



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LEONARDO BARROSO BEZERRA

**CARROS ELÉTRICOS: PRINCÍPIOS, TENDÊNCIAS E EFEITOS DA
POPULARIZAÇÃO NO BRASIL**

CARAÚBAS

2021

LEONARDO BARROSO BEZERRA

**CARROS ELÉTRICOS: PRINCÍPIOS, TENDÊNCIAS E EFEITOS DA
POPULARIZAÇÃO NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Rudson de Souza Lima

CARAÚBAS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

B574c Bezerra, Leonardo Barroso.
CARROS ELÉTRICOS: PRINCÍPIOS, TENDÊNCIAS E
EFEITOS DA POPULARIZAÇÃO NO BRASIL / Leonardo
Barroso Bezerra. - 2021.
54 f. : il.

Orientador: Rudson de Souza Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Carros Elétricos. 2. Carros Híbridos. 3.
Carros com Motores a Combustão Interna. 4. Postos
de Recargas. 5. Matriz Energética. I. Lima,
Rudson de Souza, orient. II. Título.

LEONARDO BARROSO BEZERRA

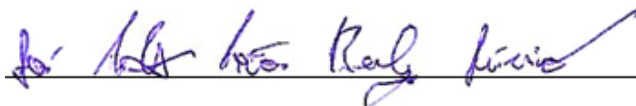
**CARROS ELÉTRICOS: PRINCÍPIOS, TENDÊNCIAS E EFEITOS DA
POPULARIZAÇÃO NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal Rural
do Semi-Árido como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 27 / 05 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Rudson de Souza Lima, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



José Ailton L. Barboza Junior, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

Antônio Alisson Alencar Freitas, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

RESUMO

A incansável busca por melhores condições de vida faz com que as pessoas encontrem nos recursos tecnológicos maneiras de equilibrar a relação homem/meio ambiente. Entre tantas outras existentes, este trabalho apresenta uma tecnologia desenvolvida no setor de transporte, mais especificamente embarcada nos automóveis, que reduz a poluição sonora e atmosférica. Além disso, esta solução tecnológica denominada Carro Elétrico proporciona uma experiência de usabilidade muito satisfatória devido as suas características de operação. O trabalho tem por objetivo principal conhecer os Carros Elétricos e verificar a estrutura da energia elétrica brasileira para a utilização desses veículos. Os métodos de pesquisa predominam-se na análise de trabalhos científicos, sites oficiais de agências reguladoras, associações, entre outras fontes. Os dados capturados são fundamentais para alcançar a meta proposta, dessa forma, a pesquisa é do tipo exploratória, quantitativa e qualitativa. Além dos Carros Elétricos, a pesquisa também aborda os princípios de funcionamento dos Carros com Motores a Combustão Interna e Carros Híbridos visando evidenciar as diferenças entre os tipos. Por fim, foi verificado o mercado atual bem como as estimativas futuras de utilização dos Carros Elétricos no Brasil.

Palavras-chave: Carros Elétricos. Carros Híbridos. Carros com Motores a Combustão Interna. Postos de Recargas. Matriz Energética.

ABSTRACT

The relentless search for better living conditions makes people find in technological resources ways to balance the human/environment relationship. Among many other existing ones, this work presents a technology developed in the transport sector, more specifically on-board automobiles, which reduces noise and atmospheric pollution. In addition, this technological solution called Electric Car provides a very satisfactory usability experience due to its operating characteristics. The main objective of the work is to get to know Electric Cars and verify the structure of Brazilian electric energy for the use of these vehicles. Research methods predominate in the analysis of scientific works, official websites of regulatory agencies, associations, among other sources. The data captured are essential to achieve the proposed goal, thus, the research is exploratory, quantitative and qualitative. In addition to Electric Cars, the research also addresses the working principles of Cars with Internal Combustion Engines and Hybrid Cars, aiming to highlight the differences between the types. Finally, the current market was verified, as well as future estimates for the use of Electric Cars in Brazil.

Keywords: Electric cars. Hybrid Cars. Cars with Internal Combustion Engines. Recharging stations. Energy matrix.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de consumo dos Carros Elétricos e Carros a Combustão Interna.....	35
Tabela 2 - Componentes dos Carros a Combustão Interna, Carros Híbridos e Elétricos.....	47
Tabela 3 - Características dos Carros a Combustão Interna, Carros Híbridos e Elétricos.	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do Motor a Combustão Interna do Ciclo OTTO.....	15
Figura 2 - Quatro tempos do Motor de Combustão Interna - Ciclo OTTO.....	16
Figura 3 - Bateria de chumbo-ácido.	17
Figura 4 - Alternador automotivo.....	18
Figura 5 - Composição interna de carros com Motores a combustão interna.	18
Figura 6 - Gráfico de Torque x RPM dos Motores a Combustão Interna.	19
Figura 7 - Curva de Torque x Velocidade Linear.....	20
Figura 8 - Esquema dos Carros Híbridos em Série.	21
Figura 9 - Esquema dos Carros Híbridos em Paralelo.....	22
Figura 10 - Golf GTE Híbrido paralelo Plug-in.	23
Figura 11 - Câmbio CVT.....	23
Figura 12 - Transmissão de bicicleta de marchas com analogia de câmbio CVT.....	24
Figura 13 - Esquema dos Carros Elétricos.	25
Figura 14 - Carro puramente elétrico com destaque na bateria.	26
Figura 15 - Comportamento da Tensão e Corrente na Recarga.	28
Figura 16 - Conversor CC-CC Bidirecional.	29
Figura 17 - Inversor bidirecional de frequência.	30
Figura 18 - Motor de Indução Trifásico	31
Figura 19 - Gráfico de rendimento dos Carros Elétricos.....	32
Figura 20 - Câmbio CVT4EV da Bosch para Carros Elétricos.	33
Figura 21 - Torque x Velocidade dos Veículos elétricos e Veículos a combustão interna.	34
Figura 22 - Emplacamentos de Carros Elétricos e Carros Híbridos.....	39
Figura 23 - Na esquerda: Pick-up IEV330P; na direita: Corolla Cross Híbrid.	40
Figura 24 - Balanço Energético Brasileiro	41
Figura 25 - Distribuição de Postos de Recargas no Brasil.	44
Figura 26 - Esquema de Posto de Recarga ligado à rede.....	45
Figura 27 - Esquema de posto de recarga com geração fotovoltaica	46
Figura 28 - Esquema de posto de recarga com energia fotovoltaica conectado à rede.	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira de Veículos Elétricos
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
BMS	<i>Battery Management System</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CO ₂	Dióxido de Carbono
Cv	Cavalo-vapor
CVT	<i>Continuously Variable Transmission</i>
DDP	Diferença de Potencial (Tensão Elétrica)
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FENABRAVE	Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores
FV	Fotovoltaicas
GWh	Gigawatts-hora
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>
IPI	Imposto de Produtos Industrializados
KBB	<i>Kelly Blue Book</i>
Km	Quilômetro
kWh	Kilowatts-hora
MCI	Motor a Combustão Interna
NiMH	Níquel Hidreto Metálico
Nm	Newton-metro
ONS	Operador Nacional De Sistemas Elétricos
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
PMI	Ponto Máximo Inferior
PMS	Ponto Máximo Superior
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i>
RL	Filtro com indutor
RPM	Rotações Por Minuto
VE	Veículo Elétrico
Vp	Tensão de Pico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivos Geral.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3. TIPOS DE AUTOMÓVEIS	15
3.1 Carros a Combustão Interna	15
3.1.1 Bateria.....	16
3.1.2 Alternador.....	17
3.1.3 Radiador e Câter.....	18
3.1.4 Rendimento do MCI.....	18
3.2 Carros Híbridos.....	20
3.3 Carros Elétricos.....	24
3.3.1 Baterias dos Carros Elétricos.....	26
3.3.2 Controle	28
3.3.3 Conversores	28
3.3.4 Inversor.....	29
3.3.5 Motor Elétrico de Indução.....	30
3.3.6 Rendimento dos Carros Elétricos	31
3.3.7 Câmbio CVT para elétricos	32
4. CARROS ELÉTRICOS X CARROS A COMBUSTÃO INTERNA.....	34
4.1 Rendimento.....	34
4.2 Consumo	35
4.3 Outras Comparações	36
5. A PARTICIPAÇÃO DOS CARROS ELÉTRICOS NO CENÁRIO ATUAL	38
5.1 Startups	39
6. MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA E ESTAÇÕES DE RECARGA	41
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
8. CONCLUSÃO	49
8.1 Trabalhos Futuros	49

1. INTRODUÇÃO

Na esfera mundial, as pessoas têm desenvolvido maneiras de otimizar o tempo, reduzir custos, melhorar a qualidade de vida, aumentar lucros, entre outras metas. Aliado a isso, há o surgimento de inúmeras tecnologias que servem para atingir os determinados fins já mencionados, no entanto, essas evoluções tecnológicas causam uma série de efeitos, negativos e positivos, na sociedade na qual estão inseridos.

A tecnologia exposta na pesquisa trata-se da evolução dos automóveis elétricos (movidos a energia elétrica) que, apesar da ideia não ser tão recente, estão ficando cada vez mais comuns no mercado atual. Toda aquela mecânica presente nos Motores a Combustão Interna (MCI) está sendo substituída por motores e equipamentos elétricos e eletrônicos.

“Os fabricantes de componentes para automóveis a combustão terão que adequar as suas fábricas de forma a poderem produzir componentes para veículos elétricos; os postos de abastecimento de combustível poderão ter de se adaptar para postos mistos, onde figure abastecimento elétrico” (FREITAS, 2012).

Aderindo à ideia de utilização em massa desses Carros Elétricos, este trabalho aborda conhecimentos necessários para aqueles que irão ter contato com a máquina mostrando o princípio de funcionamento, bem como enfatizando as diferenças entre os movidos por energia elétrica e os movidos à combustão interna. Enquanto aqueles são novas tecnologias estes possuem conhecimentos já enraizados por décadas de utilização comum a todos.

O presente trabalho ainda possui um segundo viés sendo este inteiramente relacionado ao primeiro; ele aponta dados do setor energético brasileiro buscando concluir se atualmente é viável a grande utilização desses veículos dentro do território nacional.

Com o advento de novas tecnologias no Brasil capazes de facilitar a vida das pessoas, alguns problemas são encontrados e quando não resolvidos podem se tornar inviáveis de utilização no território, como por exemplo, os Carros Elétricos.

Ao introduzir os Carros Elétricos em um determinado território, deve-se apoiar na possibilidade desses veículos atingir um grau de popularidade elevado e em consequência disso, faz-se necessário analisar os impactos negativos dessa expansão. Um dos mais evidentes e preocupantes é saber se a capacidade energética do país seria suficiente para atender a demanda de milhões de Veículos Elétricos (VE). Logo, uma vez comprovada a insuficiência, a dedicação dos responsáveis se resumiria em encontrar outros meios cabíveis para suprir essa demanda. É previsto que no tempo em que grande quantidade de Carros Elétricos usufruindo da eletricidade ainda pouco ofertada, acabe gerando um aumento excessivo nas tarifas de energia elétrica.

Outro ponto muito importante a ser discutido está relacionado ao conhecimento necessário para todas as pessoas que diretamente ou indiretamente terão contato com a tecnologia. Princípios de funcionamento, tipos de equipamentos e suas características ainda desconhecidos pela população, além da forma como estão distribuídos nos veículos são saberes básicos, porém fundamentais.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho tem relevância social, acadêmica, para indústrias de veículos elétricos, para os responsáveis pela ampliação da matriz energética brasileira, para empresários do setor de transporte ou outros interessados no assunto.

No aspecto social, um dos grupos principais, a necessidade de informações sobre funcionamento mecânico, autonomia e métodos de utilização são primordiais para a sociedade que de fato utilizam os Carros Elétricos.

Para a academia, engenheiros ou futuros engenheiros mecânicos, eletricitistas ou de energia, o conteúdo contido nesse trabalho irá beneficiá-los em forma de complemento de estudos ou de base para projetos futuros, sejam estes teóricos ou práticos em laboratório.

A indústria de Carros Elétricos ao ter contato com esta pesquisa poderá se esforçar ainda mais em busca de novas tecnologias não só para vencer os concorrentes, mas também para viabilizar o uso de seus Carros Elétricos por uma maior parte da população.

Por sua vez, os responsáveis pela matriz energética brasileira visando a popularização dos VE, devem encontrar medidas para aumentar o poder energético no território para suprir a demanda de energia elétrica usada para abastecimento desses transportes.

O interesse de empresários do setor de transporte é evidente. Com os diversos problemas ocasionados por motores a combustão, alternativas mais baratas e eficientes são bem-vindas para essas pessoas.

Outra parte de grande interesse e não menos importante é o meio ambiente. A substituição de Carros com Motores a Combustão Interna por Carros Elétricos deixa de liberar muitas toneladas de Dióxido de Carbono.

1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa é do tipo exploratória, qualitativa e quantitativa. Onde é proposto um problema a ser confirmado através de dados disponíveis em sites oficiais, artigos científicos, monografias, dissertações e teses. A qualitativa aborda o funcionamento dos Carros Elétricos para o contribuir com o conhecimento das pessoas envolvidas. Já a característica quantitativa refere-se a coleta de informações, com análise de gráficos, comparações e estimativas acerca da matriz energética brasileira.

Inicialmente, o levantamento biográfico foi em torno dos Carros a Combustão Interna para aprimorar os conhecimentos a seu respeito, logo após, foi a exploração dos princípios dos Carros Elétricos a fim de entender seus atributos e relacioná-los uns aos outros identificando também sua demanda por energia.

Em seguida, a partir dos números atuais e da evolução ao longo do tempo, houve condições suficientes para estimar uma quantidade de Carros Elétricos em anos futuros.

Após concluída essas etapas, a meta foi a verificação da viabilidade do setor energético brasileiro para o caso das estimativas de utilização em massa de Carros Elétricos se concretizarem.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Geral

Apresentar o funcionamento dos Carros Elétricos para as pessoas e empresas que estão ou pretendem está diretamente em contato com os veículos, além de validar ou não a viabilidade de utilização em massa dos Carros Elétricos no Brasil, levando em consideração a matriz energética e buscar soluções em caso de escassez de energia elétrica.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico a respeito dos Carros Elétricos e matriz energética brasileira;
- Estudar individualmente as partes principais de um Carro Elétrico;

- Pesquisar em fontes oficiais a quantidade atual de carros com motores combustão interna;
- Estimar com base na evolução do mercado, a quantidade de Carros Elétricos existentes de hoje até anos futuros;
- Comparar a demanda solicitada pelos Carros Elétricos e a oferta de energia elétrica existente;
- Buscar alternativas para a geração de energias renováveis.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Analisando o contexto histórico é constatado que a ideia e as primeiras fabricações de Carros Elétricos datam de centenas de anos. As produções iniciaram juntamente com invenção da bateria.

Logo, Zaneti (2018) discorre que: “Em 1859, o francês Gaston Planté revoluciona ao desenvolver a bateria recarregável, esta primeira se trata da bateria chumbo-ácida. A partir desse ano, os modelos de Carros Elétricos passam a utilizar essa nova tecnologia”.

A partir daí, os Carros Elétricos vieram evoluindo paralelamente com as baterias. Após as baterias de chumbo-ácido, surgiu a níquel-cádmio de Waldmar Jungner e em seguida a bateria do conhecido Tomas Edison.

“Em 1901, Thomas Edison, interessado no potencial dos veículos elétricos, desenvolveu a bateria níquel-ferro, com capacidade de armazenamento 40% maior que a bateria de chumbo, só que com custo de produção muito mais elevado” (BARAN; LEGEY, 2010).

Nos anos seguintes os elétricos e suas baterias foram sendo aprimorados, mas, o mercado de automóveis oscilava bastante entre crises e farturas de petróleo até que a partir dos anos 70 os elétricos novamente começaram a se tornar uma opção.

“O EV1 da General Motors foi o paradigma da nova geração de Carros Elétricos pós- crise petrolífera e comercializado (através de *leasing*) entre 1996 e 1999. O carro era aprimorado, tinha um bom desempenho e uma autonomia bastante aceitável, inicialmente entre 90 a 120 km e mais tarde (com baterias de NiMH) entre 120 a 240km. A velocidade máxima estava limitada eletronicamente a 130 km/h” (FREITAS, 2012).

Do início do século XXI até hoje o crescimento industrial de Carros Elétricos e Híbridos começou a ser notado pouco a pouco. As vantagens estão sendo mais evidentes, o interesse mundial aumentou e a matéria-prima está mais acessível e melhor. Sob outra perspectiva, os carros convencionais deixam um rastro negativo sobre eficiência energética e ambiental.

Mesmo com a contínua evolução, o cenário atual mostra que a parcela de utilização de Carros Elétricos em relação aos movidos à combustão interna é praticamente nula. Os intensos anos reinados pelos MCI deixam uma herança desagradável para o meio ambiente, visto que a poluição que eles produzem permanece intrínseca nesse modelo.

“As emissões de alguns gases de efeito estufa, tais como dióxido de carbono (CO₂), devidas aos veículos de transporte rodoviário (automóveis, ônibus, caminhões, etc.) podem ser maiores que as relacionadas a todo o setor industrial em certas regiões” (DO CBP RODRIGUES, 2014).

Porém, ultimamente é notório o engajamento das empresas na busca de alternativas divergentes dos MCI.

“Este aumento nos níveis de poluição dos grandes centros urbanos favorece o estudo de soluções tidas como “mais limpas” de propulsão, como a instalação de sistemas antipoluição nos carros com motor à combustão interna e o desenvolvimento de Carros Elétricos e Carros Híbridos (associação de motor à combustão e motor elétrico)” (NOCE, 2009).

Ao desenvolver essas outras soluções, o alternador, radiador, tanque de combustível, motor a combustão dá lugar ao controlador, inversor, conversor e Motor Elétrico.

Em contraposição, a quantidade elevada de Carros Elétricos circulando nas ruas pode reduzir drasticamente a oferta de energia elétrica fazendo com que os países busquem outras soluções para arcar com essa demanda.

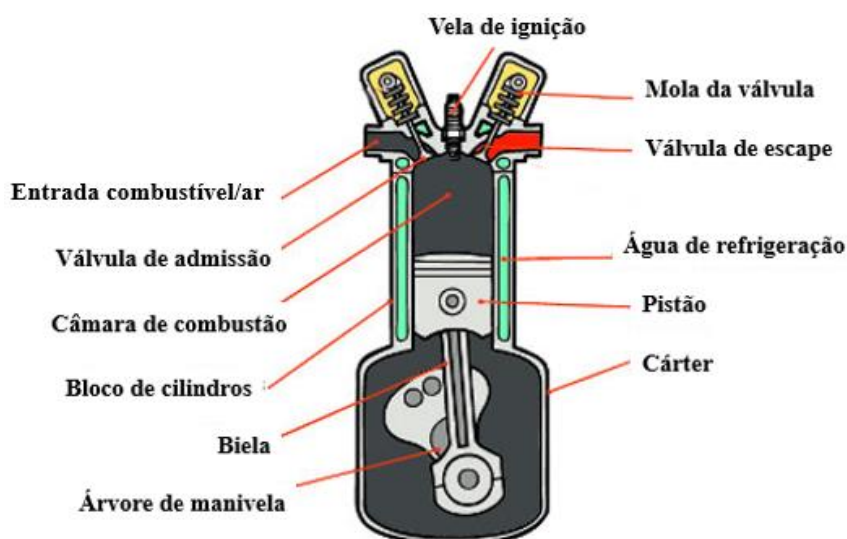
3. TIPOS DE AUTOMÓVEIS

3.1 Carros a Combustão Interna

Os Motores a Combustão Interna são comumente utilizados nos veículos mundo afora, implicando também no vasto conhecimento das pessoas sobre seu funcionamento. Almejando um conhecimento mais sólido, será explorado o princípio de funcionamento decorrente dos motores a combustão interna com ciclo OTTO de quatro tempos. Essa nomenclatura OTTO deriva-se do sobrenome de NIKOLAUS A. OTTO o qual descreveu esse ciclo em 1876. Os motores mencionados basicamente possuem um conjunto de peças necessárias para operar, destacando-se entre outras: as válvulas, bielas, pistões, velas de ignição, virabrequim, etc. Além desses componentes, outros alocados fora do motor dão suporte indispensável para a operação, dentre os quais estão: a bateria, o alternador, radiador e o tanque de combustível. Os quatro tempos serão detalhados a diante, de antemão é possível falar que se distribuem sequencialmente em Admissão, Compressão, Expansão e por último, o Escape. A escolha desse tipo de motor no presente trabalho se deve à grande quantidade de Carros populares que fazem uso de motores com ciclo OTTO de quatro tempos, logo, por esse motivo, as comparações e estimativas apresentadas posteriormente terão um grau de precisão mais elevados.

Antes de detalhar os quatro tempos do motor, considera-se pertinente, conhecer a disposição interna das peças citadas anteriormente como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Componentes do Motor a Combustão Interna do Ciclo OTTO.

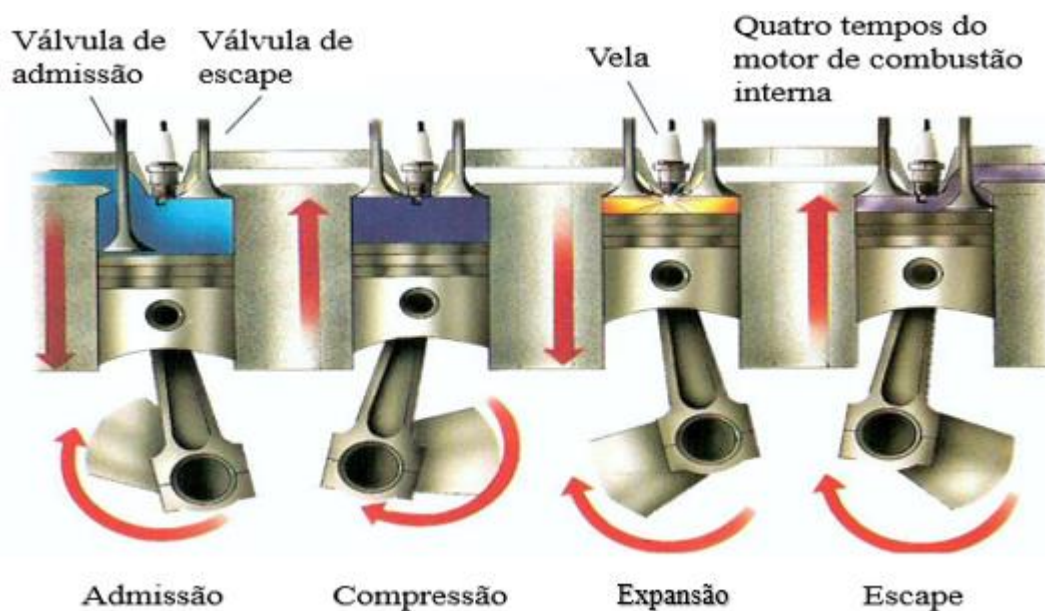


Fonte: Mundo Educação, adaptado.

Os quatro tempos de um motor (Admissão, Compressão, Expansão e Escape) mostrado na Figura 2 possuem características distintas e sequenciais, isto é, uma eventual falha de uma

delas afeta diretamente a função da outra. Conforme BRUNETTI (2012), “Entende-se por tempo o curso do pistão, e não se deve confundir tempo com processo, pois, ao longo de um tempo, poderão acontecer diversos processos”.

Figura 2 - Quatro tempos do Motor de Combustão Interna - Ciclo OTTO.



Fonte: Mecânica Online, adaptado.

Nesse percurso do pistão saindo do Ponto Morto Superior (PMS) para o Ponto Morto Inferior (PMI), a válvula de admissão se abre liberando combustível + ar para dentro da câmara de combustão, denominando tempo de admissão. No segundo tempo (compressão) o pistão parte do PMI até o PMS comprimindo a mistura inserida dentro da câmara de combustão. Vale lembrar que nessa fase as válvulas de admissão e escape estão fechadas. Uma vez comprimida, no tempo de expansão, a mistura recebe uma centelha produzida pela vela de ignição ocasionando uma explosão dentro da câmara devido a mistura ar-combustível presente. Esta explosão faz com que o pistão retorne para o PMI com uma energia cinética muito alta. Por último, no tempo de escape, o gás produzido pela combustão é liberado pela válvula de escape no quarto tempo de percurso do pistão.

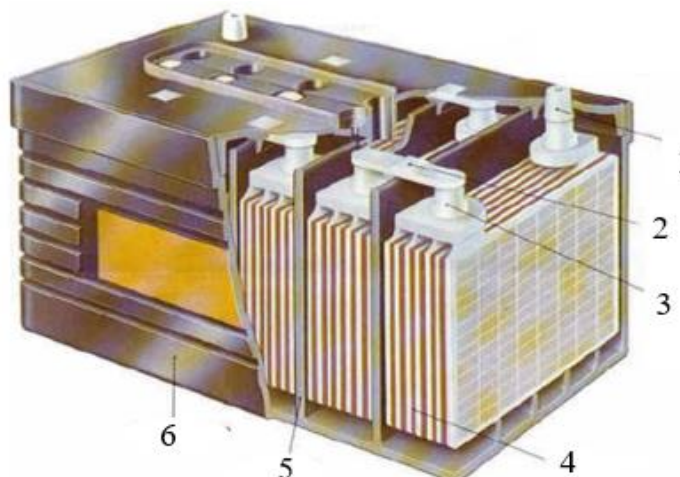
Sobre os outros equipamentos externos ao motor (Baterias, Alternador, Radiador, Câter...), vale ressaltar a sua função no sistema.

3.1.1 Bateria

As baterias são responsáveis por abastecer toda a parte elétrica do veículo, desde lâmpadas internas, faróis, lanternas, travas elétricas, vidros elétricos, etc. Contudo, quando se trata de motor ela entra em ação fornecendo energia para que as velas de ignição possam

produzir as centelhas que farão a explosão no motor. Normalmente elas possuem uma tensão de 12 V. São feitas de chumbo-ácido e estão dispostas na configuração mostrada na Figura 3:

Figura 3 - Bateria de chumbo-ácido.



Fonte: Batebras Baterias (Adaptado).

Os números dispostos na Figura 3 caracterizam-se em: 1- Eletrodo positivo de placas múltiplas; 2- Os eletrodos negativo e positivo, de elemento vizinho estão ligados entre si para aumentar a tensão; 3- Eletrodo negativo de placas múltiplas; 4- Separadores; 5- Divisor de elementos e 6- Caixa de bateria.

“A bateria automotiva consiste, geralmente, de seis elementos contidos em vasos independentes. Cada um destes elementos é formado por um conjunto de placas positivas e negativas intercaladas por um separador. As placas positivas são constituídas de dióxido de chumbo, já as placas negativas de chumbo metálico esponjoso e o eletrólito é uma solução aquosa de ácido sulfúrico. No processo de descarga da bateria, os materiais constituintes de ambas as placas se transformam em sulfato de chumbo e água” (QUEIROZ, 2014).

O somatório das tensões dessas placas intercaladas é 12 V, logo, cada elemento desses separados pelo divisor de elementos possuem uma DDP de 2 V.

3.1.2 Alternador

O alternador, mostrado na Figura 4, é um gerador para a bateria que oferece a energia necessária para que ela se mantenha carregada. Como nenhuma energia é gerada do nada, ele recebe energia cinética de rotação do motor, em seguida, transforma em energia elétrica corrente alternada e retificando internamente em contínua para recarregar a bateria. Quando o carro está em funcionamento, o alternador mantém uma tensão nominal de 14 V contínua nos polos da bateria.

Figura 4 - Alternador automotivo.



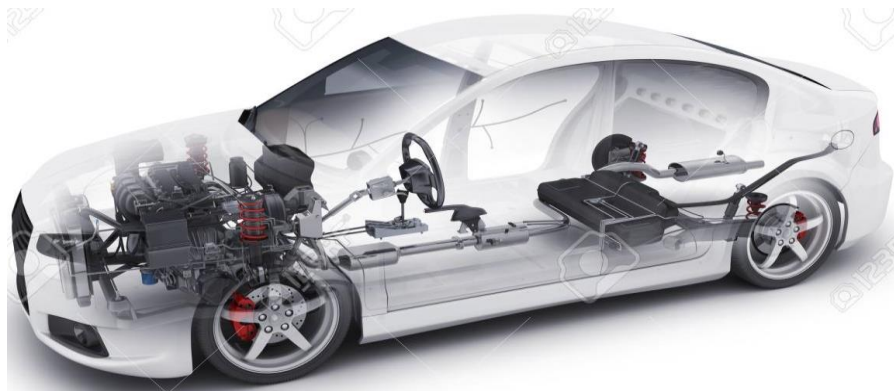
Fonte: Salão do Carro.

3.1.3 Radiador e Câter

O Radiador e o Câter são os compartimentos dos fluidos que são transportados para o motor, porém, com funções distintas. No radiador está inserida a água que irá resfriar o motor para que este não sobreaqueça. Já o Câter tem a finalidade de armazenar o óleo lubrificante encarregado de lubrificar as peças que estão em atrito durante o funcionamento do motor. Para os Carros Híbridos e Carros Elétricos também é fundamental a utilização de radiador, porém, a aplicação é um pouco diferente, que será estudado em momento oportuno.

Na Figura 5 mostra a disposição do motor, tanque e outras conexões dos Carros a Combustão Interna.

Figura 5 - Composição interna de carros com Motores a combustão interna.



Fonte: www.123rf.com.

3.1.4 Rendimento do MCI

Em que pese a sincronia dos motores a combustão interna seja admirável, há, intrínsecas à sua operação diversas fontes dissipadoras de energia, fazendo com que a eficiência do motor chegue a valores bem abaixo do ideal. Com efeito, os fabricantes desses motores são desafiados

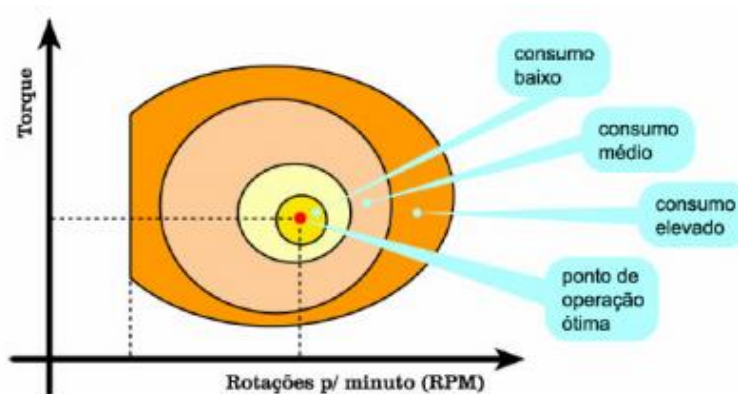
dia após dia para reduzir ao máximo os atritos oriundos das peças como também a inserção de componentes eletrônicos que minimizem as perdas.

Os veículos convencionais à gasolina convertem apenas cerca de 12% a 30% da energia armazenada na gasolina em energia nas rodas, conforme *U.S. Department of Energy*.

“Dentre os fatores que condizem para diminuição da eficiência dos motores de combustão interna, podem-se citar: os atritos entre seus diversos componentes móveis, trocas térmicas entre componentes e fluidos, geração de entropia no sistema de escapamento devido à pressão e temperatura elevadas, entre outras irreversibilidades do processo. Todas as alterações feitas nos motores de combustão interna tendem a modificar o seu desempenho, mudanças no ângulo de ignição, na taxa de compressão e em outros componentes, podem interferir no consumo de combustível e na potência gerada pelo motor, alterando, consequentemente, sua eficiência” (SILVA et al., 2018).

Diante do que foi mostrado, já há bagagem para o estudo do conceito de ponto “ótimo” do motor a combustão, ponto este que relaciona o torque e as rotações por minuto (RPM). O ponto “ótimo” refere-se ao RPM exato do motor com baixíssimo consumo de combustível. A Figura 6 confere o texto grafado anteriormente:

Figura 6 - Gráfico de Torque x RPM dos Motores a Combustão Interna.

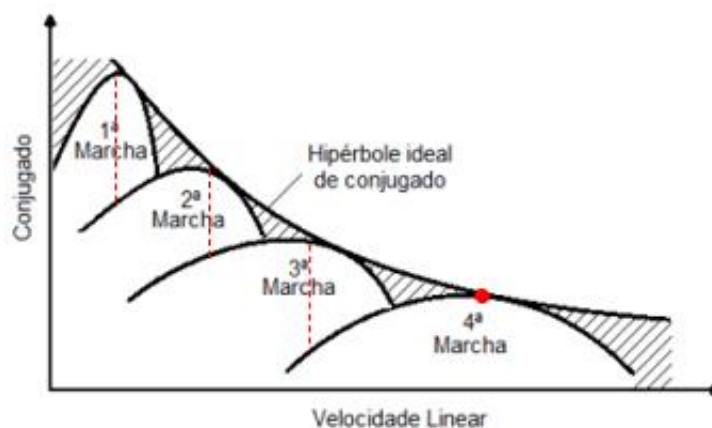


Fonte: HOLLANDA, J. B.

Para que esse ponto seja alcançado, ou pelo menos que as rotações fiquem em torno deste ponto, há a necessidade de um sistema de transmissão de velocidades. O sistema de transmissão presente na caixa de marchas faz com que, através de um jogo de engrenagem, o motor trabalhe numa rotação favorável ao menor consumo. O ponto de operação ótima exige do motorista experiência para acionar as marchas corretas nas rotações do ponto ótimo. Os carros com transmissão automática, embora sejam de tecnologia mais avançada, trabalham numa rotação

por vezes mais elevadas por desconhecimento do terreno, razão pela qual o consumo de combustível sejam um pouco maior que os carros com transmissão manual.

Figura 7 - Curva de Torque x Velocidade Linear.



. Fonte: MAROJA, 2017 (Adaptado).

O gráfico da Figura 7 faz uma análise do Conjugado (torque) x Velocidade Linear de um veículo de 4 marchas. Ele explora no exemplo, um veículo fazendo as trocas de marchas na rotação ideal visando maior eficiência do motor e redução no consumo. A partir daí foi traçado uma hipérbole que simboliza o momento exato de cada troca de marchas, onde está o pico de cada arco. Quando há permanência da mesma marcha após o ponto ideal de troca, o conjugado tende a diminuir, o motor passará para uma rotação elevada, perdendo eficiência e aumentando o consumo. Os tracejados em vermelho indicam o tempo ideal das trocas de marchas e, já que a última marcha é a 4ª, o ponto em vermelho simboliza a rotação máxima com maior custo-benefício.

Em tópico posterior será realizado um comparativo de Torque x Velocidade entre os carros com motores a combustão interna e os Carros Elétricos, dessa forma, foi necessária uma explicação prévia individual para melhorar a compreensão.

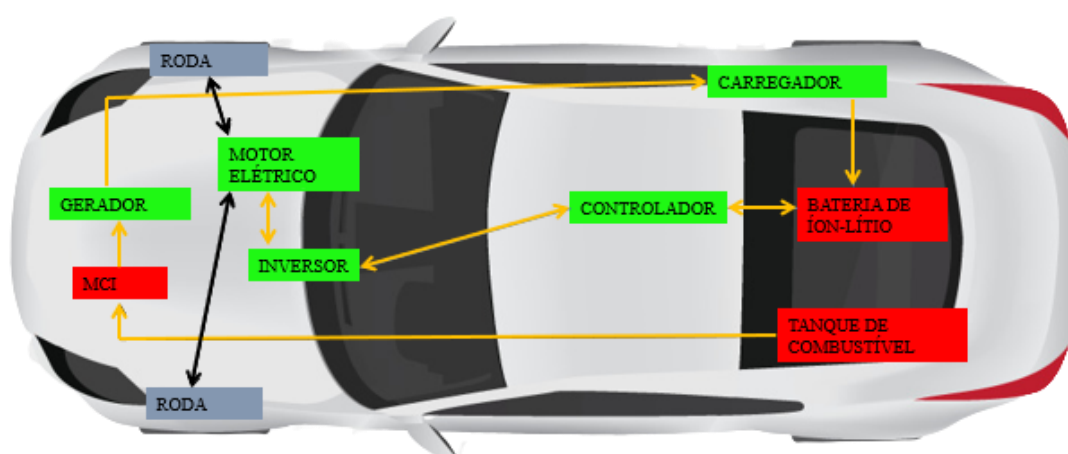
3.2 Carros Híbridos

Os carros híbridos (*Hybrid Electric Vehicle* - HEV) são contemplados com um Motor a Combustão Interna e um ou mais motores elétricos. De acordo com o modelo do carro, os motores podem atuar de três maneiras: A primeira delas está nos carros denominados como Carros Híbridos em Série, onde o motor a combustão possui a função única de recarregar a bateria deixando a tração do veículo exclusivamente para o Motor Elétrico. Outra opção seria a associação do Motor Elétrico com o Motor a Combustão fazendo com que o carro obtenha uma potência maior que se os utilizasse separadamente, esses modelos são chamados Carros

Híbridos em Paralelo; já os Carros Híbridos Mistos têm motores que trabalham independentes um do outro, ou seja, ora utiliza o Motor Elétrico, ora o motor a combustão ou ambos conforme a necessidade. Muitos estudiosos tratam os Mistos e Paralelos como sinônimos por operarem praticamente da mesma forma.

Quando se trata de Carros Híbridos em Série afirmam que este modelo é mais econômico e eficiente, devido ao motor a combustão não fazer parte diretamente da tração do carro e consequentemente, o motor consegue trabalhar no ponto “ótimo”, explicado no tópico anterior. A Figura 8 exibe um diagrama dos Carros Híbridos em Série:

Figura 8 - Esquema dos Carros Híbridos em Série.



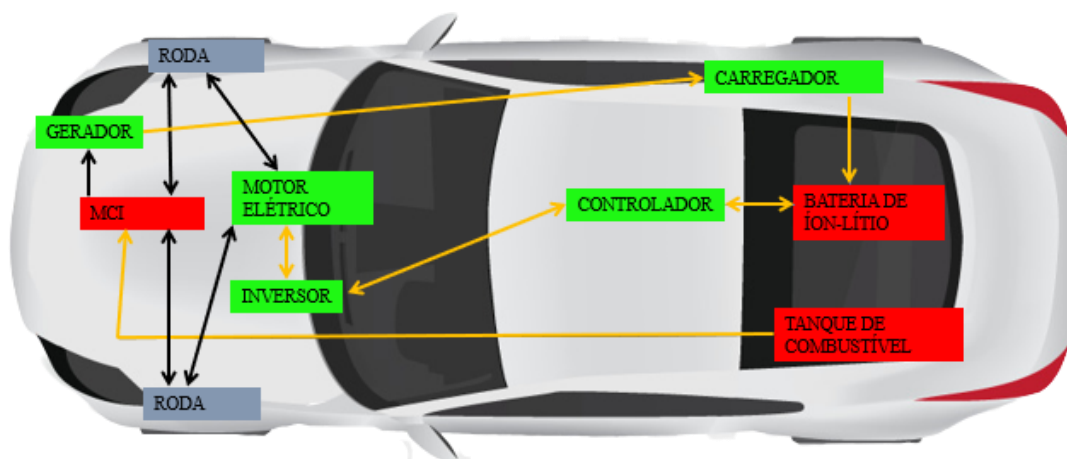
Fonte: Grátispng.

Sobre a configuração dos Carros Híbridos em Série, Samú (2018) corrobora que:

“A grande vantagem desta configuração é que o motor de combustão não está diretamente conectado às rodas. Os motores de combustão interna possuem tipicamente menores faixas de operação em melhor eficiência. Por não estarem acoplados às rodas, não precisam operar por uma longa faixa de rotações, podendo sempre estar na região de mais alta eficiência enquanto carregam a bateria”.

Para os Carros Híbridos Paralelo e Misto, o sistema de controle do carro deve ser mais rebuscado e preciso quando comparado com os Carros Híbridos em Série pois o sistema irá identificar quando utilizar os motores em conjunto ou separadamente. A Figura 9 expõe o diagrama dos Carros Híbridos Paralelos e Mistos:

Figura 9 - Esquema dos Carros Híbridos em Paralelo.



Fonte: Grátispng.

Os Carros Híbridos mais novos contam com mais uma adaptação para deixá-lo mais próximo dos puramente elétricos. Esses tipos de carros, chamados Carros Híbridos plug-in, possuem um sistema de carregamento de bateria somente plugando o veículo numa tomada residencial ou em postos de recarga rápida, sem o auxílio do motor a combustão. Isso faz com que os usuários, na forma do possível, dirijam seus carros o maior tempo possível com a carga das baterias diminuindo o consumo de combustível fóssil.

Apesar da ideia de economia dos Carros Híbridos plug-in (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle* -PHEV), ela não surte efeitos grandiosos porque as baterias dos Carros Híbridos têm menor capacidade quando comparada com os Carros Elétricos, chegando por volta de 40 a 60 km ao passo que os elétricos podem ultrapassar os 300km de autonomia. Nas grandes cidades existem motoristas que rodam mais de 100km ininterrupto por dia. Por essa razão, os motores a combustão ainda que de forma reduzida, sempre será utilizada por esses carros.

As baterias encarregadas de armazenar energia para tração dos carros são fabricadas por células Íons de Lítio na qual o agrupamento em série e paralelo dessas células fará com que a bateria atinja a tensão e a capacidade de armazenamento desejada. As baterias inseridas nos Carros Híbridos são as mesmas dos Carros Elétricos, mas, em quantidade de células reduzidas visto que os Carros Híbridos devem deixar espaço disponível para o motor a combustão e seus auxiliares. Já para o motor a combustão é utilizada a bateria convencional de chumbo-ácido, explicada anteriormente. Maiores detalhes sobre as baterias de Ion de Lítio será discutido no tópico seguinte.

Pela grande utilização do Motor Elétrico na cidade (em arrancada em semáforos, por exemplo), os HEV são mais econômicos nas vias urbanas que nas estradas. Isto se deve ao fato de os Carros Híbridos usarem mais os motores a combustão nas estradas aonde exigem maiores

velocidades e predominar o Motor Elétrico nas cidades em baixas velocidades. A Figura 10 mostra um HEV Plug-in:

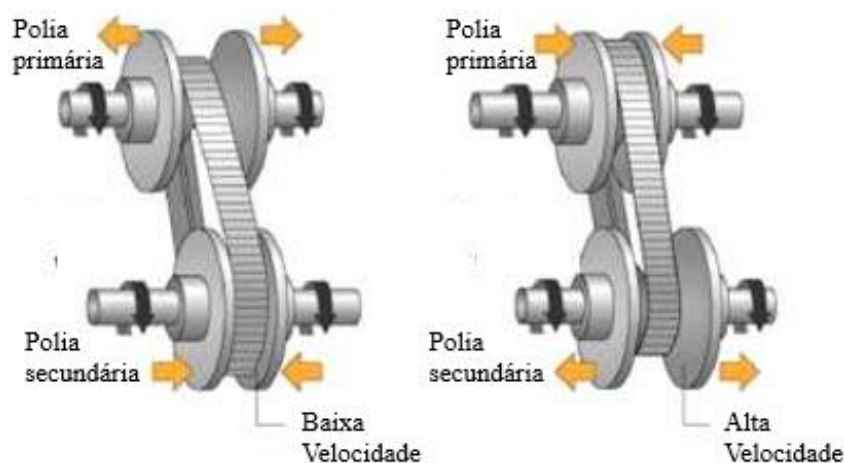
Figura 10 - Golf GTE Híbrido paralelo Plug-in.



Fonte: Car.blog.br.

Muitos Carros, senão todos desta categoria, utilizam um sistema de câmbio CVT (*Continuously Variable Transmission*, em português, Transmissão Continuamente Variável). Trata-se de um câmbio que não possui marchas e seu mecanismo é composto principalmente por duas polias variáveis e uma correia entre elas. Um dos eixos das polias está conectada ao motor do carro e o outro eixo nas rodas, respectivamente, polia motora e polia movida. A Figura 11 mostra um câmbio CVT.

Figura 11 - Câmbio CVT.

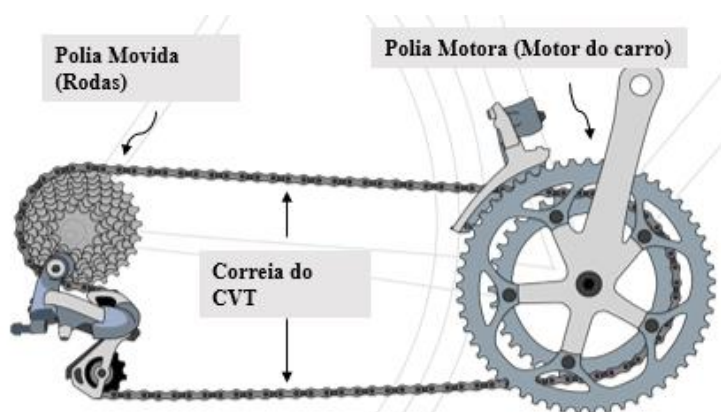


Fonte: Veículos na web, adaptado.

Analogamente, para facilitar o entendimento do câmbio, será posto a seguir o mecanismo de uma bicicleta de marchas, onde o eixo dos pedais representa o eixo acoplado no motor e o eixo da roda traseira da bicicleta referindo-se às rodas do carro, representado na Figura 12 (observe que as nomenclaturas estão inseridas de maneira correspondentes aos câmbios CVTs).

Analisando as polias com um conhecimento empírico e/ou sobre mecânica clássica é observado que se a correia na polia motora passar do diâmetro maior para um menor, o motor do carro gastará menos energia para movimentar as rodas, que por sua vez estará com a polia movida em diâmetro maior. Essa configuração é usada para retirar o veículo da inércia quando este estiver parado. Na medida em que o carro estiver ganhando velocidade, os diâmetros das polias vão invertendo, ao ponto que na velocidade máxima a polia do motor estaria com o diâmetro máximo e a polia das rodas com o menor diâmetro. A grande diferença entre o sistema da bicicleta e o CVT está na alteração do diâmetro, enquanto aquela é de forma discreta este é de forma contínua.

Figura 12 - Transmissão de bicicleta de marchas com analogia de câmbio CVT.



Fonte: Bicicletismo, adaptado.

Apesar do tipo de câmbio ter sido abordado no tópico de Carros Híbridos, ele também é utilizado por alguns MCIs. Além disso, a justificativa de abordagem sobre o câmbio CVT ficará evidente no tópico Carros Elétricos.

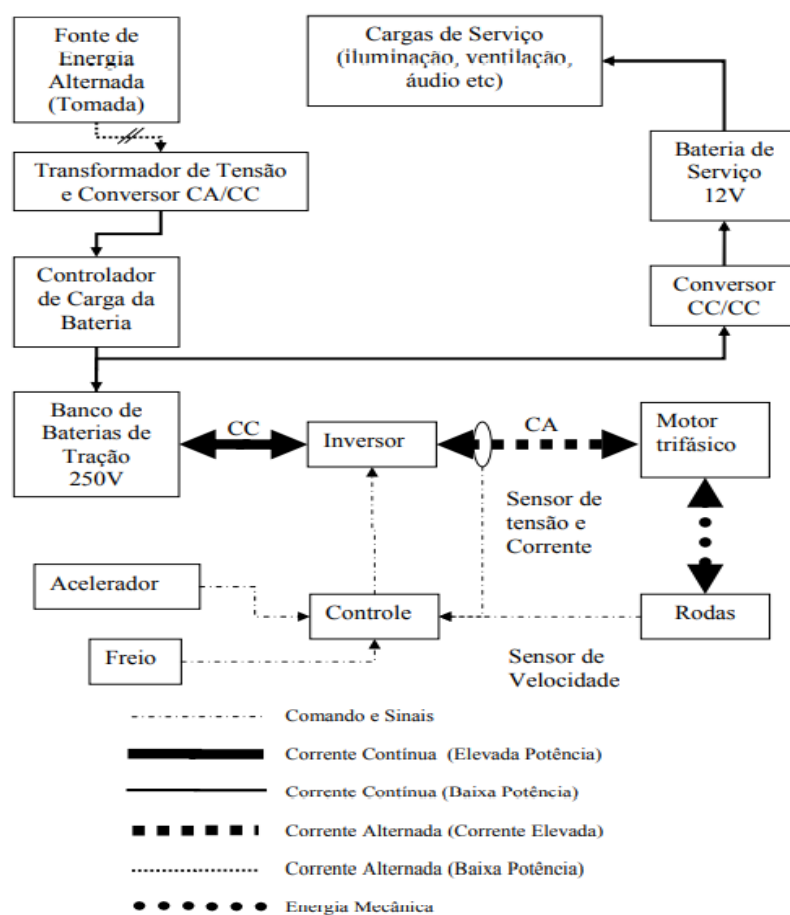
Os Carros Híbridos são considerados por muitos como a opção mais viável atualmente devido a alguns fatores: uma delas está relacionada à economia de combustível quando comparada com os carros puramente com Motores a Combustão Interna; outro fator determinante é a insuficiência de postos de recarga no Brasil fazendo com que os Carros Híbridos se torne mais autônomos que os elétricos e um terceiro aspecto está na preocupação dos usuários com o meio ambiente, pois, embora os Carros Híbridos ainda utilizem os motores a combustão este será usado de forma reduzida comparado com os carros puramente MCI.

3.3 Carros Elétricos

Sem dúvida os motores elétricos fazem parte da vida das pessoas de várias maneiras, sejam para irrigação, automação industrial, para os eletrodomésticos e outros setores. Mas

atualmente eles estão cada vez mais presentes nos carros (puramente elétricos ou híbridos). Embora hoje em dia a tecnologia dos Carros Elétricos esteja praticamente inacessível à grande massa possuidora de carros populares, o trabalho trata acerca de perspectivas futuras na qual a maioria das pessoas terão posse de Carros Elétricos populares. Neste tópico será exposto o diagrama de como funciona os Carros Elétricos, esmiuçando as características principais de cada equipamento, as especificações mais comuns e suas funções nesses carros. Dessa forma, a sequência de passos necessários até a movimentação do veículo elétrico fica mais nítida. O diagrama da Figura 13 elaborado por Barreto (1986), apud Noce (2009, p. 30) facilita a compreensão:

Figura 13 - Esquema dos Carros Elétricos.



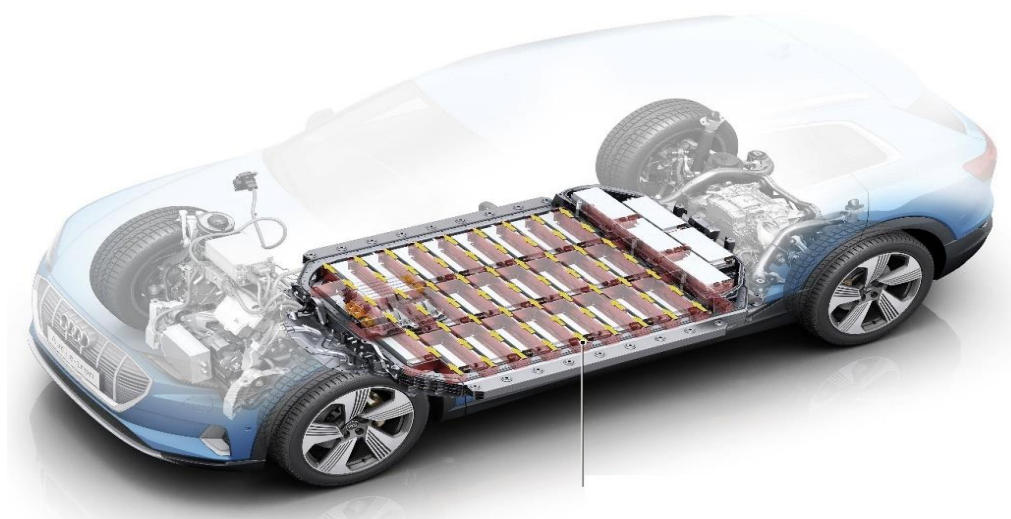
Fonte: NOCE, 2009.

Diante da Figura 13, faz-se valer da necessidade de um alicerce teórico sobre alguns dos blocos do diagrama e logo em seguida, uma explicação sobre o conjunto como um todo. A princípio será estudadas as baterias, seguidamente o controle, conversores, inversor e finalizando com o Motor Elétrico Trifásico.

3.3.1 Baterias dos Carros Elétricos

Em um Carro Elétrico há ao menos duas baterias para funções diferentes. A primeira delas, fabricada de chumbo-ácido, também é usada nos carros populares atuais com a função de alimentar cargas como iluminação interna, lanternas, faróis, sensores, alarme, etc.; podendo ser denominadas baterias de serviço. Já a segunda bateria ou bancos de baterias associadas possuem a capacidade de armazenar a energia que será convertida em energia cinética pelos motores elétricos ulteriormente. Em relação ao preço elevado de aquisição dos Carros Elétricos, o principal motivo está no custo das baterias. Espera-se que no decorrer do tempo, conforme as inovações tecnológicas e incentivos fiscais, o preço deste atributo tão importante se torne mais acessível.

Figura 14 - Carro puramente elétrico com destaque na bateria.



Fonte: Quatro Rodas.

Como apresentado na Figura 14, as baterias dos Carros Elétricos se localizam no assoalho do carro entre o eixo dianteiro e o eixo traseiro, logo, por serem pesadas e próximas do solo, elas garantem uma estabilidade maior que os carros convencionais devido ao centro de gravidade dos Carros Elétricos estarem mais baixo.

Na sua composição química utiliza-se Íon de Lítio e não, chumbo-ácido como nas baterias de serviço. Para finalidade de tração, as baterias de Íon de Lítio possuem características mais apropriadas tais como: um maior número de ciclos de vida, elevada energia específica, capacidade de carregar e descarregar sem a necessidade de atingir as capacidades máximas e mínimas, uma potência muito boa e maior facilidade de descarte ou reciclagem visto que os materiais são quase inofensivos para o meio ambiente, entre outras.

O número de ciclos compreende na quantidade de vezes que uma bateria pode carregar e descarregar, para as baterias de Íon de Lítio esse número está em torno de 1200 ciclos; a partir daí a bateria começa a perder sua capacidade de carga. Quando se fala em energia específica refere-se à quantidade de energia que ela consegue armazenar por unidade de massa (Wh/Kg). Já essa propriedade da bateria de poder oscilar entre carga e descarga constantemente faz com que as tornem viáveis de serem utilizadas na tração dos Carros Elétricos, pois durante o funcionamento dos carros esse comportamento ocorre ininterruptamente, por exemplo, com frenagem regenerativa. Um atributo muito importante que deve ser citado é sobre a potência da bateria, pois esse parâmetro indica a quantidade de energia por unidade de tempo que ela pode receber ou entregar, logo, isso faz muito sentido porque os inversores e motores exigem picos de energia num curto espaço de tempo e os bancos de baterias terão que suprir a demanda.

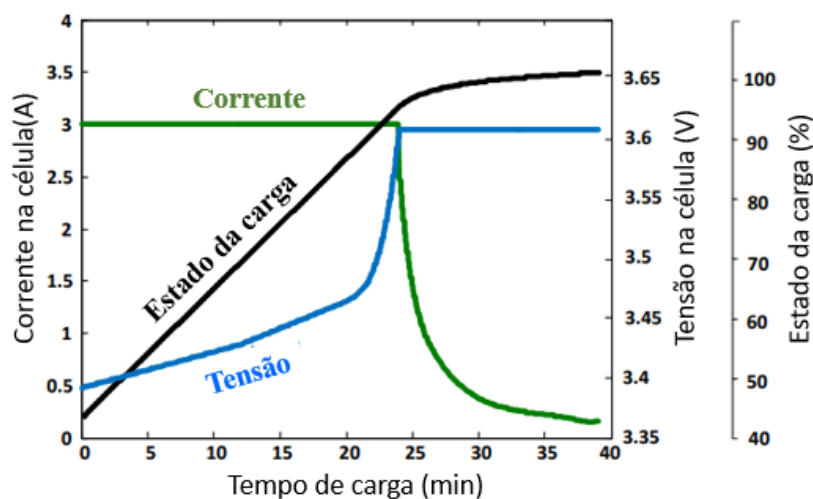
A composição das baterias de Lítio compreende em milhares de células formando o banco de baterias presente no veículo. Cada célula de Íon de Lítio possui uma tensão entre 3 V e 4 V nas quais estão organizadas nas topologias série e paralela conforme a necessidade. Quando estas células são conectadas em série, subteme-se que a tensão do conjunto será maior na medida que as células serão acrescentadas, por outro lado, quando são colocadas em paralelo o propósito é aumentar a capacidade energética das mesmas. É importante salientar que as duas topologias são utilizadas simultaneamente. É de se esperar que um banco de baterias de elevada potência e grande capacidade energética terá uma temperatura muito alta durante o processo de descarga. Diante disso, para sanar o problema os Carros Elétricos possuem um radiador onde é inserido um fluido chamado GLICOL que percorre as canaletas expostas entre conjuntos de células do banco de baterias. É importante deixar claro que as baterias dos elétricos possuem alta tensão, comumente em 400 V, e por essa razão devem ser manuseadas por pessoas qualificadas.

As baterias dos Carros Elétricos atuais podem ser recarregadas tanto nos postos de recarga rápida como na tomada da própria residência. Contudo, a diferença de tempo de recarga é bem distinta entre as duas formas. Nos postos de recarga de alta potência os VE ficam em torno de 30 minutos a 1 hora para completar a carga enquanto nas tomadas residenciais ficam em torno de 8 horas. Os tempos de recarga são bem relativos, pois tudo depende da capacidade de armazenamento e da potência da bateria como também da potência do carregador.

Como já mencionado, cada bateria possui características específicas nas quais devem ser consideradas para não ocasionar um sobreaquecimento durante a recarga e descarga. Para controlar os níveis de tensão e corrente, é utilizado um sistema chamado BMS (do inglês,

Battery Management System) que faz o gerenciamento do banco de baterias. O gráfico da Figura 15 mostra o comportamento da tensão e corrente nas células das baterias durante a recarga.

Figura 15 - Comportamento da Tensão e Corrente na Recarga.



Fonte: KISACIKOGLU (2011), adaptado

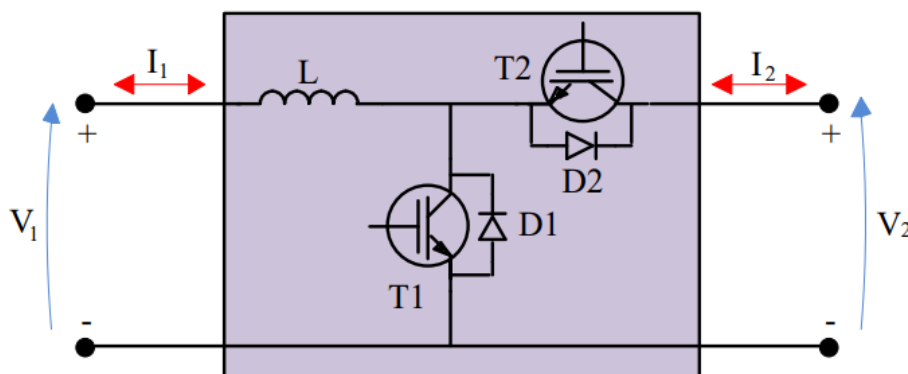
3.3.2 Controle

O Controle exercido sobre os Carros Elétricos garante que todo o sistema interno do veículo funcione corretamente, além disso ele opera arduamente durante a recarga dos carros, evitando qualquer problema relacionado a sobrecorrente e superaquecimento nas baterias. Esta combinação de Hardware e Software atua constantemente com inúmeras partes dos VE, dentre elas, no chaveamento dos conversores e inversores com enorme precisão.

3.3.3 Conversores

Os conversores, como o próprio nome já diz, convertem a tensão CC em CA, CA em CC e/ou CC em CC com elevação ou redução de tensão. Os conversores CA-CC são necessários para viabilizar o armazenamento de energia nas baterias que por sua vez, são de corrente contínua. Já os conversores CC-CC são utilizados para reduzir e aumentar a tensão CC para fins diversos como: armazenar nas baterias de serviço. Há várias topologias que os representam podendo ser isolados ou não isolados.

Figura 16 - Conversor CC-CC Bidirecional.



Fonte: Ferreira (2014).

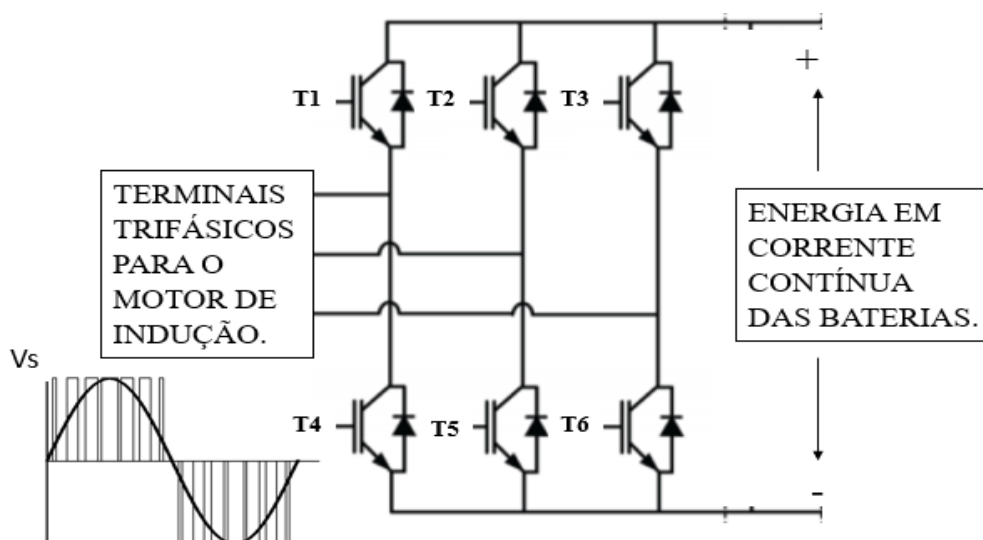
Na Figura 16 mostra a configuração básica de um conversor CC-CC bidirecional não isolado. Constitui-se de um indutor, dois diodos e dois transistores IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor* – Transistor Bipolar de Porta Isolada) que serve como chave abre e fecha controlada por tensão aplicada no terminal *Gate* do transistor. Essa topologia pode elevar a tensão (*Boost*) em um sentido e abaixar a tensão (*Buck*) no sentido contrário. Logo, são denominados *Buck-Boost*.

“Devido à capacidade de mudar o sentido do fluxo de corrente, os conversores bidirecionais tem se tornado uma opção interessante para muitas aplicações, incluindo veículos elétricos e híbridos e sistemas de geração alternativa” (FERREIRA, 2014).

3.3.4 Inversor

O inversor de potência faz o oposto ao conversor CA-CC, dessa forma, sua entrada recebe uma tensão CC e produz em sua saída uma tensão CA. O inversor poderá alterar a amplitude da tensão CA gerando maior potência ao motor e, além disso, controlar a frequência na sua saída. A velocidade no eixo do motor está diretamente relacionada com a tensão e a frequência nos seus terminais. O caminho contrário também é possível; os inversores possuem a propriedade de receberem a energia vinda do Motor Elétrico quando este estiver fazendo a função de gerador durante uma frenagem regenerativa. Assim, a energia passa pelo inversor e chega na bateria com tensão CC, consequentemente melhorando a autonomia.

Figura 17 - Inversor bidirecional de frequência.



Fonte: Kashima, (2018), adaptado.

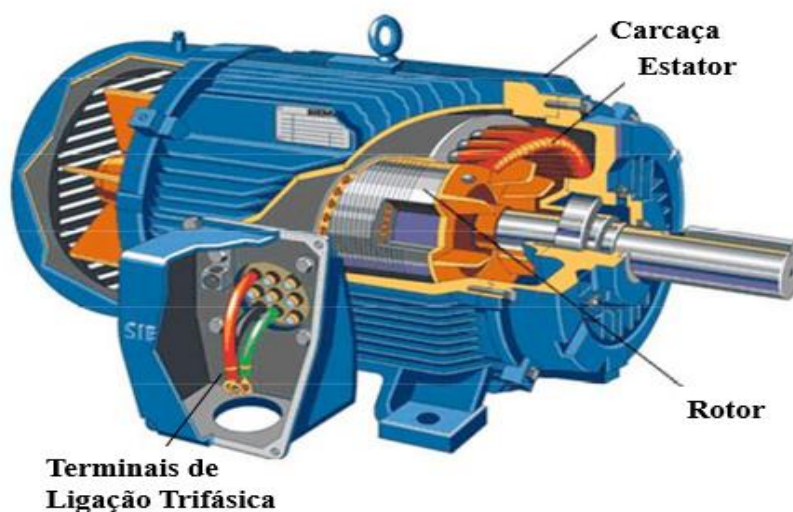
A Figura 17 mostra um esquema eletrônico dos inversores, sendo que na entrada (polaridade das baterias) destina-se às baterias e na saída o Motor Trifásico já em tensão alternada. Para gerar uma tensão alternada são utilizados 6 IGBTs que sevem basicamente como chaves liga-desliga controlados de tal maneira que seja capaz de gerar um sinal digital com pulsos de diversas larguras que posteriormente é transformada em tensão alternada. O controle é realizado através dos 6 terminais (T1 a T6).

Como mostrado, para a inversão em tensão alternada aplica-se a modulação por largura de pulso (*Pulse Width Modulation* – PWM). Esse método consiste em estabelecer um nível de tensão conforme a largura do pulso no sinal digital. A lógica dessa conversão está na largura do pulso que está diretamente proporcional ao valor da tensão, isto é, quanto maior a largura do pulso maior será a tensão naquela fração de tempo.

3.3.5 Motor Elétrico de Indução

O Motor Elétrico de corrente alternada (CA) Trifásico, necessita a presença de um inversor visto que a energia fornecida ao motor vem de uma tensão CC das baterias. A velocidade do motor é alterada diretamente proporcional a frequência da entrada do motor. Já a inversão da rotação pode ser feita alterando a polaridade de duas fases.

Figura 18 - Motor de Indução Trifásico



Fonte: TEIXEIRA (2009), adaptado.

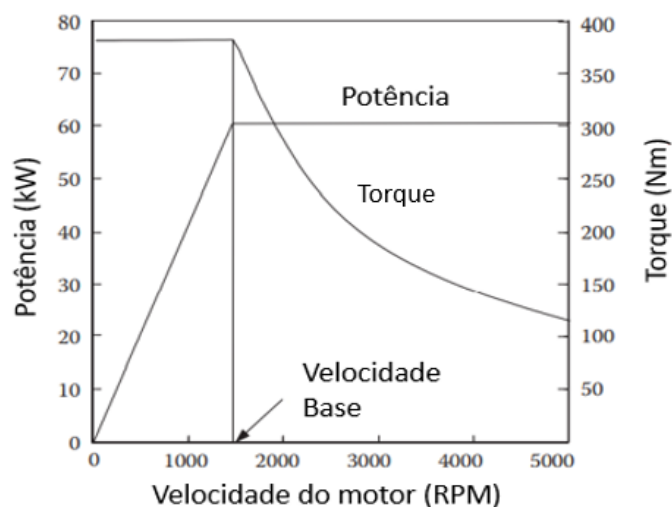
A Figura 18 representa um Motor de Indução Trifásico com as partes principais identificadas. O Estator mostrado consiste nos enrolamentos trifásicos do motor que faz interação com o rotor (parte móvel conectada ao eixo). É visto também os terminais trifásicos que são acoplados no inversor de frequência dos carros.

Por fim, o esquema geral dos Carros Elétricos apresentado na Figura 13, inicia na rede externa que recarrega o banco de baterias de Íon de Lítio, intermediado por um conversor. Uma vez carregado, o banco de baterias está apto para fornecer energia para o Motor de Indução Trifásico que, por seu turno, está conectado por engrenagens diretamente no eixo das rodas, cujo os parâmetros de rotação, potência e inversão de rotação, são controlados por um inversor de frequência. O inversor de frequência recebe o sinal dos controladores, integração de hardware e software, que por sua vez são acionados nos pedais de freio e acelerador do carro.

3.3.6 Rendimento dos Carros Elétricos

Ao contrário dos carros a combustão, os elétricos não possuem um câmbio de marchas isso porque eles disponibilizam todo o torque já nas rotações iniciais, assim, eles não precisam atingir uma faixa de RPM para oferecer máximo poder de arranque. Além disso, o torque permanece constante até atingir uma rotação base onde será reduzido gradativamente na medida que o veículo ganha velocidade. A Figura 19 mostra um gráfico com o comportamento do torque e potência dos VE.

Figura 19 - Gráfico de rendimento dos Carros Elétricos.



Fonte: Ehsani (2005), adaptado.

Ehsani (2005) declara que: “Na região de baixa velocidade (menor que a velocidade base), o motor tem um torque constante. Na região de alta velocidade (maior que a velocidade base), o motor tem uma potência constante”.

3.3.7 Câmbio CVT para elétricos

Foi visto que os motores elétricos possuem torque instantâneo e elevado surpreendendo seus usuários, mas quando falamos em velocidade, esses motores não têm um desempenho muito satisfatório e quando possuem a capacidade de atingir velocidades maiores, há uma diminuição muito rápida da energia das baterias, conseqüentemente reduzindo a autonomia ou necessitando de mais baterias.

Pensando nisso, as corporações estão constantemente projetando tecnologias tanto para aumentar o desempenho como aumentar a autonomia. A Bosch, empresa de tecnologias que está apostando na mobilidade elétrica, é um exemplo de como as companhias do ramo estão atuando no setor. A Bosch visando melhorar os Carros Elétricos desenvolveu um câmbio CVT para Carros Elétricos denominado CVT4EV, mostrado na Figura 20, fazendo com que os carros possam melhorar ainda mais o torque inicial e atingir velocidades mais altas com a rotação do motor baixa.

Figura 20 - Câmbio CVT4EV da Bosch para Carros Elétricos.



Fonte: Bosch.

“Os sistemas de transmissão por CVT já são utilizados por diversos carros movidos com motores a combustão, visando maior conforto e economia a seus condutores, o mesmo benefício é esperado para os motores elétricos, com uma otimização do sistema de tração é possível um aumento significativo na autonomia e vida útil das baterias e demais componentes visto que por teoria uma menor corrente estaria fluindo em todo sistema” (PARAPINSKI, 2019).

4. CARROS ELÉTRICOS X CARROS A COMBUSTÃO INTERNA

Esse tópico abordará as diferenças entre os Carros Elétricos e os Carros a Combustão Interna, conseqüentemente, serão estudadas as vantagens e desvantagens mediante gráficos, conceitos, dados percentuais e temporais.

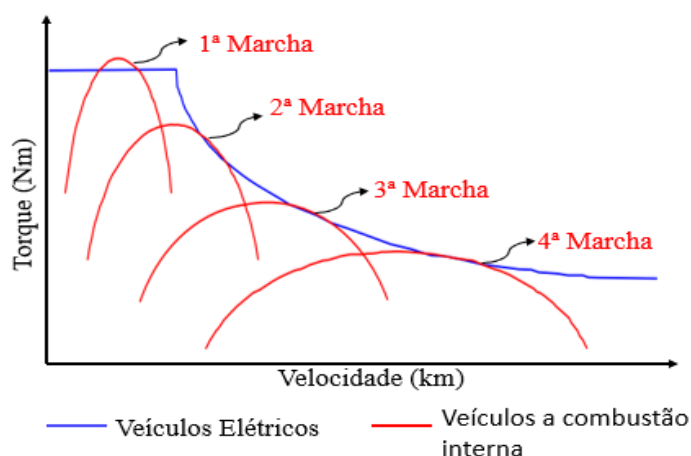
Portanto, diante de tais ferramentas o trabalho irá mostrar alguns dados relevantes sobre ambos os tipos de carros como: potência, custo-benefício, interesses, valor de venda, impostos incididos, usabilidade, etc. Os motores híbridos não será o foco principal por caracterizar uma tecnologia de transição, tanto é que não se houve falar em *Startups* para Carros Híbridos, deixando apenas para os antigos fabricantes de automóveis a combustão.

Como se sabe, apesar dos Carros Elétricos terem sido inventados a muito tempo, sua viabilidade de utilização vem tomando forma há cerca de 10 anos. Em contrapartida, o motor a combustão já está consolidado no mundo visto que seus anos de existência no mercado é muito maior que os Carros Elétricos.

4.1 Rendimento

Quando o assunto é motores, os dois possuem capacidade de torque satisfatório, contudo, os elétricos possuem uma boa vantagem porque entrega todo o torque disponível logo nas primeiras rotações sem a necessidade de caixa de marchas, ou seja, o motor é conectado diretamente no eixo das rodas; enquanto os carros com MCI necessitam da caixa de marchas ou um câmbio CVT para obter um bom desempenho. Como foi falado anteriormente, já possuem estudos para utilização desses câmbios CVT nos elétricos deixando-os ainda mais econômicos e potentes. O gráfico Torque x Velocidade da Figura 21 mostra uma comparação entre os Carros a combustão e Carros Elétricos.

Figura 21 - Torque x Velocidade dos Veículos elétricos e Veículos a combustão interna.



Fonte: Autoria Própria

4.2 Consumo

Para o comparativo de consumo o trabalho confronta dados da ficha técnica de dois carros, sendo um com Motor a Combustão Interna e outro com Motor Elétrico, conforme a Tabela 1. Ao fim, baseado nos valores atuais do combustível usado e da energia elétrica (kWh), será mostrada a diferença de custo no consumo entre os dois tipos de carros. Os carros escolhidos foram o Volkswagen T-Cross Highline 250 TSI e o JAC iEV60 da JACMOTORS, pois os dois possuem a mesma potência de 150 CV ocasionando uma melhor experiência no resultado.

Tabela 1 - Comparativo de consumo dos Carros Elétricos e Carros a Combustão Interna.

Veículo com Motor a Combustão Interna		Veículo com Motor Elétrico	
Marca:	Volkswagen	Marca:	JAC MOTORS
Modelo:	T-Cross Highline 250 TSI	Modelo:	JAC iEV60
Potência:	150 cv	Potência:	150 cv
Combustível:	Flex (álcool/gasolina)	Combustível:	Energia Elétrica
Consumo (com gasolina):	7,58litros/100km	Consumo:	16,58kWh/100km
Preço atual do combustível (R\$/l):	R\$ 5,515/l	Preço atual do combustível (kWh):	R\$ 0,59/kWh
Custo total de operação em 100km	R\$ 41,80	Custo total de operação em 100km	R\$ 9,78

Fonte: Autoria Própria

Antes de relatar as conclusões da Tabela 1, vale dizer que os valores práticos podem sofrer pequenas discordâncias devido a algumas considerações dispostas a seguir: o preço atual da gasolina e do kWh foi extraído dos valores médios disponíveis na ANP e ANEEL, respectivamente; o consumo de ambos os carros foram considerados as melhores médias, para o T-Cross, o dado foi retirado do Inmetro (2020) e o elétrico JAC iEV60 no site do fabricante.

De acordo com os resultados, o elétrico iEV60 foi mais de 4 vezes mais econômico que o T-Cross com MCI para a mesma distância de 100km. Essa vantagem pode ser ainda maior quando o condutor dirige no trânsito, pois a média do veículo com MCI referida na tabela é

para uso em rodovias onde o consumo é menor. Além disso, a cidade que possui o valor do kWh abaixo da média nacional é beneficiada com os elétricos visto que os combustíveis fósseis estão subindo os preços constantemente.

Fora o custo de operação dos dois tipos de carros, há outros custos periódicos que vez ou outra precisam ser desembolsados pelos proprietários, trata-se das manutenções preventivas e/ou corretivas. A respeito disso, a manutenção corretiva dos elétricos também possui vantagens comparado aos carros com MCI devido a quantidade inferior de peças presentes nos elétricos, ou seja, lógica é: já que os elétricos têm menos peças mecânicas, a probabilidade de que alguma delas sejam danificadas é menor que nos carros com MCI.

Por outro ponto de vista, os elétricos têm menos peças em atrito que os carros a combustão, por isto, são menos suscetíveis de danos mecânicos. No que tange a manutenção preventiva, os elétricos também podem ser muito mais econômicos porque a quantidade de produtos substituídos nas revisões é menor que nos carros a combustão.

4.3 Outras Comparações

Em relação a estabilidade, os Carros Elétricos são líderes devido a localização de seu banco de baterias no assoalho do carro, muito próximo ao chão. Por elas serem muito pesadas, isso faz com que esses carros tenha o centro de gravidade muito abaixo que os carros com MCI.

A par das inúmeras vantagens do Carro Elétrico, como também com as notícias sobre a poluição do ar e provável escassez do petróleo, os grandes empreendedores uniram o desejo de faturar com a necessidade mundial de melhorias no meio ambiente e lançaram-se no mercado com produtos promissores que minimizam a agressão ambiental. Por outro lado, as pessoas interessadas em pagar um combustível mais barato e usar uma nova tecnologia não poluente, demonstram muito interesse nos VE.

Diante do que foi exposto induz-se que os Carros Elétricos só possuem vantagens contraposto aos com MCI, porém, a realidade é diferente. Embora as desvantagens possam ser momentâneas, elas são o entrave impeditivo de impulsionar as vendas dos Elétricos. O maior dos obstáculos é o custo de produção que deixa esses carros muito mais caros que os carros de mesma potência equipados com Motor a Combustão Interna. A mão de obra para manutenção também é carente devido a necessidade de capacitação específica.

Entretanto, o preço dos Carros Elétricos se dá não só pelo custo de fabricação, senão, dos impostos incididos nessa categoria. Sobre esse assunto, o vice-presidente de veículos leves da ABVE, SUGAHARA (2021) relata que: “quase a metade dos veículos a combustão paga 7%

de IPI, enquanto a maioria dos eletrificados paga em média 11%, ou mais, mesmo sendo muito mais eficientes e menos poluentes”.

Com isso, é visto que as decisões fiscais do Brasil andam na contramão dos Carros Elétricos porque o Imposto de Produtos Industrializados (IPI) nem se quer é compatível com os incididos nos Carros a Combustão Interna, e sim, maiores. A ABVE (2021) afirma que: “A ABVE compreende a atual situação fiscal do país e não pede isenção de impostos, mas defende a isonomia tributária, em benefício das tecnologias de transporte de baixa emissão de carbono”.

5. A PARTICIPAÇÃO DOS CARROS ELÉTRICOS NO CENÁRIO ATUAL

Os dados apontam um forte crescimento nas vendas de Carros Elétricos no Brasil e no mundo. Esse aumento pode significar várias concepções como: a preocupação das pessoas com o meio ambiente, a busca por melhores custos-benefícios, a interesse em experimentar novas tecnologias, etc.; ou até mesmo a combinação de todas as concepções juntas.

De acordo com a Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE):

“As vendas de veículos eletrificados no Brasil bateram novo recorde em 2020, com aumento de 66,5% nos emplacamentos em relação a 2019. O mercado pulou de 11.858 unidades em 2019 para 19.745 em 2020. Só em dezembro foram 1.949 veículos vendidos. Foi o melhor ano da série histórica da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), iniciada em 2012. Pela primeira vez também o mercado de eletrificados chegou a 1% do mercado total de veículos no Brasil”.

Salientando que o 1% exposto acima está relacionado ao total de emplacamentos feitos no ano de 2020, em outras palavras, 1% do total de veículos emplacados no ano de 2020 foram Carros Elétricos ou Carros Híbridos. É notório diante da informação que os brasileiros estão aderindo cada vez mais aos Carros Elétricos e por coincidência ou não, esses novos veículos (favorável ao meio ambiente) bateu um recorde de vendas em 2020 ao passo que o percentual de vendas de veículos novos caiu em 28,57%.

A Figura 22 mostra a quantidade de Carros Elétricos e Carros Híbridos no Brasil desde o ano de 2012. Nota-se que no ano de 2020 a quantidade de emplacamentos quase dobrou em relação a soma dos emplacamentos dos anos anteriores. É observado também que as vendas dos meses de abril e maio de 2020 (início da pandemia de Covid19) foram muito menores comparados com outros meses do mesmo ano.

Figura 22 - Emplacamentos de Carros Elétricos e Carros Híbridos

Vendas/emplacamentos de veículos elétricos (VEs) no Brasil													
2012 a dezembro 2020													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total Ano
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	65	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	61	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	74	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	48	59	79	93	159	202	1091
2017	178	157	227	176	208	238	268	627	384	243	240	350	3296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3970
2019	370	287	336	290	357	716	960	867	1264	1989	2013	2409	11858
2020	1568	2053	1570	442	601	1334	1668	1943	2113	2273	2231	1949	19745
TOTAL													42269

Fonte: ABVE (2021)

A Federação Nacional de Distribuição de Veículos Automotores (FENABRAVE) afirma que:

“As vendas de automóveis caíram 28,57% em 2020. Essa retração foi causada não apenas pela interrupção nas vendas, como consequência do COVID-19, mas pela diminuição da produção em função de falta de peças e partes nas montadoras. A recuperação ocorrida após o mês de maio não foi suficiente para reverter o movimento. Constatamos o forte impacto ocorrido nas vendas, nos meses de abril e maio, em função da chegada da pandemia ao Brasil, e a recuperação ocorrida a partir de então”.

5.1 Startups

O surgimento de *Startups* no campo da mobilidade elétrica está cada vez mais comum visto que as pessoas estão procurando a independência perante o petróleo, cujo os seus derivados estão chegando as bombas de combustível com preços absurdos não condizendo com a renda de muitas pessoas. Essa gama de *Startups* produz um impacto positivo para os consumidores visto que a concorrência entre elas faz com que os preços de seus produtos fiquem mais acessíveis para as pessoas. Seguindo esse viés dos preços, vale destacar que quase a metade do valor dos Carros Elétricos concentra-se nas baterias. É esperado que as melhorias nas baterias atuais, o surgimento de novos tipos baterias e a concorrência das *Startups* diminuirá o valor de aquisição.

Embora as muitas pessoas associam fabricantes de Carros Elétricos apenas à Tesla, existem também outras *Startups* espalhadas no mundo inteiro. Alguns exemplos são as

americanas *Faraday Future*, *Lucid Motors*, *Rivian* e *Fisker*; a chinesa *Nio*, a britânica *Arrival* e as representantes brasileiras *Hitech Electric*, *eION* e *Movi Electric*. Além das empresas exclusivas do segmento, há interesse das marcas pré-existentes de Carros a Combustão Interna em fabricar seus modelos híbridos ou puramente elétricos. Muitas montadoras já possuem esses Carros Elétricos no seu portfólio, a exemplo: a Chevrolet com o modelo Bolt elétrico; a Toyota com o Prius, Corolla Cross e Corolla Altis Hybrid, ambos são Carros Híbridos; A JAC Motors com a pick-up elétrica IEV330P, entre outras. A Figura 23 mostra a Pick-up IEV330P elétrica da JAC MOTORS e o Toyota híbrido Corolla Cross Híbrid.

Figura 23 - Na esquerda: Pick-up IEV330P; na direita: Corolla Cross Híbrid.

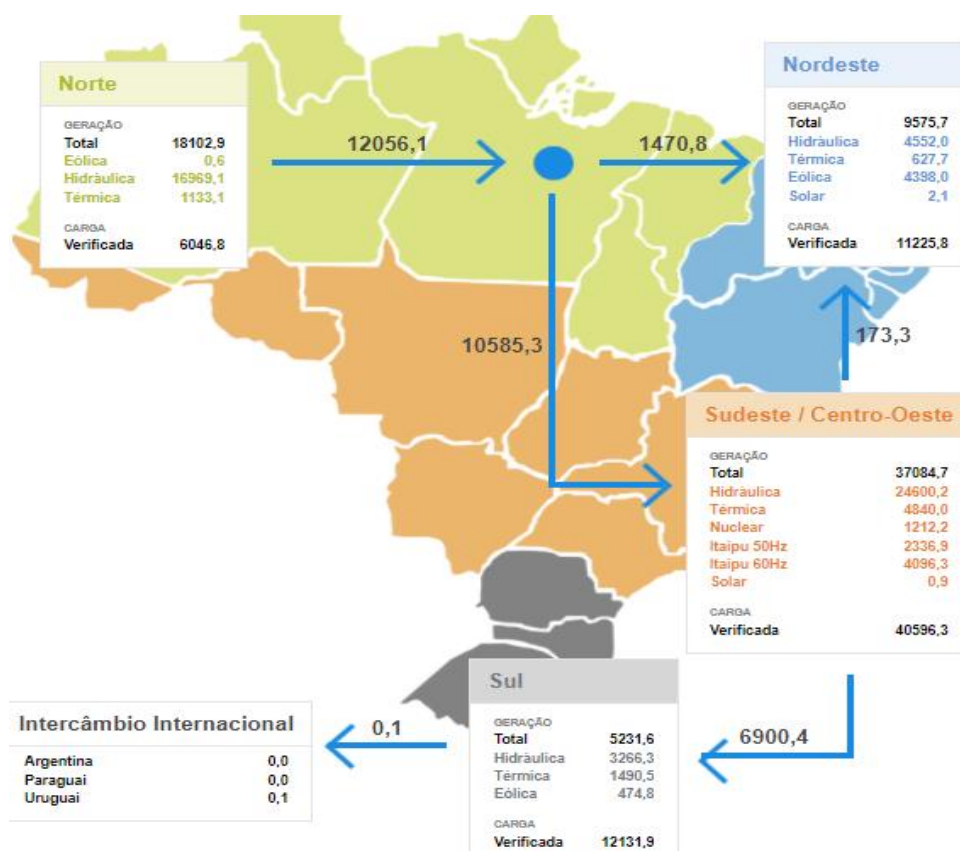


Fonte: Quatro Rodas.

6. MATRIZ DE ENERGIA ELÉTRICA E ESTAÇÕES DE RECARGA

Um ponto crucial a ser debatido é se há viabilidade ou não de uma grande quantidade de Carros Elétricos usufruírem da energia elétrica brasileira sem que isto afete aos outros setores, causando uma espécie de escassez energética, e por consequência, um aumento nas tarifas. Incluso a este estudo é discutido nesse tópico os planos de criação das estações de recargas, bem como as fontes energia provenientes para abastecer os Carros Elétricos.

Figura 24 - Balanço Energético Brasileiro



Fonte: ONS

A matriz de energia elétrica brasileira atua com todas as fontes geradoras interligadas resultando numa troca de energia elétrica constante em todo o território nacional, por exemplo, a energia gerada por uma hidrelétrica no Nordeste pode ser utilizada por estados do Sul e vice-versa. As diversas fontes brasileiras, sejam elas Eólica, Hidráulica, Solar, Nuclear ou Térmicas são todas interligadas numa só malha de sistemas de transmissão. Além disso, a energia elétrica brasileira pode exportar o excedente ou importar o que falta para suprir a demanda. Essas trocas de energia elétrica ocorrem com o Paraguai, Uruguai e Argentina. A Figura 24 mostra o balanço energético do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) que monitora em tempo real as taxas de energia elétrica em Megawatts (MW) entre as regiões.

No momento da consulta uma pequena parcela da potência está sendo exportada para o Uruguai, mas não é sempre que isso acontece. Nos últimos anos o Brasil consumiu mais do que produziu nas fontes em operação necessitando recorrer a importação de energia dos países vizinhos. Uma alternativa para que isso não aconteça seria utilizar mais as termelétricas, porém, o custo dessa energia é muito alto, e consequentemente, pesaria no bolso dos brasileiros. Sendo assim, importar energia se torna mais barato.

De acordo com os dados de intercâmbio de energia da ONS, a importação de energia elétrica em 2018 foi de 1135 GWh, em 2019 foi 652,9 GWh e em 2020 superou a soma dos dois anos anteriores com 2627,6 GWh. Com isso, foi verificado que a matriz de energia elétrica brasileira trabalha sem folgas para suprir a demanda, dessa forma, a adição de cargas no país sem o incremento de novas fontes geradoras poderá causar grandes problemas. Logo, a instalação de grande quantidade de Carros Elétricos para o Brasil exige planejamento por parte do governo para aumentar a estrutura do país.

A Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) estima que haverá um crescimento de 300% a 500% nos Veículos Elétricos a partir de 2020 em que a quantidade era de 16mil unidades no país. Com isso, por volta de 2025 o Brasil teria na faixa de 80mil desses veículos. Para se ter uma ideia da rapidez na evolução, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) estimou no 12º Congresso Nacional de Bioenergia que em 2030 serão aproximadamente 180mil licenciamentos por ano.

Baseado nisso, dá pra ter uma noção da quantidade de Carros Elétricos nos próximos 20 anos como também, estimar a energia anual necessária para o abastecimento. Até 2040 o Brasil poderá ter mais de 1.800.000 Carros Híbridos e elétricos com as mais variadas potências e capacidade de energia demandando eletricidade. Se essa fosse a quantidade de hoje já representaria pelo menos 3% dos automóveis brasileiros, mesmo parecendo pouco, é um número satisfatório diante os obstáculos enfrentados. Vendo por outro ponto de vista, os Carros Elétricos entrarão no mercado na medida em que os Carros a combustão vão se extinguindo, fazendo com que esse percentual seja um pouco maior.

Como base de cálculo, será utilizado as especificações técnicas do Chevrolet Bolt, carro já fabricado no Brasil, como um fator comum para mensurar a quantidade de energia consumida dos prováveis 1.800.000 carros em 2040. O Bolt foi escolhido por ser um carro mediano em termos de potência, consumo e autonomia; possuindo uma potência de 203 cv, um consumo de 66 kWh por carga e autonomia de 416 km segundo o fabricante.

Inicialmente, precisa-se ter conhecimento da quantidade média de quilômetros por veículo ao ano e calcular em seguida a quantidade de recargas por ano baseado na autonomia.

Acerca disso, a *Kelly Blue Book – KBB* (2019) através de uma pesquisa realizada por ela constatou que: “o brasileiro roda, em média, 12.900 km com seu carro por ano”. Com isso, pode-se dizer que numa autonomia de 416 km o veículo deve ser recarregado pelo menos 31 vezes por ano resultando no consumo de 2046 kWh por ano para um único carro. Quando esse número é multiplicado pelos 1.800.000 possíveis para 2040, o consumo passa a ser de 3.682,8 GWh. Para ter ideia da dimensão, a demanda de energia desses carros foi maior que o consumo do estado do Piauí em 2019, como também equivale a 63,61% do consumo do estado do Rio Grande do Norte no mesmo ano. Simplificando o equacionamento têm-se as equações 1,2 e 3.

$$\frac{12900 \text{ km}}{416 \text{ km}} = 31 \text{ recargas anuais} \quad (1)$$

$$31 \cdot 66 \text{ kWh} = 2046 \text{ kWh anuais/carro} \quad (2)$$

$$2046 \text{ kWh} \cdot 1.800.000 = \mathbf{3682,8 \text{ GWh/ano}} \quad (3)$$

Antes mesmo da concretização desses resultados, o Brasil deverá adotar medidas para suporte a este meio de transporte em ascensão buscando alternativas que viabilizem a locomoção dos VE sem prejudicar o país. Afinal, a mobilidade elétrica se encontra efetivamente incluída nos planos de países como Noruega que elaborou uma política pública visando abolir o uso de veículos a combustão interna até 2025 com isenção de impostos e algumas regalias para aqueles que adquirirem “veículos verdes”.

No Brasil, muitas empresas estão investindo em “corredores verdes” que consistem na disponibilização de carregadores ao longo de BRs que ligam grandes capitais para facilitar o trajeto dos proprietários de Carros Elétricos fora das cidades outras investem em estruturas dentro de locais como *shopping center*, hotéis e restaurantes. A Audi afirmou que: “para o futuro, a Audi firmou um compromisso de ser uma empresa 100% neutra em emissão de carbono até 2050. Além dos veículos, a Audi também anunciou investimento de R\$ 10 milhões em infraestrutura de recarga de veículos elétricos”.

“O primeiro corredor de mobilidade elétrica do Nordeste está sendo desenvolvido pela Neoenergia e será o maior do Brasil quando concluído, no final do primeiro semestre de 2021. Irá conectar as capitais Salvador (BA) e Natal (RN), passando pelas cidades de Aracaju (SE), Maceió (AL), Recife (PE) e João Pessoa (PB). O Corredor Verde é resultado de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). O projeto terá mais de 1.100 quilômetros de extensão e uma estrutura que contará com 18 pontos de abastecimento ao longo das vias que ligam os estados e em áreas urbanas” (NEOENERGIA, 2020).

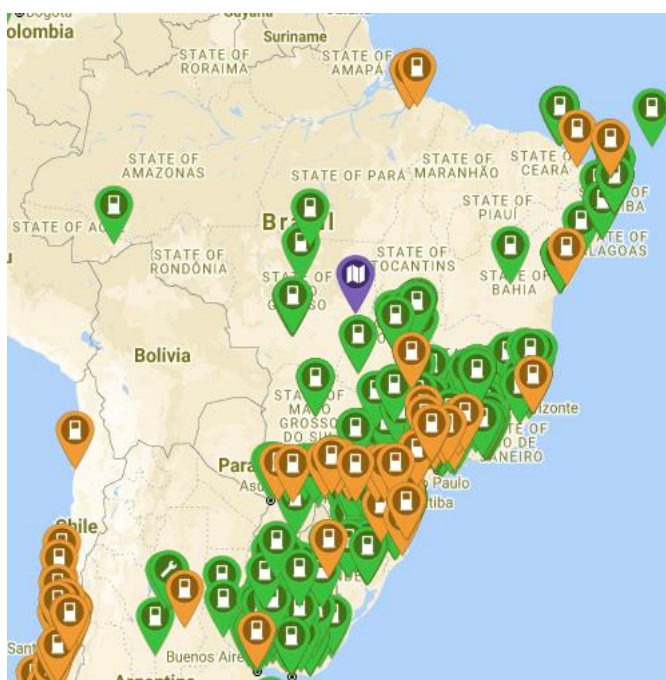
Essa regulamentação apontada pela Neoenergia consiste na resolução normativa 819/2018 da Aneel muito esperada pelos empreendedores do ramo. Ela expõe as diretrizes que devem ser contempladas pelos interessados em investir no mercado de mobilidade elétrica com

o objetivo maior de proteção do setor energético brasileiro. Na resolução enfatiza também que os postos de recargas não poderão utilizar de sistema compensatório, ou seja, injetar a energia dos Carros Elétricos na rede.

O Brasil possui atualmente uma quantidade ainda tímida de postos de recargas, totalizando cerca de 584 distribuídas pelas regiões enquanto os postos de gasolina ultrapassam mais de 40 mil unidades. Espera-se que a quantidade de postos crescerá à medida que os VE forem se popularizando, fazendo com que a oferta de postos de recargas seja maior ou igual a demanda dos veículos.

A Figura 25 mostra a distribuição atual dos postos de recargas no território nacional. Percebe-se que há maior concentração na região sul e sudeste, como também há alguns no litoral do nordeste e outros poucos espalhados pelo Brasil, contudo, o que chama a atenção no mapa é a localização de posto de recarga no oceano próximo ao litoral nordestino. Lá está localizado o arquipélago de Fernando de Noronha onde hoje já possui dois postos de recargas.

Figura 25 - Distribuição de Postos de Recargas no Brasil.



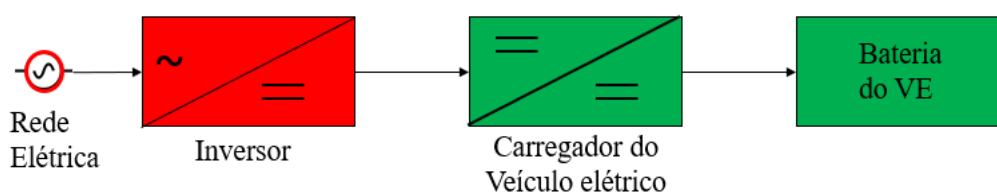
Fonte: PlugShare.com

Os postos de recargas possuem alguns tipos de estruturas e conexões elétricas distintas entre si nas quais podem ser denominados postos de cargas rápidas ou cargas semirrápidas, utilizando ou não fontes fotovoltaicas para a geração de eletricidade. Além disso, existem também os sistemas de recargas lentas que por sua vez são instalados nas redes residenciais. Enquanto os sistemas de recargas lenta podem ultrapassar às 7 horas recarregando, os postos de recargas que possuem recargas rápidas e semirrápidas podem concluir a tarefa a partir de

30min. A diferença básica entre as recargas rápidas e semirrápidas, está na forma como a energia está sendo transmitida para o veículo. Nas recargas semirrápidas a energia vem em corrente alternada e ocorre a conversão em contínua no conversor dentro do veículo; já as recargas rápidas a tensão contínua sai direto do carregador do posto de recarga para o veículo, que apenas gerencia a energia transmitida através do BMS.

Visto isso, é válido definir as estruturas comuns de postos de recargas e salientar que os Carros Elétricos possuem a capacidade de interagir-se com os postos para que haja comunicação e assim evitem que recebam uma corrente superior à dimensionada.

Figura 26 - Esquema de Posto de Recarga ligado à rede.

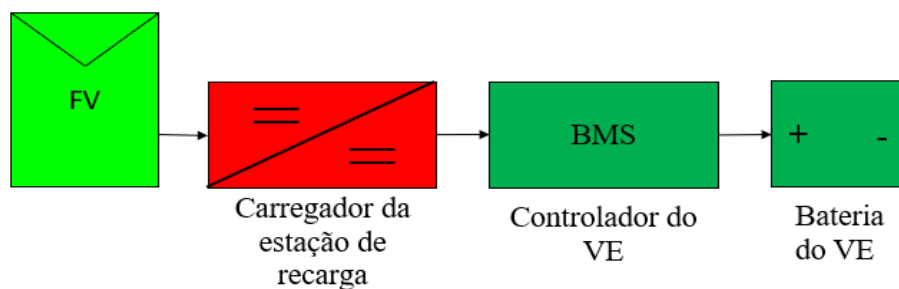


Fonte: Vargas, et. al (2020), adaptado.

A Figura 26 mostra o diagrama de um posto de recarga sem a utilização de células fotovoltaicas requisitando à rede elétrica para o fornecimento da energia. A energia sai da rede e entra no inversor bidirecional que faz a função de retificador, entregando ao carregador do veículo a energia em corrente contínua para recarregar a bateria. Como há uma comunicação, o carregador do veículo somente deixa passar a corrente necessária, assim como o inversor só envia o solicitado pelo veículo. A desvantagem consiste numa possível queda de tensão na rede. Entretanto, para um mesmo posto de recarga, os tempos de carregamento serão diferentes para carros diferentes pois cada bateria possui sua capacidade máxima de energia e potência de recebimento distintas umas das outras.

Outra topologia embarcada nos postos de recargas baseia-se nos chamados Carports que são estacionamentos cujo o teto é feito com placas solares onde o veículo é carregado diretamente da energia gerada por elas, mas, podem ser inviáveis em alguns casos porque possuem dependência de condições climáticas e horários do dia para recarregar o veículo. A recarga é feita diretamente em corrente contínua. A Figura 27 mostra o esquema desses postos de recargas.

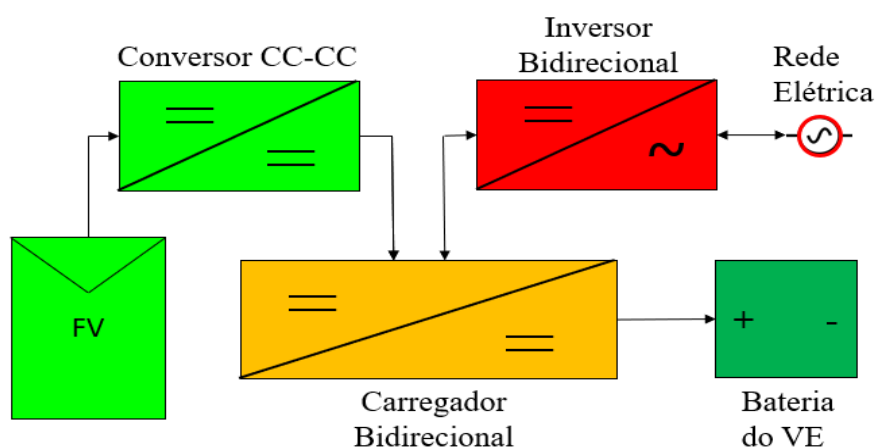
Figura 27 - Esquema de posto de recarga com geração fotovoltaica



Fonte: Vargas, et. al (2020), adaptado.

Por fim, é esperado que os postos de recargas brasileiros mesquem predominantemente as duas configurações anteriores numa só. Logo, não haverá dependência unicamente da rede elétrica ou da potência instantânea dos sistemas fotovoltaicos porque os postos de recargas podem trabalhar com duas formas: a primeira corresponde no regime compensatório (quando não houver veículo carregando); já a segunda (com a presença do veículo) a recarga é feita com parte da energia produzida pelos painéis com o auxílio da rede elétrica, concomitantemente. Em outras palavras, se não houver veículo a energia produzida pelos painéis é injetada na rede e se houver veículo, a recarga é feita com a potência total das placas somada com a potência que necessitar da rede elétrica, conforme esquematizado na Figura 28.

Figura 28 - Esquema de posto de recarga com energia fotovoltaica conectado à rede.



Fonte: Vargas, et. al (2020), adaptado.

O Carregador Bidirecional gerencia o sistema controlando a tensão vinda da rede elétrica que auxiliará o arranjo de placas fotovoltaicas para o carregamento da bateria do veículo elétrico. Nota-se que o carregador é bidirecional apenas para a rede elétrica, pois no Brasil, de acordo com a resolução 819/2018 é proibido injetar energia na rede proveniente dos Carros Elétricos.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico sintetiza todo o levantamento de dados referentes aos Carros Elétricos, Carros Híbridos e os Carros movidos a combustão interna, bem como, apresenta a análise referente ao mercado de Carros Elétricos e a estrutura energética do Brasil. A Tabela 2 confronta os equipamentos dos 3 tipos de carros estudados, deixando nítido que os Carros Híbridos é uma fusão dos outros dois:

Tabela 2 - Componentes dos Carros a Combustão Interna, Carros Híbridos e Elétricos.

Carros a Combustão Interna	Carros Híbridos	Carros Elétricos
Motor a Combustão Interna	Motor a Combustão Interna + Motor elétrico	Motor Elétrico
Tanque de Combustível	Tanque de combustível + Banco de Baterias	Banco de Baterias
Caixa de Marchas ou CVT	Inversor + Câmbio CVT	Inversor
Alternador	Conversor	Conversor
Controladores	Controladores	Controladores
Radiador para resfriar o motor	Alternador	Radiador para as Baterias e Inversor
Cárter	Cárter	
	Radiador para o resfriar o motor + Radiador para as baterias e inversor	

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 3 dispõe das informações coletadas a respeito dos Carros a Combustão Interna, Carros Híbridos e Carros Elétricos. A Tabela 3 mostra as características de usabilidade de cada um deles.

Tabela 3 - Características dos Carros a Combustão Interna, Carros Híbridos e Elétricos.

Características/Tipos de Carros	Carros a Combustão Interna	Carros Híbridos	Carros Elétricos
Torque	Torque Moderado necessitando de caixa de marchas ou câmbio CVT	Torque Instantâneo (nas arrancadas utilizam motores elétricos)	Torque Instantâneo
Velocidade Máxima	Atinge altas velocidades	Atinge altas velocidades	Menores Velocidades
Emissão de Gases poluidores	Altamente Poluente	Moderadamente Poluente	Não Poluente
Quantidade de Peças	Quantidade de peças Moderada	Alta quantidade de peças	Baixa quantidade de peças

Manutenção	Capacitação Comum	Capacitação Especializada	Capacitação Especializada
Custo de Manutenção Periódica	Alto Custo	Alto Custo	Baixo Custo
Sistema de Câmbio	Manual, automática ou CVT	CVT	Ainda não possui
Consumo	Elevado	Moderado	Baixo
Reutilização da energia cinética	É toda dissipada	É reaproveitada com Frenagem Regenerativa	É reaproveitada com Frenagem Regenerativa
Preço atual	Menor preço	Preço elevado	Preço muito elevado

Fonte: Autoria Própria.

A circulação de Carros Elétricos e Carros Híbridos no Brasil ainda é muito baixa comparado com os motores a combustão, mas, segundo a EPE esse panorama deve mudar nos próximos anos estimando que os 19 mil emplacamentos por ano passarão para 180mil em 2040, com tendência de aumentar ano após ano. Por outro lado, os Carros a Combustão Interna terão vendas reduzidas gradualmente. Quando esse número for atingido, o Brasil terá que arcar com pelo menos 3682,8 GWh de energia elétrica por ano (equivalente a energia usada para abastecer o estado do Piauí).

Como a quantidade de Carros Elétricos aumenta constantemente (batendo recorde ano após ano) e o Brasil já opera sempre no limite de produção ou até importando energia de outros países, o mais viável é optar por uma fonte produção renovável, de menor custo e melhor rendimento. Para cumprir esses requisitos, a energia solar é uma boa opção por não necessitar de muitas manutenções e se adaptar em diversos lugares. Dessa forma, além de elaborar políticas públicas a favor dos Carros Elétricos, o Brasil deverá normatizar a estrutura dos postos de recargas para que estes possam contribuir com a geração de energia elétrica brasileira.

8. CONCLUSÃO

Embora haja características em comum, a tecnologia dos Carros Elétricos se difere dos carros a combustão. Enquanto um deles é extremamente poluente, baixa eficiência e alto custo de manutenção, o outro é ecologicamente mais limpo, muito eficiente e manutenções mais baratas.

A estrutura para receber os elétricos em um determinado país ainda é um fator que causa empecilhos para a adaptação, não obstante, muitas nações preocupadas com a questão ambiental, saíram na frente com a implantação de políticas públicas voltadas à produção e utilização desses carros. Foi constatado que o Brasil ainda engatinha na mobilidade elétrica quando comparado com outros países.

Há bastante investimento no território nacional por parte da iniciativa privada que aposta no desenvolvimento a longo prazo, mas, as regulamentações e incentivos governamentais ainda são escassos. Mesmo com esse cenário os doutrinadores do ramo apostam que num futuro próximo, a estrutura brasileira esteja mais favorável para receber esses os Carros Elétricos e consequentemente o percentual de utilização aumentará consideravelmente.

8.1 Trabalhos Futuros

Em trabalhos futuros algumas pesquisas podem ser relevantes, como: o dimensionamento e simulação dos conversores e inversores aplicados a determinado veículo; implementação de um sistema fotovoltaicos de recargas rápida (em CC) ou semirrápida (em CA) conectado à rede; Estudo das baterias sólidas para Carros Elétricos; Estudo da viabilidade de placas solares em Carros Elétricos;

REFERÊNCIAS

ABVE (org.). **2020: o melhor ano da eletromobilidade no Brasil**. 2021. Disponível em: <http://www.abve.org.br/2020-o-melhor-ano-da-eletromobilidade-no-brasil/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

ABVE. **ABVE projeta 28 mil veículos eletrificados em 2021**. 2021. Disponível em: <http://www.abve.org.br/abril-bate-recorde-abve-preve-28-mil-ves-em-2021/>. Acesso em: 12 maio 2021.

Audi Brasil. **Nossa História**. Disponível em: <https://www.audi.com.br/br/web/pt/companhia/audi-no-brasil.html> Acesso em: 09 maio de 2021.

BARAN, Renato; LEGY, Luiz Fernando Loureiro. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 13, 2010, Rio de Janeiro. Artigo. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, 2010. p. 207-224.

BATERIAS, Batebras. **Um guia completo com tudo o que você precisa saber sobre bateria automotiva**. Disponível em: <https://www.batebrasbaterias.com.br/post/um-guia-completo-com-tudo-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-bateria-automotiva>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**. São Paulo, Sp: Blucher Ltda, 2012. 277 p.

CARBLOG. **VW Golf GTE chega ao Brasil em 2019: fotos e detalhes**. 2018. Disponível em: <https://www.car.blog.br/2018/11/vw-golf-gte-chega-ao-brasil-em-2019.html>. Acesso em: 16 abr. 2021.

CARRO Branco, Parque De Estacionamento, Metro, Superior Png 745*400. Disponível em: <https://www.gratispng.com/png-5wj0du/>. Acesso em: 01 maio 2021.

CARRO, Salão do. **Como funciona o alternador de um carro**: o alternador é parte fundamental de um automóvel, por gerar energia e manter tudo funcionando perfeitamente. entenda!. 2015. Disponível em: <https://salaodocarro.com.br/como-funciona/funciona-alternador-carro.html>. Acesso em: 28 mar. 2021.

Chevrolet. **Descrição do Bolt**. Disponível em: <https://www.chevrolet.com.br/elettrico/bolt-ev> Acesso em: 06 abr. 2021.

COELHO, José Mauro. **Perspectivas para Veículos Leves no Brasil em um Contexto de Transição Energética**: futuro da mobilidade veicular ∴ visão dos órgãos governamentais. In: CONGRESSO NACIONAL DE BIOENERGIA, 12., 2019, Araçatuba, Sp. Apresentação em Congresso. Araçatuba, Sp: Empresa de Pesquisa Energética, 2019. p. 1-24

CORREIA, Fernando. **Corrente, catraca e coroa. Quem ama, limpa**. 2018. Disponível em: <https://bicicletismo.com.br/2018/09/corrente-catraca-e-coroa-quem-ama-limpa/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

DOMINGUES CEBRIÁN, Belén. O plano de futuro da Noruega: ser mais verde, mais digital e mais laica. Oslo: 2017. Disponível em: [O plano de futuro da Noruega: ser mais verde, mais digital e mais laica | Internacional | EL PAÍS Brasil \(elpais.com\)](https://www.elpais.com.br/internacional/2017/05/05/o-plano-de-futuro-da-noruega-ser-mais-verde-mais-digital-e-mais-laica-internacional-elpais-com/) Acesso em: 05/05/2021.

EDUARDO PASSOS (ed.). **Corolla Cross 2022**: versões, detalhes, preços e mais de 90 fotos. 2021. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/corolla-cross-versoes-precos-e-prazo-de-entrega-do-suv/>. Acesso em: 02 maio 2021.

EDUCAÇÃO, Mundo. **Funcionamento do motor a combustão interna**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/funcionamento-motor-combustao-interna.htm>. Acesso em: 25 mar. 2021.

EHSANI, Mehrdad; GAO, Yimin; LONGO, Stefano; EBRAHIMI, Kambiz M. **Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles**. Third edition, Taylor & Francis, CRC Press, 2018.

FENABRAVE – FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. **Anuário 2020**. São Paulo, SP. 2021.

FERREIRA, Tarcísio José Pedrobon. **Sistema de Gerenciamento de Energia para Controle de Carga/Descarga entre Baterias de Lítio e Ultracapacitores, envolvendo Sistema de Tração Elétrica com Frenagem Regenerativa**. 2014. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.

FREITAS, Joaquim Carlos Novais de. **Projeto e análise ao funcionamento de carros elétricos**. 2012. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade do Minho, Guimarães, 2012.

FUELECONOMY.GOV. **All-Electric Vehicles**. Disponível em: <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>. Acesso em: 10 maio 2021.

HENRIQUE RODRIGUEZ (ed.). **A primeira picape elétrica do mundo é da JAC de R\$ 289.900, mas não é pra você**. 2020. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/testes/primeira-picape-eletrica-do-mundo-e-jac-de-r-289-900-mas-nao-e-para-voce/>. Acesso em: 01 maio 2021

HOLLANDA, J. B.; JUNIOR, A. N. **Veículos Elétricos Híbridos, uma introdução**. Fórum do Veículo Elétrico Híbrido do INEE, v.1, p.12. 2003.

JACMOTORS. **Descrição do carro**. Disponível em <https://www.jacmotors.com.br/iev60> Acesso em: 06 abr 2021.

JOAQUIM OLIVEIRA (ed.). **Baterias são a alma, mas também o grande gargalo do carro elétrico**: os grandes desafios para tornar as baterias viáveis e baratas o suficiente para enfim tornar os carros elétricos popular. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/baterias-sao-a-alma-mas-tambem-o-grande-gargalo-do-carro-eletrico/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

KASHIMA, Maisa. **PROJETO DE UM INVERSOR BIDIRECIONAL APLICADO EM CARREGADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS PARA CONFIGURAÇÃO G2V E V2G**. 2018. 43 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2018.

KELLY BLUE BOOK (org.). **Brasileiros rodam em média 12,9 mil Km no primeiro ano de uso de um veículo**. 2019. Disponível em: <https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/quanto-brasileiro-roda-carro-ano/?ID=1830>. Acesso em: 01 maio 2021.

KISACIKOGLU, Mithat C.; OZPINECI, Burak; TOLBERT, Leon M.. Reactive power operation analysis of a single-phase EV/PHEV bidirectional battery charger. In: ECCE ASIA (ICPE 2011- ECCE ASIA), 2011, Jeju, Korea (South). **8th International Conference on Power Electronics - ECCE Asia**. [S.L.]: IEEE, 2011. p. 1-8.

MAROJA, Felipe Baptista. **APLICAÇÃO DE MOTOR DE FLUXO AXIAL NA TRACÇÃO VEICULAR**. 2017. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

MECÂNICA em dias: O motor de combustão interna. O motor de combustão interna. 2016. Disponível em: <http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2016/02/10/coluna-mecanica-em-dias-o-motor-de-combustao-interna/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

Neoenergia. **NEOENERGIA INAUGURA A MAIOR ELETROVIA DO BRASIL COM ELETROPOSTOS DE CARGAS RÁPIDAS**. 2020. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/neoenergia-inaugura-maior-eletovia-do-brasil-com-eletropostos-de-cargas-rapidas.aspx>. Acesso em: 26 abr. 2021.

NOCE, Toshizaemom. **ESTUDO DO FUNCIONAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E CONTRIBUIÇÕES AO SEU APERFEIÇOAMENTO**. 2009. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte-Mg, 2009.

Operador Nacional de Sistema Elétrico. Disponível em: http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/intercambios_energia.aspx. Acesso em: 02 maio 2021.

PARAPINSKI, Ricardo. **APLICAÇÃO DE TRANSMISSÃO CVT PARA SISTEMAS DE MOBILIDADE ELÉTRICA**. 23 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2019.

QUEIROZ, Marcelo Batista de. **ESTUDO COMPARATIVO DA CORROSÃO EM GRADES UTILIZADAS EM BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO, FORMADAS EM PROCESSOS DE FUNDIÇÃO E LAMINAÇÃO**. 2014. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

RODRIGUES, Márcio do C. B. P.; OLIVEIRA, Janaína G.; FERREIRA, André A.; BARBOSA, Pedro G.; BRAGA, Henrique A. C.. CONEXÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS À REDE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA RECARGA DE BATERIAS: uma visão geral. **Eletrônica de Potência**, Campo Grande, v. 19, n. 2, p. 193-207, maio 2014.

SAMÚ, João Paulo Gueiros. **ESTUDO DE SISTEMAS DE PROPULSÃO VEICULARES ELÉTRICOS E HÍBRIDOS ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ. 2018.

SILVA, Fernanda de Souza et al. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA A PARTIR DA VARIAÇÃO NA REGULAGEM DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO**. In: BONATTO, Franciele; HOLZMANN, Henrique Ajuz; DALLAMUTA, João (org.). *Engenharias Mecânica e Industrial: projetos e fabricação*. Ponta Grossa, Pr: Atena, 2018. Cap. 6. p. 55-64.

TEIXEIRA, Lorena Marques. **ANÁLISE COMPUTACIONAL DO MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO:** regime transitório e permanente. 2009. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica Com Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2009.

VARGAS, Tiane do Nascimento; MACHADO, Gilson Mario Vieira; PRYM, Guilherme Cerbatto Schmitt; VILLALVA, Marcelo Gradella. REVISÃO DE SISTEMAS DE CARREGAMENTO PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS UTILIZANDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 8., 2020, Fortaleza. **Artigo**. Fortaleza: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2020. p. 1-10.

WEB, Veículos na. **O que é um câmbio CVT?** Disponível em: <https://veiculosnaweb.com.br/carros/cambio-cvt/>. Acesso em: 01 maio 2021.

www.123RF.com. **Illustration - Transparent car and spare and engine and other detail. 3d illustration.** Disponível em: https://www.123rf.com/photo_87976903_stock-illustration-transparent-car-and-spare-and-engine-and-other-detail-3d-illustration.html. Acesso em: 27 abr. 2021.

ZANETI, Letícia Alves Lima. **DIAGNÓSTICO DOS PRODUTOS E SERVIÇOS COMPLEMENTARES PARA A ADOÇÃO DOS CARROS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS NO BRASIL.** 2018. 103 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção Elétrica, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.