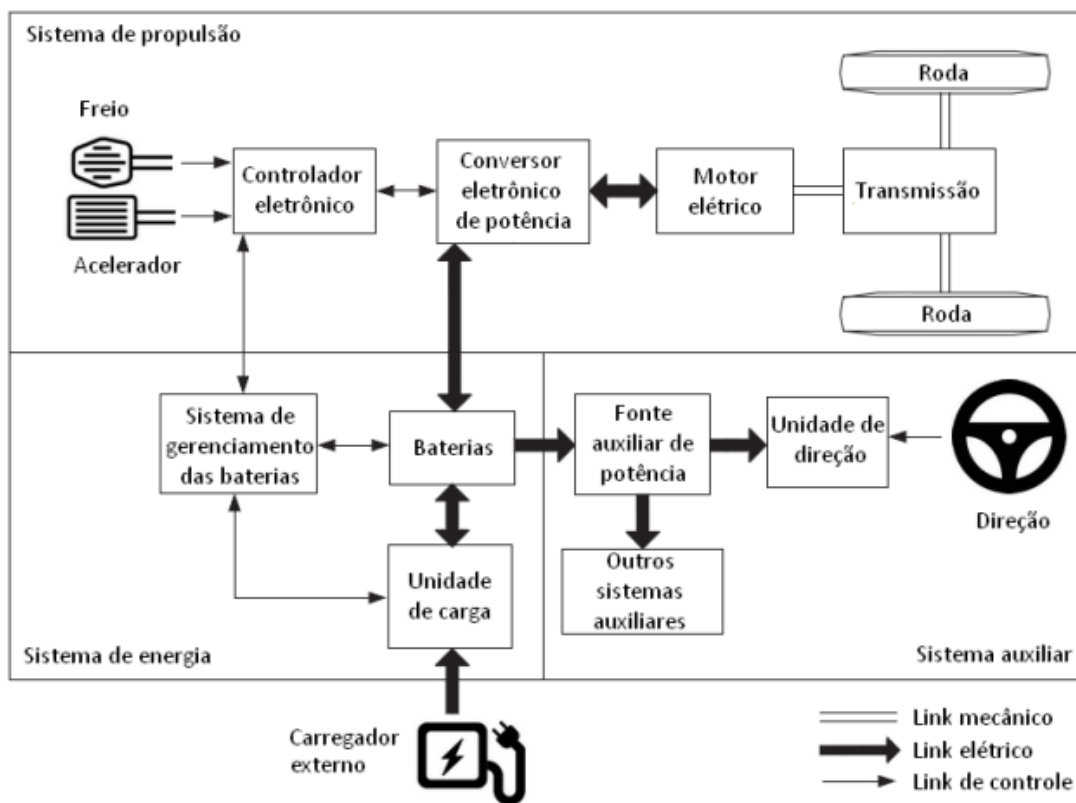


Fonte: Freitas, 2012.

A estrutura dos Veículos Elétricos à Bateria (VEBs - Figura 6) é formada por três sistemas principais: o sistema de propulsão, o sistema de energia e o sistema auxiliar. O sistema de propulsão do motor elétrico é composto pelo sistema de controle do veículo, pelo conversor eletrônico de potência, pelo motor elétrico em si e pela transmissão quando aplicável. O sistema de energia é formado pelas baterias, pelo sistema de gerenciamento das baterias e pela unidade de carga. Por fim, o sistema

auxiliar é composto pelo sistema de aquecimento/refrigeração, pelas bombas eletrônicas e por outros equipamentos eletrônicos auxiliares (POLLET et al, 2012) e (EHSANI et al, 2018).

Figura 5: Ilustração conceitual de veículo elétrico a bateria e carregador.



Fonte: (EHSANI et al, 2018). Modificado por Mena (2020)

AS BATERIAS

As baterias utilizadas nos veículos elétricos (VEs) geralmente são as de íons de lítio (li-ion) por apresentarem melhor desempenho e menor custo se comparadas com as de hidreto metálico de níquel (Ni-MH) ou com as de cloreto de sódio e níquel (Na-NiCl₂). E, quanto mais melhorias houver em sua densidade energética, mais eficiente será o sistema de armazenamento de energia, menor o seu tamanho, mais leves, mais baratas e com maior autonomia, além de reduzir o risco de incêndio quando superaquecidas. O objetivo geral é que as baterias durem mais, recarreguem mais rápido, tenham maior densidade, sejam mais leves e mais baratas, além de serem mais seguras e recicláveis (DE SOUZA e HIROI, 2021).

A vida útil da bateria de carros elétricos é uma das maiores preocupações ao se comprar um veículo movido a eletricidade. O receio de muitos em adquirir um carro

elétrico é devido a crença que a bateria não durará. Porém, essas baterias estão cada vez mais evoluídas, seguras e com ótima vida útil. A bateria, recarregável, armazena a energia elétrica que será utilizada para fazer o carro funcionar.

A eficiência de uma bateria varia de acordo com as suas especificações. Ao adquirir um carro elétrico faz-se necessário analisar parâmetros como a perda de carga que a bateria terá com o tempo de uso (descarga), o efeito memória que diminui a retenção de carga devido os ciclos de cargas e descargas e a forma de carregamento, a quantidade de energia que uma bateria consegue armazenar em relação a sua massa (energia específica) e seu volume (densidade de energia) e a capacidade energética que a bateria fornecerá durante uma hora de funcionamento.

Vale lembrar que cada bateria apresentará uma série de diferenças de acordo com o fabricante (AZEVEDO, 2018).

O INVERSOR

Para que um carro elétrico funcione, outro mecanismo importante, além da bateria e do motor, é o inversor. Através dele há a conversão de corrente elétrica contínua em corrente alternada, que é levada até o motor de indução. A eletricidade, assim, aciona os mecanismos do motor que fazem as rodas girarem e o carro se mover. Por entregar a correta dosagem de energia a uma determinada frequência, o Inversor controla tanto o Torque e quanto a Velocidade do motor elétrico e, por conseguinte, determina o comportamento de condução (LENZ, 2013).

CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS E SUAS DIFERENTES TECNOLOGIAS

Os veículos elétricos podem ser de quatro tipos diferentes (Figura 7). Em princípio, existem os BEV's (Battery Electric Vehicles), conhecidos também como Veículos Elétricos Puros, cuja fonte principal de energia é a eletricidade proveniente de fontes externas (a rede elétrica, por exemplo). Armazena-se a eletricidade através de uma bateria interna, que alimenta o motor e impulsiona as rodas. São do tipo plug-in electric vehicles (PEV), dado que a eletricidade é fornecida por uma fonte externa – daí o termo plug-in, que em tradução literal significa “ligado na tomada” (FGV ENERGIA, 2017).

Já os veículos elétricos que utilizam motores elétricos e combustão interna são denominados carros híbridos. Os híbridos são classificados como em série ou

paralelo, de forma que, os primeiros, utilizam apenas o motor elétrico para mover o carro, com o motor à combustão interna fornecendo eletricidade ao motor elétrico, e os do segundo tipo, utilizam ambos os motores para propulsão (FGV ENERGIA, 2017).

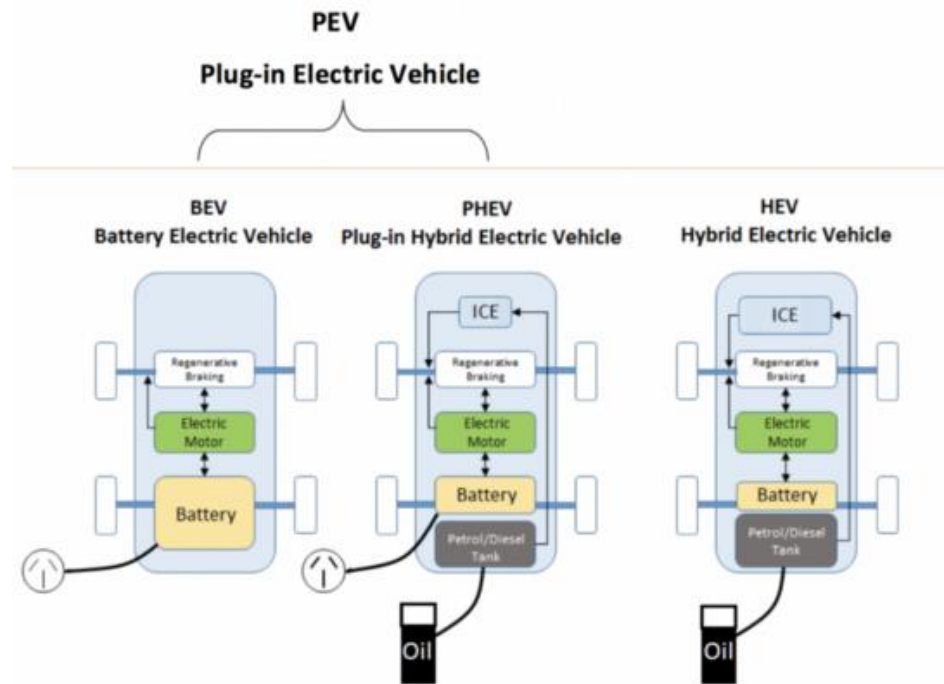
Os elétricos híbridos são do tipo Híbrido puro (HEV, da sigla em inglês Hybrid Electric Vehicle), Híbrido Plug-in (PHEV, da sigla em inglês Plug-in Hybrid Electric Vehicle) e Híbrido de longo alcance (E-REV, da sigla em inglês Extended Range Electric Vehicle):

O HEV possui motor principal que propulsiona o veículo é à combustão interna. A função do motor elétrico é apenas melhorar a eficiência do motor à combustão interna ao fornecer tração em baixa potência. Logo, ele é um híbrido paralelo. A eletricidade para o motor elétrico é fornecida pelo sistema de frenagem regenerativa do veículo.

PHEV, cujo motor à combustão interna também é o principal, mas eles podem, além disso, receber eletricidade diretamente de uma fonte externa. Assim como o HEV, o PHEV é um híbrido paralelo. Como também utiliza combustíveis tradicionais (fósseis ou biocombustíveis quando comparado ao BEV, o PHEV geralmente garante uma maior autonomia.)

E-REV é um híbrido do tipo em série: o motor principal é o elétrico – que é alimentado diretamente por uma fonte elétrica externa – com o motor à combustão interna fornecendo energia a um gerador, que mantém um nível mínimo de carga da bateria, fazendo com que o E-REV tenha alcance estendido (FGV ENERGIA, 2017).

Figura 6: Tipos de carros elétricos



Fonte: Gatton, 2018.

VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CARRO ELÉTRICO

O carro elétrico conta cada vez mais com defensores tanto na indústria automobilística quanto entre os próprios consumidores. O motor elétrico tem muito menos peças do que vimos em veículos normais hoje em dia. Há apenas uma parte móvel, então não há necessidade de se preocupar com correias, trocas de óleo ou trocas de água (BANCO BV, 2022).

O principal argumento em favor do carro elétrico é o fato de esse modelo ser menos poluente. Na comparação dos modelos tradicionais, a geração de CO₂ é reduzida em aproximadamente 33% durante a vida útil do veículo. Isso ocorre em duas razões: a primeira é que a maior parte da produção de gás carbônico ocorre durante a fabricação do carro, limitando a área de abrangência da poluição; A segunda que, enquanto o veículo é utilizado, ele compensa a maior produção de CO₂ durante a fabricação, já que o carro não emite nenhum gás, ao contrário dos automóveis convencionais (BANCO BV, 2022).

O carro elétrico também leva vantagem sobre o seu concorrente tradicional no quesito poluição sonora. Os motores movidos a gasolina e outros combustíveis fósseis são mais barulhentos, causando um impacto muito maior nas cidades (BANCO BV,

2022). **A eficiência do carro elétrico chega a ser de 90%**, no que diz respeito ao consumo de energia — enquanto isso, o carro comum tem eficiência de apenas 40%. Ou seja, no modelo elétrico, a energia necessária é menor para se fazer o mesmo esforço (BANCO BV, 2022).

O custo para abastecer um carro elétrico é potencialmente menor do que os valores dispendidos para manter um veículo tradicional rodando. Além disso, são eliminadas outras despesas como como troca de óleo, por exemplo. Os motores elétricos não demandam o uso desse tipo de produto. **Todas essas mudanças somadas reduzem em aproximadamente 50% o custo de um carro** por quilômetro rodado. Outras vantagens são o menor custo tributário e de manutenção (BANCO BV, 2022).

Em relação à segurança, com uma plataforma motriz totalmente diferente de veículos convencionais, os veículos elétricos introduzem novos riscos a serem mitigados. Diferentes níveis de tensões são encontrados no veículo, que deve proteger contra contato direto ou indireto nas partes energizadas, evitando assim descargas elétricas. Na bateria se encontra a parte mais crítica, pois, além do risco elétrico, há também risco químico com a liberação de agentes corrosivos, gases tóxicos e fogo, podendo levar a explosão. O processo de carregamento representa um momento crítico: as reações químicas são intensificadas e o veículo está conectado à rede elétrica. Há ainda o risco mecânico visto que as baterias são grandes e pesadas, modificando a estabilidade do veículo e intensificando eventuais impactos em caso de acidentes (O'MALLEY, 2015).

A não emissão de ruídos representa também um risco adicional. Os veículos elétricos são completamente silenciosos, dificultando sua identificação por pedestres. Há risco na aproximação do veículo em movimento e também na iniciação silenciosa de movimento quando parado (KJOSEVSKY et al, 2017).

Baterias de íons de lítio têm maior risco de incêndio quando superaquecidas. O BEV Tesla Model S (Figura 8), por exemplo, registra alguns casos de incêndio ainda sob investigação

Figura 7: BEV Tesla Model S.



Fonte: Site Electric Vehicle Database, 2022.

OS VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL

Alguns fatores como, a constante alta de combustíveis, as questões ambientais, e a busca por modelos de veículos mais tecnológicos, tem despertado, nos brasileiros, um olhar para veículos mais eficientes e que utilizam energia limpa. Apesar dos veículos híbridos e elétricos puros no país ainda serem uma parcela muito pequena da frota total, algumas políticas públicas de estímulo a essa tecnologia, assim como de incentivos para maior inserção desses veículos no mercado, já estão sendo implementadas. Entretanto, desafios técnicos e regulatórios, bem como os impactos da expansão da mobilidade elétrica sobre o setor energético nacional, podem trazer limitações à maior penetração dos VEs na frota brasileira (FGV ENERGIA, 2017) .

Na década de 80, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou mais força e o mundo passou a se concentrar na criação de novas tecnologias e em fontes energéticas alternativas, no intuito de gerar menos poluição no planeta. No Brasil a frota de ônibus elétricos TRÓLEBUS (veículos alimentados por uma catenária de dois cabos superiores) começaram a crescer (Figura 9). Uma parceria criada pela estatal

Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (EBTU), juntamente com o BNDES e o Ministério dos Transportes, criou diversos outros sistemas por todo o país, recebendo recursos para melhoria das ruas e avenidas das cidades, reformas, renovação e reestruturação das linhas elétricas e renovação das frotas veiculares.

Em termos de carros elétricos nacionais, O E-400 da Gurgel (Figura 10), um utilitário criado entre os anos de 1980 e 1983, foi o primeiro carro elétrico produzido para comercialização no Brasil (SILVA, 2020). Sua elevada eficiência energética resultava em um custo operacional muito inferior quando comparado a utilitários com motores a combustão: seu consumo oscilava entre 0,27 e 0,35 kWh/km. Para recarregar eram necessárias em média 7 horas numa tomada de 220 volts. Devido a este fator, era um veículo estritamente urbano. A velocidade máxima estava por volta de 80 km/h, em grande silêncio -- uma das grandes vantagens de um carro elétrico é não poluir com gases nem com barulho. Primeiramente foi vendido a empresas para testes. O chassi Plasteel continuava como padrão e a fábrica oferecia uma garantia inédita de 100.000 quilômetros. Fato interessante é que todo Gurgel tinha carrocerias originais: o engenheiro nunca copiou nada em termos de estilo, mesmo lá de fora, coisa corriqueira hoje em dia entre fabricantes de veículos fora-de-estrada, seja grande ou pequeno construtor (SILVA, 2020).

Figura 8: TRÓLEBUS.



Fonte: Site ABC DO ABC, 2021.

Figura 9: Primeiro carro elétrico brasileiro produzido em série.



Fonte: Site Quatro Rodas, 2021.

Todavia, anteriormente ao E-400, um outro modelo de carro elétrico da Gurgel já havia sido projetado no Brasil (Figura 11). O Gurgel-Itaipu, apresentado no Salão do Automóvel de São Paulo em 1974, era um minicarro destinado ao uso urbano, com capacidade para duas pessoas. As baterias chumbo-ácidas eram recarregadas em tomadas elétricas residenciais, pesavam mais de 300 kg e capazes de fornecer cerca de 60 km de autonomia ao veículo (CORTEZZI, 2017). Apesar de obter a venda de algumas unidades para empresas, sem a obtenção do devido suporte financeiro o modelo não obteve sequência, mas foi impulsionador da ideia de um carro elétrico 100% brasileiro.

Figura 10: Gurgel Itaipu.



Fonte: Site Quatro Rodas, 2021.

MONTADORAS E CARROS ELÉTRICOS NO BRASIL.

A montadora BMW foi a primeira empresa a lançar carros 100% elétricos no Brasil e a instalar postos de recarga para veículos eletrizados no país. Em 2017 instalou seis aparelhos em postos da rede Ipiranga ao longo da Rodovia Presidente Dutra, entre São Paulo e Rio de Janeiro. A via é considerada a mais importante para a mobilidade eletrizada. De lá pra cá foram mais 250 pontos em shoppings e supermercados. A Volvo pretende entregar mil Eletropostos para 2021. São R\$ 12 milhões em investimentos. A montadora, junto com a Toyota, domina 90% de veículos híbridos no Brasil.

Em 2021, os carros puramente elétricos representaram 8% do total de vendas dos eletrificados do ano (34.990). Em 2020, essa porcentagem foi de 4% apenas (801 de 19.745) (AMARAL, 2022). Os carros elétricos mais vendidos no Brasil em 2021 de acordo com a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) e com a Bright Consulting, consultoria especializada em indústria automotiva, foram:

Tabela 1: Modelos mais vendidos no Brasil

RANKING	MODELO	UNIDADES VENDIDAS
1º	Nissan Leaf	439
2º	Porsche Taycan	379
3º	Volvo XC40 Recharge	375
4º	Mini Cooper Electric	313
5º	Audi E-Tron	252
6º	BMW i3	159
7º	Fiat 500e	146
8º	Chevrolet Bolt	132
9º	JAC iEV 20	49
10º	Renault Zoe	53

Fonte: ABVE, 2021.

PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE MOTOR ELÉTRICO VERSUS MOTOR A COMBUSTÃO

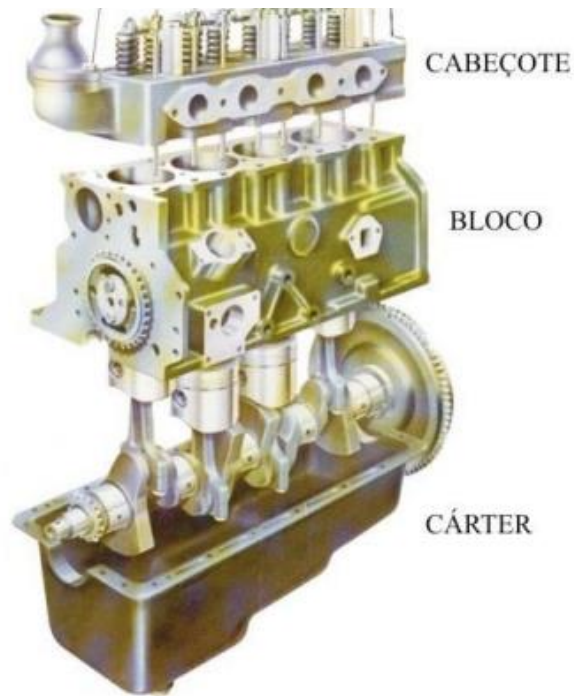
Como citado anteriormente no presente trabalho, sabe-se que os motores elétricos são aqueles movidos por motorização elétrica e alimentados exclusivamente por baterias que armazenam energia na forma de eletricidade, sendo assim considerados veículos puramente elétricos. O recarregar das baterias é realizado por meio de cabo conectado à rede de distribuição de energia elétrica, o que lhes confere a característica plug-in, dado que a eletricidade é fornecida por uma fonte externa – através de um plugue conectado a uma tomada. São também recarregados, em parte, recuperando energia mecânica das frenagens, por meio do sistema de frenagem regenerativa (ERJAVEC, 2013).

Os veículos convencionais movidos a motor de combustão interna (MCI) convertem a energia química do combustível em energia mecânica. Primeiramente, a energia química é convertida em energia térmica pela combustão dentro do motor. Essa energia térmica aumenta a temperatura e pressão dos gases, expandindo-os contra mecanismos e articulações mecânicas, gerando um movimento rotativo, que é a saída do motor (PULKRABEK, 1997).

Os componentes principais de um motor de combustão interna se dividem em dois grupos: os das partes fixas e os das partes móveis. Os motores apresentam componentes que não se movimentam quando esse se encontra em funcionamento, sendo esses pertencentes à parte fixa, enquanto que as partes móveis são aquelas que se movimentam na mesma situação. As partes fixas podem ser divididas em três grandes partes: Cabeçote, Bloco do Motor e Cárter (LIMA, 2009).

O Cabeçote (Figura 12) encontra no topo, cobrindo a parte superior do bloco, com a função de tampar os cilindros, formando a câmara de combustão na parte superior do bloco do motor. O bloco do motor (Figura 12) é elemento principal do motor, que de maneira direta ou indireta são acoplados os componentes que constituíntes do motor. Já o Cárter (Figura 12) é a parte inferior do motor responsável por cobrir os componentes inferiores do motor e pelo armazenamento de óleo de lubrificação e do seu respectivo arrefecimento (LIMA, 2009).

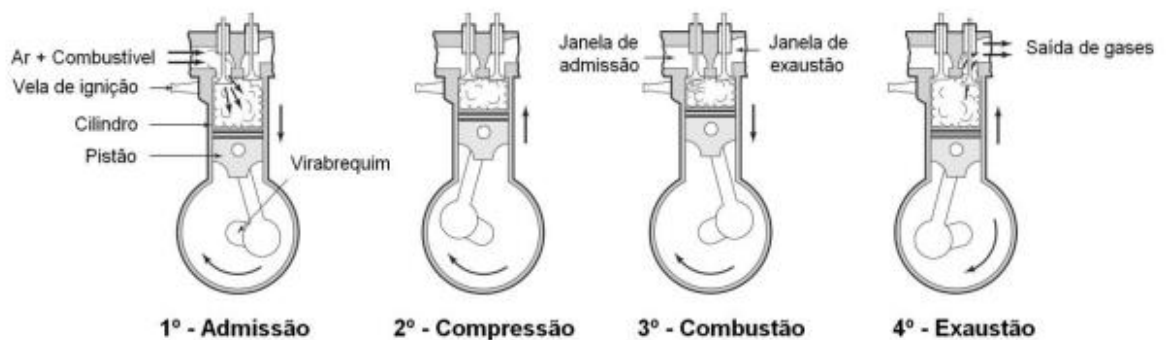
Figura 11: Cabeçote, Bloco e Cárter.



Fonte: Varella, (?)

Os motores à combustão utilizam-se de ciclos termodinâmicos para o seu funcionamento. Esses ciclos podem ser distinguidos em quatro fases de funcionamento ou quatro tempos (Figura 13): admissão, compressão, expansão/combustão e escape/exaustão, sendo todos eles caracterizados pelos tipos de substância de trabalho, fonte de calor, fonte fria e máquina térmica. Portanto, podem diferir em certo grau as características dos tempos de funcionamento dos motores à gasolina e à gasóleo, por exemplo (LIMA, 2009).

Figura 12: Motor, ciclo de Otto- Quatro tempos.



Fonte: (FERGUSON e KIRKPATRICK, 2016). Modificado por Mena (2020)

2.7.2 Combustíveis

Os combustíveis utilizados em motores por combustão possuem como característica comum a alta densidade de energia e potência, que possibilita a concepção de veículos para os mais diversos fins, desde pequenas motocicletas até grandes veículos para transporte de carga. O deslocamento em grandes distâncias sem a necessidade de reabastecimento é totalmente possível, visto que podem ser facilmente armazenados. No mais, ocupam espaço reduzido do veículo, sem causar aumento significativo do peso final e permitem um rápido processo de reabastecimento, visto que são apenas inseridos no interior tanque de combustível (FRANCIS e PETERS, 1980). Globalmente, grande parte dos combustíveis utilizados no setor de transporte possui origem fóssil, com destaque para a gasolina e o diesel que são derivados de petróleo (WALLINGTON et al, 2006).

No Brasil, os biocombustíveis possuem grande participação com a utilização do etanol e biodiesel. Uma boa parte da frota nacional utiliza a tecnologia flex-fuel, que possibilita a utilização de etanol ou gasolina, ou uma mistura dos dois em qualquer proporção (ALMEIDA et al, 2017). A legislação Brasileira obriga a adição de percentuais fixos de etanol anidro a toda gasolina automotiva vendida no país e de biodiesel a todo óleo diesel comercializado. Há também a utilização de Gás Natural Veicular (GNV), que apesar de ser um combustível de origem fóssil, apresenta uma queima com menores emissões (PACHECO E CASTRO, 2004) No processo de combustão interna, são geradas diversas emissões como subproduto da queima do combustível. Essas emissões poluem o meio ambiente, contribuem para o aquecimento global, chuva ácida, poluição atmosférica, odores, problemas respiratórios entre outros problemas de saúde (PULKRABEK, 1997).

entorno (SOUSA, 2019).

METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada através de uma revisão da literatura acerca dos veículos elétricos e seus benefícios para sociedade humana. O método empregado nesta pesquisa teve caráter descritivo-qualitativo, com utilização de referências retiradas de periódicos científicos, livros, teses, dissertações e resumos de conferências de fontes nacionais e internacionais.

Buscou-se levantar e analisar informações sobre a história dos veículos elétricos, com foco maior em automóveis elétricos, além de conceituações acerca do funcionamento do motor, bateria, e classificação dos tipos de veículos.

Por fim, foi construída uma tabela, onde se evidenciou, dentro de um contexto comparativo entre carros elétricos e carros de motor à combustão interna, as vantagens do carro elétrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir apresenta-se um comparativo entre os carros elétricos e carros movidos por motor à combustão e a tabela 2, destaca as vantagens do carro elétrico sobre o carro com motor a combustão.

Tabela 2: Carros Elétricos x Carros Motor a Combustão

Característica	MOTOR À COMBUSTÃO	MOTOR ELÉTRICO	VANTAGENS DO MOTOR ELÉTRICO
Potência	1 - 3 kW/kg	3 - 10 kW/kg	3x mais potente
Relação Potência/volume do motor	400 kW/m ³	13.600 kW/m ³	motor 35x menor
Eficiência	5 - 30%	93 - 96%	3-20x mais eficiente
Manutenção	Muitas peças móveis	Uma peça móvel	Livre de manutenção
Câmbio e transmissão	Câmbio e transmissão complexa	Controle direto	Mais simples, leve e barato
Refrigeração	Precisa de entrada de ar	Sem necessidade de refrigeração	Design mais aerodinâmico
Emissão de CO₂ (em média)	120 g/km rodados	35 g/km rodado	Emissão de CO ₂ . Apenas no seu

			processo de fabricação.
Emissão de Outros Gases	83,2% de CO; 81,4% de HC; 96,3% de NOx; 38,9% de MP10 e 53% de SOx	0 emissões	Nenhuma emissão de gases
Poluição sonora	podem emitir até 89 decibéis	43 e 64 decibéis	O carro quase não faz barulho.
Eficiência no Consumo de Energia	40%	90%	Menor quantidade de energia necessária para se fazer o mesmo esforço.
Custo por Km rodado	R\$ 7,10/litro (gasolina em março de 2022)	R\$ 0,86 por kWh	Menor custo/km rodado
Custos Tributário	varia entre 5,7% e 20,3%	12%, 13% e 15%	Mais incentivos fiscais
Custo de Manutenção	R\$4.771,00/60.000 km rodados	R\$2.103,00/60.000 km rodados	Menor custo de manutenção por ter menos partes móveis
Controle autônomo	Sem controle autônomo	Com controle autônomo	Maior facilidade no controle

Característica	MOTOR À COMBUSTÃO	MOTOR ELÉTRICO	DESVANTAGENS DO MOTOR ELÉTRICO
----------------	--------------------------	-----------------------	---------------------------------------

Custo médio após 1 ano de uso.	T-Cross R\$7.296,52 (R\$ 608,04/mês)	Kwid E-Tech adotando R\$ 0,66 kWh R\$ 744 - 62/mês	Maior custo médio após 1 ano
Autonomia	T- Cross Higline 640 na cidade 780 km na estrada	Kwid E-Tech 298 km	Menor autonomia
Tempo de Abastecimento de energia	Cerca de 5 minutos	No mínimo 50 min.	Maior tempo para abastecer.
Infraestrutura para Abastecimento	40.970 postos de combustíveis.	Cerca de 1.300 eletropostos	Menor infraestrutura para abastecimento
Segurança	Baixo risco	Risco de explosão e risco de acidentes devido a movimentação silenciosa.	Mais inseguro

Fonte: Autores, Neo Charge

Conforme pode ser visto na tabela 2 o carro elétrico leva uma larga vantagem sobre o carro movido à combustão nos quesitos ambientais e de eficiência mecânica.

Com um motor 35 vezes menor e uma potência 3 vezes maior se comparado ao veículo movido a combustível fóssil, o motor de um carro 100% elétrico é no mínimo 3 vezes mais eficiente. Além disso, por possuir poucas peças móveis, quase não demanda manutenção, o sistema de transmissão é mais simples e barato, o design mais aerodinâmico, pois não há necessidade de entrada de ar para refrigerar o motor. Por isso, também há uma eficiência no consumo de energia, sendo necessária uma menor quantidade de energia para se fazer o mesmo esforço de um carro movido a combustão.

Também o custo para se manter o carro elétrico é menor. O custo por km rodado e os custos de manutenção são menores, pois o motor elétrico tem muito menos peças do que veículos à combustão e não há necessidade de se preocupar com correias, trocas de óleo ou trocas de água. O custo para abastecer um carro elétrico é potencialmente menor do que os valores dispendidos para manter um veículo tradicional rodando. Todas essas vantagens somadas reduzem em aproximadamente 50% o custo de um carro por quilômetro rodado.

Em termos ambientais o carro elétrico tem a vantagem de não emitir gases, quando da sua utilização, sendo que apenas há emissão de CO₂ na sua fabricação, mesmo assim, 33% menor, se comparado ao carro convencional. Devido ao fato de que a maior parte da emissão de gás carbônico ocorrer durante a fabricação do carro, a área de abrangência da poluição é limitada o que não ocorre com o veículo movido a combustão que emite gases por onde passa.

O carro elétrico também leva vantagem sobre o seu concorrente tradicional no quesito poluição sonora. Os motores movidos a gasolina e outros combustíveis fósseis causam um impacto sonoro maior nas cidades. Porém, quando se pensa em segurança, há riscos de acidente devido à sua movimentação silenciosa. Normalmente o barulho do motor é uma espécie de alerta de que um veículo se aproxima.

É bastante considerável o número de vantagens dos Veículos Elétricos, entretanto, há também desvantagens como o aumento do consumo de energia elétrica, o alto custo para a aquisição do veículo, um menor número de estruturas para o abastecimento de energia das suas baterias grandes e vulgares. Além disso, o abastecimento de energia demora em torno de 50 minutos.

Ainda em relação à segurança, há também risco químico com a liberação de agentes corrosivos, gases tóxicos e fogo de sua bateria, podendo levar a explosões.

A análise bibliográfica feita para realização do presente trabalho, permitiu inferir quais são as maiores vantagens na obtenção de um Veículo Elétrico. Conclui-se que o carro elétrico não é um vilão dos custos e não tem somente um apelo ambiental. Seus custos se mostram a longo prazo menores do que os veículos a combustão convencionais. Apesar dos altos impostos incidentes sobre sua importação, se houver intervenção estatal no intuito de estimular esse mercado, podemos ter resultados promissores tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

É necessário que os governos de todo mundo, incentivem e concedam subsídios para que a implementação desse tipo de veículo seja facilitada. Os veículos elétricos possuem capacidade de mudar a indústria automobilística. Além da produção do veículo elétrico em si, a cadeia de valor também se espalha para outras áreas, como a infraestrutura de recarga e o gerenciamento de informações.

REFERÊNCIAS

ABVE, Associação Brasileira do Veículo Elétrico. Caminhão elétrico da Volks-MAN é vitória da tecnologia nacional. ABVE, 2018. Disponível em <<http://www.abve.org.br/caminhao-eletrico-da-volks-man-e-vitoria-da-tecnologianacional/>> Acesso em 28 de outubro de 2022.

ALMEIDA V. Pacheco de; LONGUI G. Manera; SANTOS L. Ramos dos. Etanol: 40 anos de evolução do mercado de combustíveis e automóveis no Brasil. In: Revista teoria e evidência econômica. Rio Grande do Sul, Ano 23, n. 49, p. 462-484, jul./dez. 2017.

AMARAL, Paulo. Quem inventou o carro elétrico?. In: Quem inventou o carro elétrico?. [S. l.], 6 mar. 2022. Disponível em: <https://canaltech.com.br/carros/quem-inventou-o-carro-eletrico-209668/>. Acesso em: 4 dez. 2022.

AZEVEDO, Marcelo Henrique de. Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro. In: AZEVEDO, Marcelo Henrique de. Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, [S. l.], 2018.

AZUAGA. Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil. Tese de mestrado em Engenharia – UFRJ, 2000.

BANCO BV. Conheça os benefícios do carro elétrico. In: Conheça os Benefícios dos Carros elétricos. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.bv.com.br/bv-inspira/financiamento-de-veiculos/carro-eletrico>. Acesso em: 9 dez. 2022.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. Veículos elétricos: história e perspectivas no brasil.

BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, mar. 2011., Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2011.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Visão 2035: Indústria automotiva. Rio de Janeiro. 2019.

CETESB. Relatório Anual de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. 2004. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. São Paulo, SP.

CORTEZZI, Fernanda Cristina Martins. O veículo elétrico e o impacto na curva de carga de consumidores: Estudo de caso do FIAT 500e. 2017. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. CEFET-MG. 2017

DOE. The History of the Electric Car. Disponível em <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car>. Acesso em 20 de julho de 2018.

EHSANI, M. et al. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles. 3ª ed. Flórida: CRC PRESS – Taylor and Francis Group, 2018.

ERJAVEC, Jack. Hybrid, electric & fuel-cell vehicles. 2ª ed. Nova Iorque: Delmar Cengage Learning, 2013.

FGV ENERGIA. Caderno carros elétricos. Rio de Janeiro. 2017.

FRANCIS, Wilfrid; PETERS, Martin C. Fuels and fuel Technology. 2ª ed. Reino Unido: Pergamon Press, 1980.

HASHEMNIA, Nasser; ASAEI, Behzad. Comparative study of using different electric motors in the electric vehicles. In: 2008 18th International Conference on Electrical Machines. IEEE, 2008. p. 1-5.

KJOSEVSKI, Stevan; KOSTIKJ, Aleksandar; KOCHOV, Atanas. Risk and safety issues related to use of electric and hybrid vehicles. In: Scientific proceedings XIV international congress “Machine technology materials”, V.2, p. 169–172, dez 2017.

LENZ, André Luis, O Básico sobre o sistema de tração de veículos elétricos, 15 de março de 2013. Disponível no site: <http://automoveiseletricos.blogspot.com/2013/03/obasico-sobre-sistema-de-tracao-de.html>. Acessado em 23 de setembro de 2022.

LIMA, F. L. M. et al. Motores de combustão interna. Porto, PO, 2009

MATULKA, Rebecca. The History of the Electric Car. ENERGY.GOV. 15 setembro de 2014. Disponível no site: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> . acessado em 23 de novembro de 2018

O'MALLEY, Sean; PAINE Michael. Crashworthiness testing of electric and hybrid vehicles. Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) e Australasian New Car Assessment Program (ANCAP), 15-0318. 2015.

PACHECO, Carlos; CASTRO, N. José de. O GNV - Gás Natural Veicular: Principais Características Técnicas e Perspectivas de Expansão no Brasil. Boletim do Gás Natural, Instituto de Economia/UFRJ. Rio de Janeiro, nº 1, Nov. 2004.

PAIOLA, Alessandro. M EV1, o primeiro carro 100% elétrico 'quase' produzido em massa. In: M EV1, o primeiro carro 100% elétrico 'quase' produzido em massa. [S. l.], 15 maio 2022. Disponível em: <https://insideevs.uol.com.br/news/584761/gm-ev1-primeiro-carro-eletrico/>. Acesso em: 22 nov. 2022.

POLLET, B. G; STAFELL I; e SHANG, J.L. "Current status of hybrid, battery and fuel cell electric vehicles: From electrochemistry to market prospects." In: Electrochimica Acta, V. 84, p. 235-249, abr 2012.

PULKRABEK, Willard W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. 1ª ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

SILVA, João Paulo Niggli. Avaliação de impactos da inserção dos veículos elétricos nos sistemas de distribuição das concessionárias EDP Bandeirante e EDP ESCELSA. 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em

Engenharia Elétrica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. 2014

SOUZA, Carolina Curassá Rosa de Souza; HIROI, Jaqueline. Práticas em Contabilidade e Gestão. São Paulo, vol. 9, Ed. 1, 2021.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul. Química Nova, Vol. 31, pag 244, 2008.

WALLINGTON T. J; KAISER E. W; FARREL J. T. Automotive fuels and internal combustion engines: a chemical perspective. In: Journals - Royal society of chemistry. EUA, v.35, p.335-347, Jan. 2006.

Oliveira, Henrique Chaves de. "Propulsão elétrica em aeronaves experimentais: uma perspectiva para o mercado aeronáutico brasileiro." (2022).

PEREIRA, Elisa Almeida et al. Análise comparativa dos custos dos veículos de combustão interna e veículos elétricos: estudo de caso dos Correios. In: **Congresso Anual de Pesquisa em Transporte da ANPET**. 2015. p. 2225-2235.