



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PALMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

URSULA MONTEIRO DA SILVA

**VEÍCULOS ELÉTRICOS - CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS
NO SETOR ENERGÉTICO**

Palmas/TO

2020

URSULA MONTEIRO DA SILVA

**VEÍCULOS ELÉTRICOS - CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS
NO SETOR ENERGÉTICO**

Trabalho de Graduação submetido ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Tocantins, como o requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Prof. Dra. Stefani Caroline Leal de Freitas

Palmas /TO

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M775v Monteiro da Silva, Ursula.

VEÍCULOS ELÉTRICOS : CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS NO SETOR
ENERGÉTICO . / Ursula Monteiro da Silva. – Palmas, TO, 2020.

76 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus
Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica, 2020.

Orientador: Stefani Caroline Leal de Freitas

1. Veículos Elétricos. 2. Matriz Energética. 3. Contribuições . 4. Impactos.
I. Título

CDD 621.3

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

URSULA MONTEIRO DA SILVA

VEÍCULOS ELÉTRICOS - CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS NO SETOR ENERGÉTICO

Monografia foi avaliada e apresentada à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: 22 / 09 / 2020

Banca Examinadora

Stefani

Prof. Dra. (Stefani Caroline Leal de Freitas), UFT

Priscila da Silva Oliveira

Prof. Dra. (Priscila da Silva Oliveira), UFT

Jaduel

Prof. Dr. (Jaduel Caparros da Silva), UFT

Palmas /TO, 2020

Dedico esta, bem como as minhas demais conquistas, aos meus amados pais Divino e Rosana, ao meu irmão Eduardo, ao meu namorado Antonio Natan, aos meus amigos, e a todos aqueles que de alguma forma me inspiraram a ser cada dia melhor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, me proporcionando saúde, força e motivação para superar as dificuldades antes mesmo de ingressar na Universidade Federal do Tocantins.

Aos meus amados pais Divino Paulista da Silva e Rosana da Guia Monteiro, que acreditaram no meu potencial e não mediram esforços para me manter distante de casa mesmo com muitas dificuldades. Me criaram com muito amor, carinho, dedicação e me fizeram uma mulher de caráter, me ensinado a nunca desistir e sempre buscar melhorar.

Ao meu irmão Eduardo Monteiro da Silva, por sempre estar ao meu lado, apoiando e dando força para superar todas adversidades, além de ter atrasado sua graduação em 6 meses para passar um tempo em Palmas me fazendo companhia.

Ao meu namorado, Antonio Natan dos Santos Castro, por ter me dado suporte ao longo do curso, além de me emprestar material de desenho técnico, vários livros e calculadora gráfica que não tinha condições financeiras de adquirir.

A minha professora orientadora Dra. Stefani Caroline Leal de Freitas, pelo auxílio e apoio que soube me dirigir e orientar para o alcance dos meus objetivos.

Ao colegiado de engenharia elétrica da Universidade Federal do Tocantins por terem auxiliado na minha formação técnica, muitas vezes me inspirando em quanto profissional e pessoa.

A todos os professores que tive durante minha vida e que proporcionaram estar aqui hoje.

A toda minha família que mesmo com a distância me incentivou e torceu pelo meu sucesso.

A todos meus amigos e amigas que estiveram comigo nesses anos e que de alguma forma doaram um pouco de si para que a conclusão deste trabalho se tornasse possível, em especial Bruno Sousa e João César.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

RESUMO

A importância e notoriedade atual dos veículos elétricos no mundo está cada vez mais evidente. É imprescindível atenção às questões ambientais no que tange à preservação dos recursos naturais e do ecossistema. Simultaneamente, a globalização exige tecnologia, rapidez e um aproveitamento máximo do tempo, onde o transporte é essencial. Neste âmbito, várias tecnologias estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas para aplicações nos mais diversos tipos de veículos elétricos. Deste modo, muitas empresas fabricantes de veículos originalmente movidos à combustíveis fósseis estão investindo capital financeiro e humano em desenvolvimentos nessa área. Considerando um cenário dinâmico, faz-se necessária a discussão para compreensão sobre esse novo modelo de transporte, levando em conta a matriz energética, mundial e nacional, bem como as contribuições e impactos que esse novo modelo de transportes gera e vai gerar nos mercados e sociedade nos quais estão inseridos.

PALAVRAS-CHAVE: Veículos Elétricos, Matriz Energética, Contribuições e Impactos.

ABSTRACT

The importance and notoriety of electric vehicles in the world is increasingly evident. It is essential to pay attention to environmental issues in terms of preserving natural resources and the ecosystem. At the same time, globalization requires technology, speed and maximum use of time, where transport is essential. In this context, several technologies are being developed and improved for applications in the most diverse types of electric vehicles. In this way, many companies that manufacture vehicles originally powered by fossil fuels are investing financial and human capital in developments in this area. Considering a dynamic scenario, a discussion is needed to understand this new transport model, taking into account the global and national energy matrix, as well as the contributions and impacts that this new transport model generates and will generate in the markets and society in which they operate.

KEYWORDS: Electric Vehicles, Energy matrix, Contributions and Impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Primeiro Carro Elétrico que se tem notícia	14
Figura 2 - Itaipu o primeiro Carro Elétrico da América Latina.....	16
Figura 3 - E400 o primeiro Carro Elétrico brasileiro fabricado em larga escala	17
Figura 4 - Model S P100D: veículo é totalmente elétrico da Tesla.....	17
Figura 5 - Diagrama de Blocos VEH configuração série.....	20
Figura 6 - Diagrama de Blocos VEH configuração Paralelo	21
Figura 7 - Diagrama de Blocos VEH configuração Série-Paralelo	21
Figura 8 - Diagrama de Blocos VE.....	21
Figura 9- Tipos de Baterias	33
Figura 10 - SAE J1772 (Tipo 1)	39
Figura 11- SAE IEC 62196 Tipo 2	40
Figura 12 - GB/T	40
Figura 13 - CCS Tipo 1	41
Figura 14 - CCS Tipo 2.....	42
Figura 15 – CHADEMO	42
Figura 16 - Tesla Charging.....	43

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens dos Veículos Elétricos e Veículos a Combustão	19
Quadro 2 - Conversão de Potência	22
Quadro 3- Relação Número de Polos X Rotação Assíncrona	23
Quadro 4- Os 4 Modelos mais baratos de VEs disponíveis para Venda no Brasil em 2020. ..	49
Quadro 5 -Os 4 Modelos mais Caros de VEs disponíveis para Venda no Brasil.....	50
Quadro 6 - VEs mais vendidos no mês de abril de 2020 mundialmente	51
Quadro 7 - Valor dos Veículos	54

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1- Matriz Energética Mundial.....	25
Gráfico 2 - Matriz Elétrica Mundial	26
Gráfico 3 - Matriz energética Brasileira.....	27
Gráfico 4 - Matriz Energética Brasileira X Mundial	28
Gráfico 5 - Matriz elétrica Brasileira	28
Gráfico 6 - Matriz Elétrica Brasileira X Mundial.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE - Associação Brasileira do Veículo Elétrico

AC – Corrente Alternada

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica

BEV - *Battery Electric Vehicles*

BNEF - Bloomberg New Energy Finance

CO2 - Dióxido de Carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CV - Cavalo Vapor

DC – Corrente Contínua

Denatran - Departamento Nacional de Trânsito

F- Farad

FCEV - *Fuel Cell Electric Vehicles*

Finep - Financiadora de Estudos e Projetos

Flywheel - Volantes de Inércia

GEE - Gases de Efeito Estufa

HET - *Linear Labs Hunstable Electric Turbine*

HEV - *Hybrid Electric Vehicles*

HP – *Horse Power*

Hz – Hertz

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética

K – Kilo

Kg – Quilograma

KW – Kilo Watt

KWh - Kilo Watt hora

KWO - Kraftwerke Oberhasli AG

Li-íon - Íon Lítio

M – Mega

Ni-Cd - Níquel-Cádmio

ONU - Organização das Nações Unidas

OPEP - Organização dos Países Exportadores de Petróleo

Pb-Ac - Chumbo-Ácido

PHEV - *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*

RPEV - *Road Powered Electric Vehicles*

rpm – Rotação por Minuto

SE – Sistema Elétrico

SIN – Sistema Interligado Nacional

UC – Ultracapacitores

UFJF - Universidade Federal de Juiz de Fora

UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

VE – Veículos Elétricos

W – Watt

ZEBRA (*Zero Emission Battery Research*) - Sódio-Níquel-Cloro

Zn/Ar - Zinco-Ar

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO.....	13
1.1	Introdução.....	13
1.2	Justificativa.....	15
1.3	Objetivos Gerais.....	16
1.4	Objetivos Específicos.....	16
1.5	Metodologia.....	16
1.6	Organização do Trabalho.....	17
2	VEÍCULOS ELÉTRICOS E O SISTEMA ELÉTRICO.....	13
2.1	Considerações Iniciais.....	13
2.2	Histórico de Veículos Elétricos.....	14
2.3	Funcionamento de Veículos Elétricos.....	18
2.3.1	Veículos Elétricos x Veículos à combustão.....	18
2.3.2	Diagrama de Blocos.....	20
2.3.3	Motores Elétricos.....	22
2.3.4	Controladores.....	24
2.4	Matriz Elétrica e Energética Mundial.....	25
2.5	Matriz Energética e Elétrica Brasileira.....	27
2.6	Considerações Finais.....	29
3	CARREGAMENTO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....	31
3.1	Considerações Iniciais.....	31
3.2	Armazenamento de Energia.....	31
3.2.1	Baterias.....	33
3.2.1.1	<i>Bateria Chumbo-Ácido (Pb-Ac) (ANE, 2016).....</i>	<i>34</i>
3.2.1.2	<i>Bateria Níquel-Cádmio (Ni-Cd) (ANE, 2016).....</i>	<i>34</i>
3.2.1.3	<i>Bateria de Íon Lítio (Li-íon) (ANE, 2016).....</i>	<i>34</i>
3.2.1.4	<i>Bateria Zinco-Ar (Zn/Ar) (ANE, 2016).....</i>	<i>35</i>
3.2.1.5	<i>Bateria de Sódio-Níquel-Cloro (ZEBRA - Zero Emission Battery Research) (ANE, 2016).....</i>	<i>35</i>
3.2.2	Ultracapacitores.....	35
3.2.3	Células Combustível.....	36

3.2.4	Sistema Mecânico de Armazenamento de Energia	37
3.3	Carregamento de Baterias.....	38
3.3.1	Posto de Carga e Conectores	38
3.3.2	Recargas Lenta e Rápida (Venturus, 2019).	43
3.3.3	Troca de Bateria (Jornal da USP, 2020)	44
3.3.4	Recarga em Movimento (Quatro Rodas, 2020).....	45
3.4	Considerações Finais.....	46
4	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS DA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS	47
4.1	Considerações Iniciais.....	47
4.2	Mercado De Veículos Elétricos No Brasil E No Mundo	47
4.3	Perspectiva Ambiental.....	52
4.4	Viabilidade Energética Da Inserção De Veículos Elétricos No Brasil.....	52
4.5	Custos e Consumo Da Energia Elétrica Para Veículos Elétricos No Brasil.....	53
4.6	Considerações Finais.....	54
5	CONCLUSÕES GERAIS	56
	REFERÊNCIAS.....	59

1 CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

1.1 Introdução

Na atualidade o setor de transportes tem desempenhado um papel crucial na economia mundial, seja no transporte de cargas ou/e locomoção de pessoas. Entender o perfil da matriz de transportes de um país é um passo fundamental e necessário para o desenvolvimento de políticas públicas, pois se trata de um setor de grande impacto ambiental, alta demanda energética e causador de diversas externalidades positivas e negativas (BNDES, 2018).

Historicamente os veículos movidos por um motor a combustão interna foram os que dominaram e dominam o mercado automobilístico, em geral a gasolina ou a diesel. A queima na câmara de combustão desses veículos gera diversos gases nocivos, que são liberados pelo escapamento. Os gases do escape dos sistemas a combustão contêm dióxido de carbono (CO_2), água e outros subprodutos, entre os quais: dióxido de enxofre (SO_2), hidrocarbonetos não queimados (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado (que são partículas de material sólido ou líquido que podem conter uma variedade de componentes químicos). Alguns desses gases expelidos são cancerígenos e tem uma ligação direta com doenças cardiorrespiratórias que acontecem nos grandes centros urbanos (Vaz, Barros, e Castro, 2015).

Os veículos elétricos (VEs), diferentemente que muitos pensam existem a muitos anos, mas não tinham mercado. Um dos motivos para o ressurgimento dos VEs foi a sustentabilidade ambiental. A Rio-92 um evento que aconteceu em junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro organizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), marcou o despertar maior da conscientização global pela melhoria da qualidade do ar nas cidades, pela substituição de combustíveis fósseis por energias alternativas e pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (Brasil Escola, 201?). O resultado no setor automobilístico foi a busca por veículos com menor impacto ambiental e mais eficientes, assim surgiu novamente o interesse pelos VEs. O legado foi que em 1997 o Japão lançava o primeiro veículo híbrido produzido em massa, o Toyota Prius (Vaz, Barros, e Castro, 2015).

Assim em 1997 na cidade de Quioto no Japão foi criado o “Protocolo de Quioto”, um tratado complementar à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (que tem o objetivo de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência humana perigosa no sistema climático), definindo metas de redução de emissões para os países desenvolvidos e os que, à época, apresentavam economia em transição para o capitalismo, considerados os responsáveis históricos pela mudança atual

do clima. Esse tratado entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, logo após o atendimento às condições que exigiam a ratificação por, no mínimo, 55% do total de países-membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de 1990. Durante o primeiro período de compromisso, entre 2008-2012, 37 países industrializados e a Comunidade Europeia comprometeram-se a reduzir as emissões de GEE para uma média de 5% em relação aos níveis de 1990 (Ministério do Meio Ambiente, 201?).

Por conseguinte, veio o Acordo de Paris, onde foi adotado um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças. O Acordo de Paris foi aprovado pelos 195 países Parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) para reduzir emissões GEE no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de enviar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. Para começar a vigorar, esse acordo necessitou da ratificação de pelo menos 55 países responsáveis por 55% das emissões de GEE. O secretário-geral da ONU, numa cerimônia em Nova York, no dia 22 de abril de 2016, abriu o período para assinatura oficial do acordo, pelos países signatários. Este período se encerrou em 21 de abril de 2017 (Ministério do Meio Ambiente, 201?).

Neste contexto, uma série de incentivos governamentais que observam fatores ambientais vêm tomando conta de noticiários, e vários países vêm adotando diversas medidas para incentivar a difusão de veículos elétricos e híbridos. Os incentivos são os mais variados e visam, além de tornar a solução economicamente atraente, superar, no caso dos VEs puramente elétricos, obstáculos iniciais como a baixa autonomia e a escassez de infraestrutura de abastecimento, além de investimento em pesquisas para tecnologias novas que favoreçam o desenvolvimento e popularização dos VEs. Os governos também estão estipulando metas de adoção de veículos elétricos, reforçando o compromisso de acelerar a difusão da tecnologia elétrica e reduzir o consumo de combustíveis fósseis. A meta conjunta da União Europeia é ter entre oito milhões a nove milhões de VEs em circulação até 2020, cerca de 3% da frota total projetada. Alemanha, França e Holanda, por exemplo, têm metas de um milhão, dois milhões e duzentos mil veículos, respectivamente (BNDES, 2018).

Os países com maior presença de veículos elétricos e híbridos têm praticado um incentivo monetário ao comprador, que tem diferentes formas, desde um crédito que pode ser utilizado no abatimento de impostos até desconto no preço do veículo. Um dos argumentos utilizados nessas políticas é que o preço desses veículos é maior principalmente em decorrência

de uma escala menor de produção. Nos EUA, por exemplo, a política dos créditos vai existir até que se atinja uma escala mínima econômica. Pode ser considerado que o primeiro objetivo do incentivo é acelerar a adoção dos VEs. Em segundo lugar, o crédito visa atenuar a mudança de rotina (autonomia limitada, reabastecimento diário, etc.) que os veículos puramente elétricos atribuem aos seus usuários. Por esse motivo os créditos para os VEs puramente elétricos costumam ser maiores do que os dos híbridos. Existem benefícios que não são monetários, mas que agradam bastante aos consumidores, como estacionamento preferencial, faixas de rolagem exclusivas entre outros, que estão em vigência em alguns locais e figuram como importantes diferenciais na decisão de compra do consumidor (BNDES, 2018).

Considerando, então, a inserção desses VEs nos mais diversos segmentos de transportes, uma preocupação é como os países vão reagir a esse meio de locomoção considerando suas matrizes energéticas e impactos econômicos. Os maiores produtores de petróleo do mundo estão começando a considerar os VEs como uma ameaça a longo prazo. Segundo um estudo da *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF), a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (Opep) quintuplicou sua projeção de vendas de veículos elétricos, e várias produtoras de petróleo, como BP e Exxon Mobil, também elevaram suas perspectivas nos últimos 12 meses (BNEF, 2017). A empresa de pesquisa projeta que esses carros vão diminuir a demanda por petróleo em 8 milhões de barris até 2040, mais do que a produção atual do Irã e do Iraque juntos (O Globo, 2017).

1.2 Justificativa

Os VEs ressurgiram como uma opção de transporte mais eficiente e não poluente. Em contrapartida existem países em que sua energia é proveniente de usinas termoelétricas. Logo, a redução da poluição promovida pelos VEs pode ser comprometida pelo aumento da poluição gerada na produção de energia elétrica (Venturus, 2019).

No Brasil, a matriz energética é baseada em energia limpa e renovável, predominantemente de fontes hidrelétricas. Um ponto importante a ser ressaltado é o “horário de ponta” de consumo de energia elétrica no Brasil. Nesse período, o consumo de energia elétrica é maior do que no restante do dia, devido ao maior número de cargas elétricas funcionando simultaneamente, incluindo fábricas e iluminação pública, logo os VES podem ser uma carga a mais nesse horário e podem acarretar problemas (Venturus, 2019).

Já no Sistema Elétrico (SE), a carga utilizada hoje associada à soma da carga necessária para o funcionamento dos VEs é um fato que tem que ser levado em consideração. O processo

de carga e descarga dos VEs torna-os um objeto diferente se comparado às cargas tradicionalmente presentes hoje no SE. Assim sendo os VEs trazem muitas contribuições e impactos para o Setor Energético, por isso a importância desse estudo (Batista et al, 2017).

Considerando a reconhecida eficiência destes dispositivos e o inegável fato de que sua utilização e produção é crescente, torna-se imprescindível discutir as contribuições ambientais, como redução da emissão de CO₂, e os impactos econômicos relacionados ao incremento da demanda energética e consequente redução na demanda por petróleo.

1.3 Objetivos Gerais

Discutir as contribuições e os impactos econômicos, ambientais e no setor energético da inserção dos veículos elétricos no Brasil e no mundo.

1.4 Objetivos Específicos

O trabalho tem os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar um estudo sobre a evolução dos veículos elétricos, desde a sua concepção até os dias atuais;
- Expor um histórico dos VEs, incluindo híbridos;
- Apresentar uma síntese do seu funcionamento, carregamento, armazenamento e consumo e diferentes tipos de VEs;
- Analisar as contribuições do uso de VEs sob a perspectiva ambiental;
- Estudar o mercado de veículo elétricos no Brasil e no mundo;
- Discutir sobre a viabilidade energética da inserção de VEs no Brasil;
- Analisar custo e consumo da energia elétrica para VEs no Brasil.

1.5 Metodologia

A construção deste trabalho é baseada essencialmente em uma revisão bibliográfica acerca do tema, considerando pesquisa em estudos, artigos, dissertações, teses, reportagens, bem como informações disponíveis *online* em sites de fabricantes de VEs, buscando, concatenar informações precisas e confiáveis.

1.6 Organização do Trabalho

O trabalho é dividido em cinco capítulos, sendo este o primeiro, onde é apresentado a introdução do tema abordado, a justificativa do tema, os objetivos gerais e específicos, a metodologia adotada e, por fim, a organização do trabalho (essa seção).

No capítulo II é feita uma revisão bibliográfica do assunto abordado. Neste capítulo são apresentados: características dos VEs, o histórico (surgimento); a comparação entre os veículos elétricos e os à combustão; motores elétricos e controladores. Também é falado sobre a matrizes energética e elétrica Mundial e Brasileira.

No capítulo III é discutido o carregamento e armazenamento de energia, para isso são abrangidos os temas de armazenamento de energia, baterias, ultracapacitores, células combustível, sistema mecânico de armazenamento de energia, carregamento de Baterias, posto de carga e conectores, recargas lenta e rápida, troca de bateria, recarga em movimento e para finalizar o capítulo as considerações finais.

No capítulo IV são discutidas as contribuições e impactos da inserção de veículos elétricos, tratando-se separadamente o mercado de veículos elétricos no Brasil e no mundo, observando as perspectivas ambientais, de viabilidade energética, de custos e consumo.

O capítulo V trata-se das conclusões finais do trabalho, onde é discutido sobre os resultados tratados ao longo do trabalho e propostas de continuidade.

2 VEÍCULOS ELÉTRICOS E O SISTEMA ELÉTRICO

2.1 Considerações Iniciais

Segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) os VEs são aqueles acionados por pelo menos um motor elétrico (INEE, 2017).

Os VEs estão diretamente ligados ao SE, devido à sua recarga. Os mesmos já ultrapassaram a marca de 2 milhões de unidades vendidas ao redor do mundo, com mais de 1.450.000 pontos de abastecimento conectados à rede de distribuição (ANEEL, 2017).

Mais do que uma moda passageira, os VEs têm se apresentado como uma solução para redução da emissão de poluentes no planeta e uma opção para os que buscam meios de transporte sustentáveis. Por causa de sua tecnologia avançada os VEs são mais eficientes e emitem menos poluentes durante seu funcionamento.

Como tudo, o rápido desenvolvimento tecnológico tem como consequência a constante redução de custos, em especial das baterias, componente-chave desses veículos. Mantido o ritmo de redução de custos observado até o momento, em alguns anos, os preços dos VEs tendem a se tornar comparáveis aos automóveis tradicionais (ANEEL, 2017).

A indústria de VEs dividiu-se em duas vertentes: a dos veículos puramente elétricos e a dos veículos híbridos, mas dentre esses 2 segmentos, surgiram também diferentes modelos (BNDES, 2018).

Os veículos puramente elétricos são:

- BEV (*Battery Electric Vehicles*) é o tipo mais frequente nos modelos puramente elétricos, no qual a energia do veículo vem da bateria e a recarga é feita pela conexão à rede elétrica;
- FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicles*) – neste modelo a carga das baterias é feita por uma célula-combustível, normalmente a hidrogênio;
- RPEV (*Road Powered Electric Vehicles*) – os trólebus (veículos que são ligados à rede) entram nessa categoria, que a princípio, não dispõem de baterias, estando constantemente conectados à rede elétrica.

Os veículos híbridos são:

- HEV (*Hybrid Electric Vehicles*) – esses veículos combinam um motor à combustão interna com um ou mais motores elétricos para propulsão. Os HEVs não possuem de uma estrutura para conexão à rede elétrica. Não há cabo nem conector para recarregar a bateria diretamente. A carga desses veículos vem do próprio motor à combustão e de

mecanismos como a frenagem regenerativa, que recarregam a bateria. O proprietário precisa, abastecer o veículo com combustível.

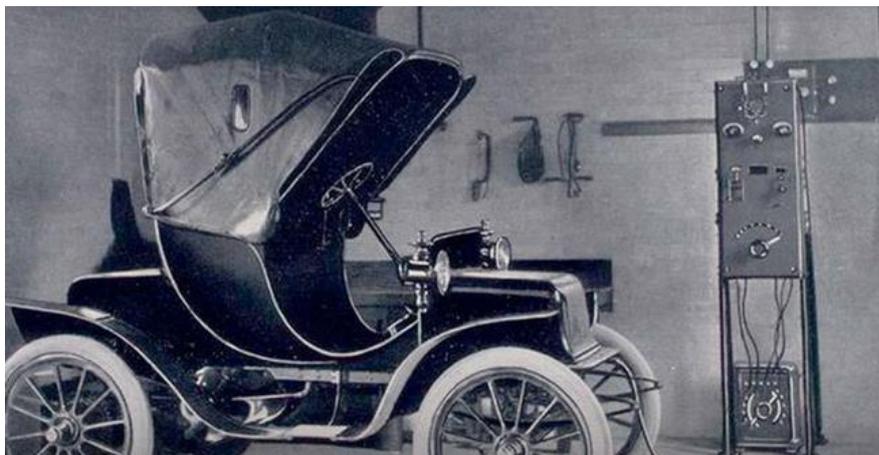
- PHEV (*Plug-in Hybrid Electric Vehicle*) – esses veículos tem uma configuração semelhante à dos HEV, com a diferença que eles têm a possibilidade de recargar diretamente na rede elétrica. Essa diferença está nos componentes elétricos (como motor, alternador e bateria), que são maiores e possibilitam a operação integralmente em modo elétrico, já que a bateria pode ser recarregada diretamente na rede.

Um dado importante sobre os veículos híbridos é que eles (HEVs e PHEVs) podem ser até 40% mais eficientes que os modelos tradicionais a combustão interna, conseqüentemente, emitindo menos gases (BNDES, 2018).

2.2 Histórico de Veículos Elétricos

Ao contrário do que muitas pessoas pensam e acreditam, os automóveis híbridos e elétricos não são uma tecnologia recente. Mesmo com os avanços tecnológicos importantes atuais nos VEs, como as baterias de íon de lítio e a tecnologia digital que está presente nos carros modernos, o conceito básico se mantém. Podendo-se dizer que não houveram mudanças radicais nos motores elétricos de hoje, nem mesmo na utilização da energia cinética gerada pelo movimento do veículo (Baran e Legey, 2011). Na Figura 1, é possível ver o primeiro carro elétrico que se tem notícia, que foi construído em 1891.

Figura 1- Primeiro Carro Elétrico que se tem notícia



Fonte: Museu Weg

Os VEs tiveram seu início por volta da metade do século XIX, quando as baterias começaram a ser desenvolvidas, isso pois elas são componentes-chave para esses tipos de veículos. Juntamente com as baterias as tecnologias desenvolvidas entre 1890 e 1900 (frenagem regenerativa e o sistema híbrido) foram cruciais para melhorar o desempenho dos carros elétricos e aumentar sua disseminação na época, a frenagem regenerativa é um equipamento capaz de transformar a energia cinética do automóvel em movimento em energia elétrica durante uma frenagem (Baran e Legey,2011).

O sistema híbrido é um sistema movido a gasolina e eletricidade. Quando os primeiros veículos híbridos surgiram sua finalidade era compensar a baixa eficiência das baterias utilizadas naquele período nos VEs e também a falta de estrutura de distribuição de energia elétrica no início do século XX (Baran e Legey,2011).

No fim do século XIX, três tecnologias disputavam o mercado de automóveis: o carro elétrico, a vapor e a gasolina. Essa disputa teve alguns fatores determinantes para o vencedor, que foi o carro a gasolina, pois o sistema de produção em série inventado por Henry Ford. Fez com que o valor final dos carros à gasolina ficasse aproximadamente à metade do preço dos VEs, isso influenciou na disseminação dos automóveis à gasolina juntamente a propaganda boca a boca, também em 1912 foi inventada a partida elétrica que eliminava as manivelas dos veículos a gasolina, entre outros fatores determinantes para essa vitória.

O motor a combustão interna tinha também uma maior performance quando comparava seu rendimento em km/litro de combustível, assim a rede de distribuição de gasolina se expandiu rapidamente pela facilidade de distribuição de combustíveis líquidos, que eram vendidos em pequenos estabelecimentos comerciais. Ademais, a manutenção desses automóveis a gasolina da época era de uma tamanha simplicidade, que os profissionais especializados em manutenção e conserto de bicicletas realizavam, só que poucos mecânicos compreendiam o funcionamento das baterias e dos motores elétricos que formavam os automóveis elétricos e híbridos (Baran e Legey,2011).

Como consequência os VEs passaram a ser produzidos em escala cada vez menor e em meados de 1930, no Reino Unido e nos EUA eram utilizados em algumas cidades para alguns serviços, como distribuição de leite e coleta de lixo.

Na primeira e segunda Guerra mundial devido ao racionamento de petróleo foram observados alguns picos de produção, pelo simples fato de estarem buscando outras alternativas. No Japão, por exemplo, devido ao racionamento de combustível pós-guerra, o carro elétrico também foi bastante popular. Quando o racionamento cessou sua produção foi descontinuada, aproximadamente na década de 1950 (Baran e Legey,2011).

Os VEs voltaram a chamar a atenção das grandes montadoras quando na década de 1960 a população começou a se preocupar com os problemas ambientais, levantando o ponto da poluição causada pelo motor a combustão. Os veículos à combustível fóssil chegaram a ser considerados uma das principais fontes da poluição atmosférica nas grandes cidades, isso devido ao fato que o chumbo era usado como aditivo para a gasolina, não existia catalizadores nem filtros para diminuir as emissões de poluentes (Baran e Legey,2011).

No Brasil em 1969 o engenheiro mecânico e engenheiro eletricista João Augusto Conrado do Amaral Gurgel inaugurou a Gurgel Motores, uma fábrica de automóveis 100% nacional, em 1974 a Gurgel apresentava um pioneiro projeto de carro elétrico, o primeiro da América Latina, esse carro recebeu o nome de Itaipu como pode ser visto na Figura 2. O nome foi uma alusão à usina hidrelétrica ITAIPU, ele teria tudo para dar certo se não fossem os problemas a com durabilidade, capacidade e peso das baterias, o que ainda hoje é um desafio (Gurgel 800, 201?).

Figura 2 - Itaipu o primeiro Carro Elétrico da América Latina



Fonte: Site Gurgel 800

Após cinco anos de estudo, em 1980 outro veículo de tração elétrica foi desenvolvido e estava passando pelos primeiros testes, o Itaipu E400, mostrado na Figura 3. Tratava-se de um furgão com desenho moderno e agradável. Primeiramente ele foi vendido à empresas para testes. Depois da versão furgão viriam a picape, de cabines simples e dupla, e o E400 para passageiros. O E400 CD (cabine dupla) era um misto de veículo de carga e passageiros, lançado em 1983 (Gurgel 800, 201?).

Figura 3 - E400 o primeiro Carro Elétrico brasileiro fabricado em larga escala



Fonte: hypeness

Os VEs veem ganhando mercado cada dia mais, como o passar do tempo estão ficando mais modernos e desenvolvidos. São bicicletas, motos, carros e até mesmo patinetes com essa tecnologia.

Na atualidade vários modelos e marcas de VEs, por exemplo, a empresa norte americana Tesla foi fundada em 2003 por um grupo de engenheiros, que queriam provar para as pessoas que não é preciso abrir mão do que quer que seja para conduzirem um VE, que esses veículos podem ser mais rápidos, mais divertidos de conduzir que um veículo convencional (combustível fóssil) e ainda melhores. Atualmente, essa empresa fabrica veículos totalmente elétricos, e produtos de produção de energia limpa e de armazenamento infinitamente dimensionáveis, seus VEs possuem um designer moderno que chamam atenção, na Figura 4 é mostrado o Model S P100D da Tesla (Tesla, 2020).

Figura 4 - Model S P100D: veículo é totalmente elétrico da Tesla



Fonte: Exame

2.3 Funcionamento de Veículos Elétricos

A seguir uma descrição sucinta e comparativa sobre o funcionamento de VEs.

2.3.1 Veículos Elétricos x Veículos à combustão

Os veículos elétricos têm seu funcionamento baseado em três componentes fundamentais: sistema de propulsão elétrica, sistema de alimentação/armazenamento de energia e sistema auxiliar.

O sistema de propulsão elétrica é composto pelo controlador do veículo, conversor estático de potência de tração, motor elétrico, transmissão mecânica e roda de tração. Já o sistema de alimentação/armazenamento de energia é formado pela fonte de energia e/ou sistema de armazenamento de energia, sistema de gestão de energia e unidade de reabastecimento. Por fim o sistema auxiliar inclui múltiplas unidades, com a direção assistida, climatização entre outros (Melo, 2010).

Os veículos à combustão interna têm o funcionamento dos seus motores realizado por ciclos, denominados ciclos termodinâmicos, distinguidos por quatro fases ou quatro tempos, que são elas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Os ciclos são uma série de processos que acontecem quando um determinado sistema se desloca de um estado inicial para um estado original. Sendo assim nesses processos, os elementos fundamentais que definem um ciclo termodinâmico de uma máquina térmica são: substância de trabalho, fonte de calor, fonte fria e máquina térmica (Tillmann, 2013).

Os VEs têm como uma das principais características a sustentabilidade pois emitem poucos ou nenhum poluente, conforme sua fonte de energia, sendo que existem energias “limpas” e “sujas” dependendo da forma que foi produzida. Por não possuir várias peças no motor comparado ao de combustão e nem um sistema de escape ele não emite ruídos, podendo afirmar que os VEs são silenciosos, a durabilidade do motor é igual ou superior ao de combustão interna, uma vez que tem um menor desgaste, menor necessidade de manutenção e lubrificação. Quando comparados o custo com combustível, o consumo por km andado é menor, mas em contrapartida tem um elevado tempo de abastecimento. Possui frenagem regenerativa, não consome energia (combustível) quando fica parado no trânsito, seu torque de partida é elevado, como não tem embreagem e marchas é de fácil condução (Santos, 2017).

No Quadro 1 é possível observar a comparação entre veículos elétricos e veículos de combustão internas. Nele são expostas as vantagens e desvantagens dos VEs e os veículos tradicionais de combustão interna.

Quadro 1 - Vantagens e Desvantagens dos Veículos Elétricos e Veículos a Combustão

	Veículos Elétricos	Veículos à Combustão
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Sustentabilidade • Não emite ruídos (Silencioso) • Maior durabilidade do Motor • Menor custo com consumo • Frenagem Regenerativa • Não consome energia quando fica parado no transito • Elevado torque de partida • Fácil condução 	<ul style="list-style-type: none"> • Não possui custo elevado com bateria • Fácil para abastecer • Abastecimento rápido • Maior autonomia • Menor custo para aquisição
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Custo elevado da bateria • Falta de infraestrutura para recarga • Abastecimento demorado • Baixa autonomia • Vida útil reduzida da bateria • Alto custo de aquisição 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é sustentável • Emite ruídos • Menor durabilidade do motor comparando com o elétrico • Maior custo com consumo • Consome combustível quando fica parado no transito • Menor torque de partida devido ao câmbio e embreagem • Difícil condução

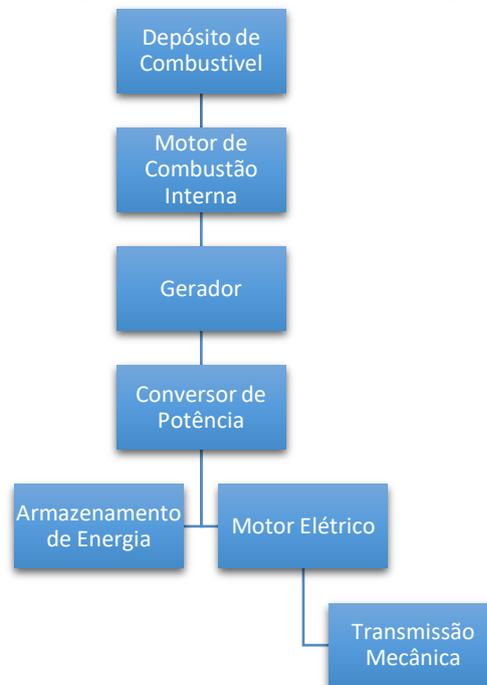
Fonte: Autor

2.3.2 Diagrama de Blocos

Como discutido anteriormente existem veículos puramente elétricos e veículos elétricos híbridos (VEH), cada segmento desses veículos possui um diagrama de blocos. Os veículos elétricos híbridos são divididos em VEH série, VEH paralelo, VEH série paralelo e VEH plug-in (Melo, 2010).

O VEH série possui um motor de combustão interno apenas para acionar um gerador que alimenta o motor elétrico de tração do veículo e efetua o carregamento das baterias. Em termos de concepção, trata-se de um VE assistido por um motor de combustão interna, na figura 5 é possível visualizar o diagrama em bloco (Melo, 2010).

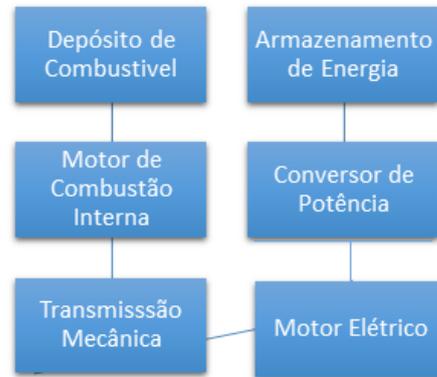
Figura 5 - Diagrama de Blocos VEH configuração série



Fonte: Autor

O VEH Paralelo tem a possibilidade do motor de combustão interna e do motor elétrico fornecerem potência, em paralelo, às rodas de tração do veículo. Conceitualmente, trata de um veículo convencional (motor de combustão interna) com assistência elétrica (motor elétrico). Desta forma, ambos os motores estão acoplados ao eixo de transmissão por meio de duas embreagens independentes, pelo que a propulsão pode ser efetuada pelo motor de combustão interna, pelo motor elétrico ou por ambos, na figura 6 é possível visualizar o diagrama em bloco (Melo, 2010).

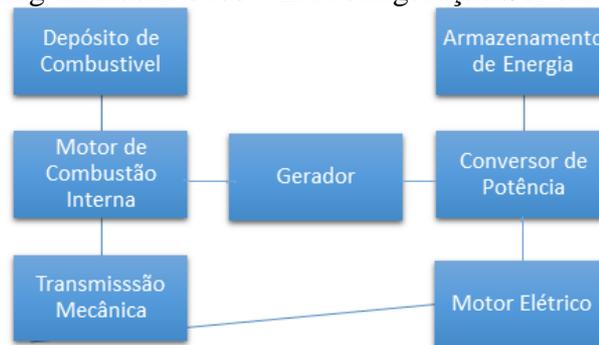
Figura 6 - Diagrama de Blocos VEH configuração Paralelo



Fonte: Autor

O VEH Série-Paralelo possui uma estrutura que integra as características das duas configurações faladas anteriormente, com intuito de assimilar as vantagens de ambas, na figura 7 é possível visualizar o diagrama em bloco (Melo, 2010).

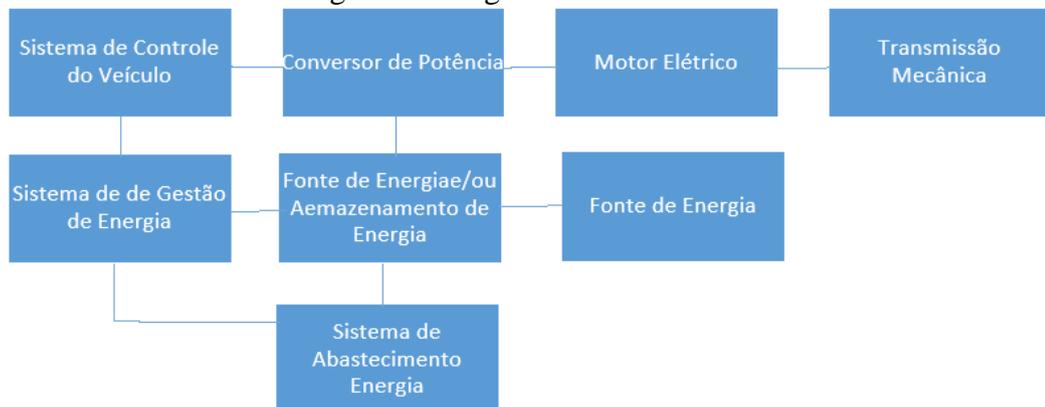
Figura 7 - Diagrama de Blocos VEH configuração Série-Paralelo



Fonte: Autor

A estrutura dos veículos puramente elétricos é composta basicamente por três sistemas, o de propulsão elétrica, de alimentação/armazenamento de energia e o auxiliar, na figura 8 é possível visualizar o diagrama em bloco (Melo, 2010).

Figura 8 - Diagrama de Blocos VE



Fonte: Autor

2.3.3 Motores Elétricos

Os motores elétricos convertem a energia elétrica em energia mecânica, operam pela interação entre o campo magnético com motores de tração. Eles são divididos em dois tipos:

- Os de corrente contínua;
- Os de corrente alternada;

Os motores de corrente contínua são aqueles que sua fonte de alimentação precisa ser em corrente contínua ou possuir um dispositivo que converta corrente alternada em corrente contínua. Esse tipo de motores geralmente é utilizado em casos especiais pelo seu alto custo.

Já os motores de corrente alternada são os mais utilizados, pois a distribuição de energia elétrica normalmente é feita em corrente alternada (Telmac, 2018). A potência do motor (a força que ele produz para movimentar a carga com uma determinada velocidade) pode ser medida em *Horse Power* (HP), Cavalos Vapor (CV) e kilo Watt (KW). No quadro 2 é possível observar como converter uma unidade de medidas dessas em outra (Telmac, 2018).

Quadro 2 - Conversão de Potência

Fórmula de Conversão		
De	Multiplicar	Para
HP e CV	0,745	KW
KW	1,341	HP e CV

Fonte: Autor

A rotação de um motor elétrico representa a quantidade de giro no eixo do motor por unidade de tempo, normalmente ela é expressa em rotação por minuto (rpm).

Já a frequência é o número de oscilações do elemento de movimento dentro de um intervalo de tempo, a unidade de medida é o Hertz (Hz). No Brasil a frequência da rede de alimentação é 60 Hz, isso significa que a tensão da rede se repete sessenta vezes em um ciclo a cada segundo.

A frequência é um dado muito importante pois influencia na rotação do motor. Em países como Paraguai, Argentina e no continente Europeu a frequência da rede é 50 Hz. Para a frequência de 60HZ temos a seguinte relação mostrada no quadro 3 (Telmac, 2018).

Quadro 3- Relação Número de Polos X Rotação Assíncrona

Motor	Rotação Assíncrona (rpm)
2 Polos	3600
4 Polos	1800
6 Polos	1200
8 Polos	900

Fonte: Autor

Em relação à tensão, existem motores monofásicos e trifásicos.

No motor monofásico a tensão é medida entre fase e neutro e no motor trifásico a tensão é medida entre as fases. Esses motores são os mais utilizados pois o sistema de alimentação nas indústrias é trifásico (Telmac, 2018).

O motor elétrico, diferente do motor a combustão, tem só dois elementos: rotor e estator, isso facilita a criação de *powertrains* (conjuntos motores) compactos. Existem muitos tipos de motores elétricos, todos eles são ligados pelo princípio operacional e os mesmos não tiveram muitas mudanças desde seu surgimento, embora as inovações tenham aumentado a confiabilidade e a eficiência.

Nos atuais VEs os motores de corrente contínua saíram de cena e os de corrente alternada trifásica são os utilizados, isso pois, os inversores permitem converter corrente contínua em corrente alternada, enquanto os controladores, que variam de frequência, permitem alteração a velocidade de rotação do motor. O motor mais comum hoje nos VEs são os motores síncronos de ímã permanente, mesmo ele sendo mais caro que os assíncronos, tanto por usar componentes feitos de materiais raros quanto pela maior complexidade da construção leva vantagem no desempenho, especialmente em altas cargas (Motor Show, 2019).

Os motores elétricos, como falado acima, não tiveram tantas mudanças desde seu surgimento, eles giram eletromecanicamente dentro dos estatores. A grande novidade é que uma *startup Linear Labs* no Texas afirma ter feito grandes avanços nos motores elétricos (Linear Labs, 201?). Eles criaram um novo modelo de motor, o *Linear Labs Hunstable Electric Turbine* (HET). O HET possui um desempenho bem melhor do que os motores convencionais, assim os VEs que utilizarem este motor podem deixar de ter caixa de velocidades e vão ganhar mais 10% de autonomia consoante o tamanho da bateria, e um aumento da potência e torque consoante o tamanho do motor. A *Linear Labs* afirma que seu motor aumenta a produção de energia nos VEs duas vezes mais e o torque de duas a cinco vezes mais que os motores convencionais com tamanho semelhante. Os motores elétricos possuem uma alta produção de

torque, por isso esses números apresentados pela *Linear Labs* são impressionantes (Portal Energia, 2019).

O HET é composto por 4 rotores, e o estator fica em um “túnel de torque magnético”, com todos os lados com a mesma polaridade, que ajuda a manter os campos magnéticos todos na direção do movimento de rotação. O motor também pode, deliberadamente, desalinhar os seus campos magnéticos para desenvolver um enfraquecimento do campo, o que parece indesejável, mas na verdade ajuda a alcançar uma maior velocidade no motor, onde o torque é igualado às RPM, uma espécie de ultrapassagem recorrendo à transmissão convencional (Portal Energia, 2019).

Logo, se os estudos confirmarem os números indicados pela *Linear Labs*, o HET irá revolucionar o mercado dos VEs, pois será possível eliminar equipamentos pesados (tornando desnecessário) e permitindo assim ter veículos mais leves, com baterias menores para a mesma autonomia. Os preços dos veículos, como consequência, vão abaixar, o carregamento será mais rápido, com melhor o uso de materiais. Essa revolução é muito interessante, entretanto é necessário que ele seja testado e comprovado que tem funcionalidade no mundo real, para isso, está previsto que em 2020 usem o seu motor nem um protótipo de *scooter* e em 2021, se os resultados forem satisfatórios, serão fabricados os primeiros protótipos automóvel (Portal Energia, 2019).

2.3.4 Controladores

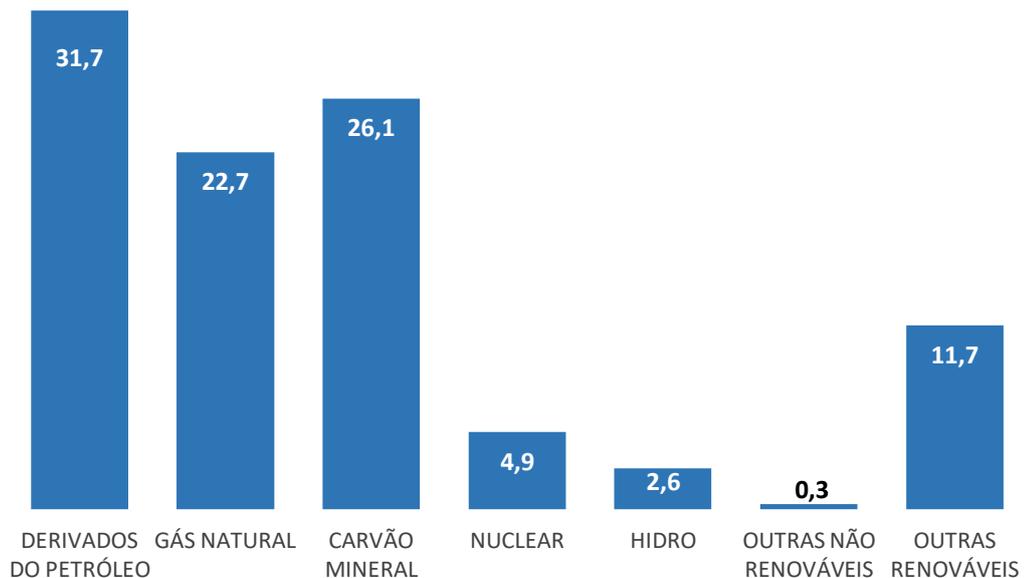
Os controladores são de suma importância para os VEs, por exemplo os sinais que são emitidos pelos pedais do acelerador de um veículo (efetuados pelo condutor) são recebidos pelo controlador, assim ele atua no controle do conversor de tração de tal forma a regular os fluxos de energia entre o sistema de armazenamento de energia e o motor elétrico. A atuação do controlador é também em função dos sinais recebidos pelo sistema de gestão de energia. São muitas as funções deste sistema, podendo-se citar: o controle do modo de frenagem regenerativa e respectivo armazenamento de energia que ela tem função de fazer; a monitoria dos estados do sistema de armazenamento de energia; e a regulação das operações de reabastecimento (Melo, 2010).

2.4 Matriz Elétrica e Energética Mundial

É muito comum as pessoas confundirem a matriz energética com a matriz elétrica. A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para movimentar os carros, preparar a comida (gás), gerar eletricidade, entre outros, enquanto a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. Assim é possível afirmar que a matriz elétrica é parte da matriz energética (EPE, 201?).

Mundialmente a matriz energética é composta principalmente por fontes energéticas que não são renováveis, podendo citar o petróleo, gás natural e o carvão. No gráfico 1 é possível observar que as fontes renováveis juntas correspondem à apenas 14,3% da matriz energética mundial (Ministério de Minas e Energia, 2019).

Gráfico 1- Matriz Energética Mundial

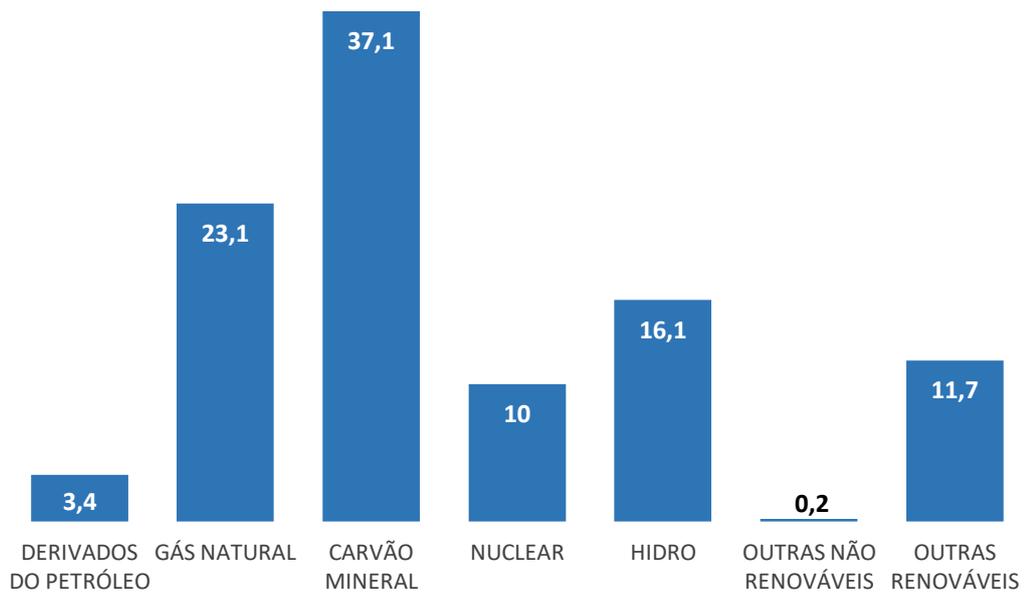


Fonte: Autor

Como citado acima a matriz elétrica é formada pelo um conjunto de fontes disponíveis com intuito exclusivo da geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo. A energia elétrica se torna cada vez mais indispensável na vida da população mundial, sendo necessária para assistir televisão, ouvir músicas no rádio, acender uma lâmpada, ligar uma geladeira, carregar um celular, recarregar um veículo, entre tantas outras coisas que estão inseridas na vida da população mundial (EPE, 201?).

Um ponto importante de ser observado é que a geração de energia elétrica no mundo é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão mineral, óleo e gás natural, em termelétricas. No gráfico 2 é possível observar que mundialmente a matriz elétrica tem o carvão mineral como principal fonte de energia, onde o mesmo representa 37,1% da fonte mundial (Ministério de Minas e Energia, 2019).

Gráfico 2 - Matriz Elétrica Mundial



Fonte: Autor

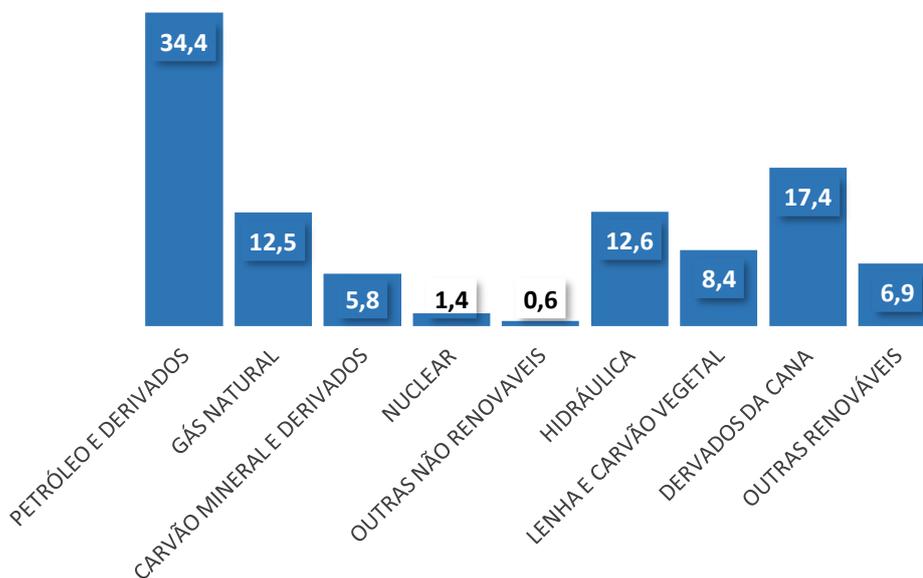
Os VEs causam um impacto na matriz energética principalmente durante o período de recarga dos mesmos. Pois, se o número de VE's for aumentado na frota automotiva de um determinado país, prevê-se certos picos de demanda de energia elétrica em determinados horários do dia, por exemplo, se considerar o Brasil, no período das 18h às 21h (horário de pico), que corresponde ao momento em que a maioria dos brasileiros chegam em casa e conectariam seu veículo elétrico para recarregar em sua rede doméstica, essa rede precisa estar pronta para receber tal acréscimo na demanda de energia, já que o maior problema do veículo elétrico na matriz energética é a potência necessária e não a energia que ele demanda (Dias, 2017).

Os VEs hoje não são e não serão o fim do crescimento da demanda global de petróleo. O setor petrolífero tem seu crescimento impulsionado principalmente pelos caminhões, a indústria petroquímica e os aviões (O Petróleo, 2019).

2.5 Matriz Energética e Elétrica Brasileira

Como pode ser observado abaixo no gráfico 3, a matriz energética Brasileira é muito diferente da mundial. No Brasil o consumo de energia com fontes não renováveis ainda é maior que as renováveis, mas em contrapartida é usado mais fontes renováveis que a somatória mundial. As fontes renováveis da matriz energética Brasileira representam 45,3%, enquanto mundialmente esse número é apenas 14,3% (Ministério de Minas e Energia, 2019).

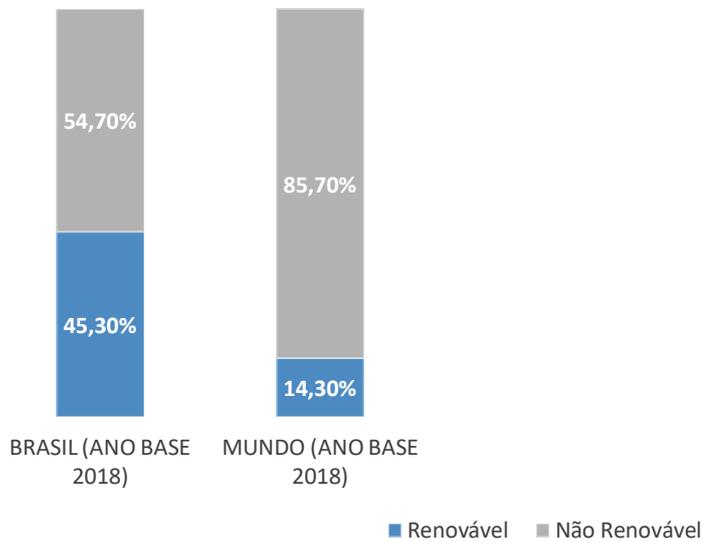
Gráfico 3 - Matriz energética Brasileira



Fonte: Autor

As fontes não renováveis de energia são as maiores responsáveis pela emissão de GEE. Com a característica de ter quase metade de sua matriz energética oriunda de fontes renováveis, o Brasil consome mais energia limpa que muitos países. No gráfico 4 é possível observar uma comparação entre o Brasil x Mundo (Ministério de Minas e Energia, 2019).

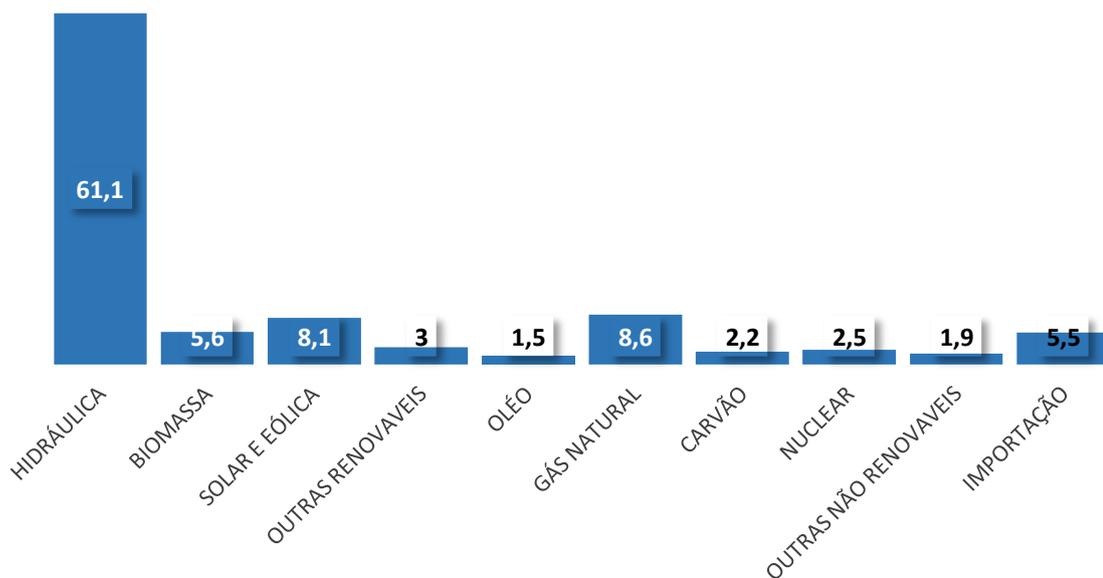
Gráfico 4 - Matriz Energética Brasileira X Mundial



Fonte: Autor

A energia elétrica brasileira é gerada em sua grande parte em usinas hidrelétricas, sendo que a energia eólica e solar vem crescendo bastante, assim a matriz elétrica no Brasil é ainda mais renovável do que a energética como pode ser visto no gráfico 5.

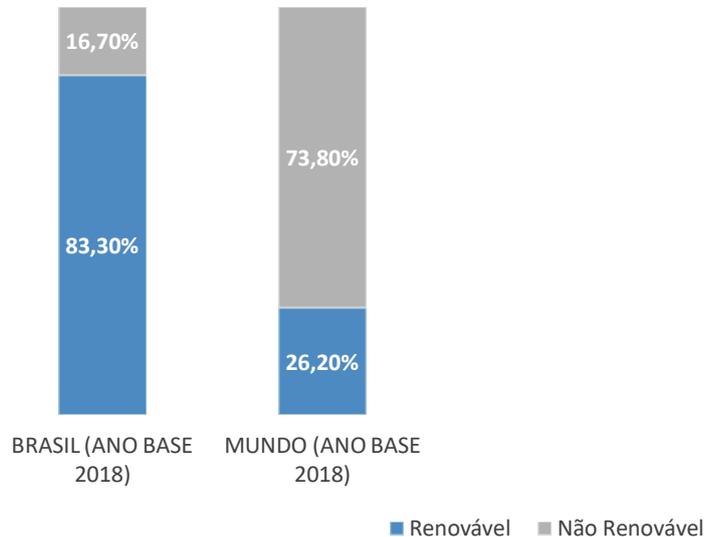
Gráfico 5 - Matriz elétrica Brasileira



Fonte: Autor

Quando comparado a matriz elétrica mundial com a brasileira é possível observar que as mesmas são opostas, mostradas no gráfico 6 (Ministério de Minas e Energia, 2019).

Gráfico 6 - Matriz Elétrica Brasileira X Mundial



Fonte: Autor

2.6 Considerações Finais

Como abordado nesse capítulo, os veículos elétricos tiveram seu surgimento por meados do século XIX, mas por diversos motivos como falta de infraestrutura de distribuição de energia elétrica, valor superior ao veículo a combustão, difícil manutenção, entre outros fatores, fizeram com que ele fosse perdendo espaço no mercado automotivo. Durante a primeira e segunda guerra mundial ele virou uma alternativa pela escassez de petróleo, mas ao término das mesmas voltou a perder mercado.

Com o início da conscientização da população sobre a poluição ambiental, e pelo fato dos veículos a combustão da época serem apontados como um dos grandes fatores de poluição dos grandes centros urbanos, por não possuírem filtros nem catalizadores para amenizar as emissões de poluentes e a gasolina era aditivada com chumbo, os VEs voltaram a chamar atenção dos fabricantes de veículos.

Hoje os VEs são um meio de locomoção não poluente dependendo do modo da geração de energia elétrica utilizada, bastante silenciosos e têm custo de operação e manutenção mais barata que o motor de combustão, além de serem mais eficientes, recuperando a energia da frenagem e auxiliando o sistema de freio tradicional do veículo através da frenagem elétrica regenerativa (Weg, 2020).

Os impactos causados pelos VEs na Matriz Energética e Elétrica tem pontos positivos e negativos, entretanto no cenário mundial tanto a Matriz Energética quanto a Elétrica são compostas em sua maioria por fontes energéticas que não são renováveis. No Brasil isso é diferente.

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional (SIN) proporciona a interconexão dos sistemas elétricos, onde a integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento aos consumidores com economia e segurança. A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas, mas nos últimos anos o número de usinas eólicas vem aumentando, principalmente nas regiões Nordeste e Sul. Existem usinas térmicas, localizadas principalmente nas proximidades dos principais centros de carga, elas possuem um papel estratégico relevante, contribuindo para a segurança do SIN. Os sistemas de transmissão são ligados as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor (ONS, 2020).

A implementação dos VEs com a prerrogativa da chamada propulsão limpa tem que ser levada em consideração a Matriz Energética de cada país, existem vários países que sua maior fonte energética vem da queima do carvão ou outros tipos de fontes não renováveis, ou seja, isso não irá amenizar a poluição, se a comparação for meramente pelo que sai do escapamento de um veículo, realmente os VEs levam grande vantagem, ou os híbridos, que só usam ocasionalmente o propulsor a gasolina, mas é preciso pensar no ciclo completo (Quatro Rodas, 2020).

No Brasil sobre o ponto de vista Energético, um possível aumento gradativo na frota de VEs tem um bom potencial para o sucesso, devido aos investimentos na área de geração de energia (SIN) e por ser um país com matriz elétrica composto em sua maioria por fontes renovável. Em contrapartida a falta de infraestrutura para a recarga dos VEs, e o preço muito elevado do mesmo deixa esse sucesso distante (Dias, 2017).

3 CARREGAMENTO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

3.1 Considerações Iniciais

Os VEs puros e os híbridos possuem mais de uma alternativa para sua fonte de energia, entre elas pode-se destacar as baterias que são as mais utilizadas, mas, combustível (utilizado nos híbridos), volantes de inércia (Sistema Mecânico de Armazenamento de Energia, “*Flywheel*”), ultra capacitores, e as células de combustível estão ganhando seu espaço (De Campos, Maurício et al, 2014)

As baterias automotivas vêm sofrendo uma transformação no cenário global, isso pois com a crescente eletrificação de veículos, leva à utilização de baterias cada vez mais avançadas, com a capacidade de fornecer mais energia aos diversos novos sistemas que estão sendo inseridos a eles. Outro fato é a disseminação dos VEs, que representa a mudança ainda mais radical nessa indústria (Santiciolli, 2014).

Nos VEs puros e híbridos, a bateria tem uma função primordial. Em geral elas são diferentes das utilizadas tradicionalmente nos veículos a combustão interna. Nos VEs as baterias passam a ser responsáveis por muitas funções, como o funcionamento do motor, e por isso a necessidade de energia fica cada vez maior, necessitando de uma tecnologia nova. A tradicional (bateria de chumbo-ácido), presente nos veículos atuais, e que o Brasil dispõe de grande parque industrial, não está conseguindo suprir as necessidades, devido ao volume e, sobretudo, ao peso dessas baterias, em contrapartida, existe algum espaço para aplicações dessas baterias em alguns tipos de veículos híbridos. Como uma solução surge uma provável tecnologia dominante, as baterias de íon-lítio, que são mais leves e possuem uma maior densidade energética (Castro, Barros e Veiga, 2013).

A recarga das baterias de um VE varia com o tipo de bateria utilizado e com a capacidade de disponibilização de energia pela rede elétrica (Do CBP Rodrigues, Márcio et al, 2014).

3.2 Armazenamento de Energia

O armazenamento de energia vem sendo considerado por muitas pessoas uma solução para a geração intermitente através de fontes renováveis, podendo citar energia eólica e a solar. Em vários países o armazenamento de energia está sendo usado para ajudar nas demandas do SE, como estabilizar variações de tensão que ocorrem nas redes de distribuição ou/e eliminar sobrecargas nas linhas de transmissão. A indústria já vem utilizando essas tecnologias de

armazenamento em equipamentos eletrônicos, turbinas e VEs, onde o armazenamento de energia é primordial para seu desenvolvimento e popularização (Shar Energy,2019).

Os sistemas de armazenamento de energia são tecnologias e métodos que tem como objetivo armazenar energia elétrica, podendo ser utilizado para diversos seguimentos. Seu funcionamento, consumo e autonomia vai variar de acordo com a tecnologia empregada. Esses sistemas tem um papel primordial na disseminação dos VEs, já que a energia é o “combustível” para esses tipos de veículos.

Também é possível citar outros exemplos, onde o armazenamento de energia é crucial. Em povoados localizados em regiões remotas, muitas vezes a população não possui acesso à rede elétrica, tornando assim uma opção para que os moradores tenham energia elétrica. Os equipamentos eletrônicos que funcionam sem estar conectados à uma tomada, necessitam de dispositivo armazenador de energia. No cenário atual as fontes renováveis (energia eólica e solar) vem ganhando cada vez mais espaço. Um desafio é que essas fontes são intermitentes, ou seja, geram energia quando está ventando ou quando há sol. O armazenamento de energia nesse caso possibilita o uso da energia fora do horário intermitente de geração dessas fontes renováveis (Shar Energy,2019). Abaixo são citadas algumas áreas em que o armazenamento é geralmente usado:

- Nos VEs, tornando-os mais independentes, seguros e confiáveis;
- No armazenamento centralizado, que tem como objetivo substituir usinas geradoras “de ponta” (usinas a gás ou diesel/óleo), que são acionadas em horários de maior demanda;
- No suporte à transmissão e distribuição, através da instalação de sistemas de armazenamento próximos a subestações, com a finalidade de estabilizar a rede elétrica;
- No suporte a usinas renováveis de geração centralizada, com sistemas de armazenamento de energia capazes de “amortecer” a intermitência da geração eólica ou solar;
- Em instalações comerciais e industriais, que visam reduzir o custo da energia na ponta e o custo de demanda;
- Em instalações residenciais, para consumidores interessados em ter mais autonomia da rede elétrica e no melhor aproveitamento dos sistemas fotovoltaicos.

3.2.1 Baterias

A bateria é um equipamento acumulador, que tem como função transformar a energia química em energia elétrica e vice-versa, normalmente isso acontece por uma reação de oxirredução. No catodo (polo positivo) ocorre a redução e o anodo (polo negativo) ocorre a oxidação. Os elétrons correm do anodo para o catodo, gerando energia elétrica (Castro, Barros e Veiga, 2013).

Existem baterias primárias e secundárias, a diferença entre elas é que as primárias não são recarregáveis e as secundárias são (Castro, Barros e Veiga, 2013). Na figura 9 é possível visualizar essa divisão. Neste trabalho vai ser abordado somente as baterias secundárias (recarregáveis) que são utilizadas nos VEs.

Figura 9- Tipos de Baterias



Fonte: Autor

3.2.1.1 Bateria Chumbo-Ácido (Pb-Ac) (ANE, 2016)

As baterias chumbo-ácido (Pb-Ac), são as mais desenvolvidas dentre as tecnologias eletroquímicas de armazenamento de energia. São baterias secundárias (recarregáveis), suas vantagens são: uma vida útil razoável quando operada corretamente; facilidade de fabricação; baixo custo; e cinética rápida da reação eletroquímica. Esses fatores fizeram esse modelo de bateria ter alta aceitação no mercado para diversas aplicações. Entretanto, a larga escala de fabricação das baterias Pb-Ac apresenta desvantagens, principalmente ao meio ambiente, pois sua construção necessita de materiais tóxicos e potencialmente perigosos. Outros fatores são os problemas de manutenção e uma limitada vida útil, fora a baixa densidade de energia e de potência. A vida útil da mesma varia bastante os números de ciclos de descarga e aplicação.

3.2.1.2 Bateria Níquel-Cádmio (Ni-Cd) (ANE, 2016)

As baterias níquel-cádmio (Ni-Cd) são secundárias (recarregáveis) que utiliza o metal níquel (Ni) em um dos eletrodos (positivo) e o eletrodo negativo utiliza o cádmio (Cd). Nas baterias de níquel, a de Ni-Cd é a mais utilizada para armazenamento de energia. É uma tecnologia desenvolvida como a de Pb-Ac, mas o valor de aquisição superior as de Pb-Ac. Sua vantagem é a e vida útil, menor preço quando comparado com os demais tipos de baterias com exceção das Pb-Ac, confiabilidade, alta densidade de energia, elevada capacidade de descarga e robustez. Mas em contrapartida apresenta desvantagem pois possui uma eficiência na faixa de 60 a 70% e uma tendência a apresentar perdas de carga elevadas, outro fator negativo é o impacto ao meio ambiente, já que apresenta uma toxidez decorrente da presença de cádmio (Cd) na sua constituição. Comparada com outros tipos de baterias secundárias, ela possui uma vida útil boa e um bom desempenho em baixas temperaturas.

3.2.1.3 Bateria de Íon Lítio (Li-íon) (ANE, 2016)

As baterias de Li-íon são secundárias (recarregáveis) e utilizadas em equipamentos eletrônicos. Elas têm sido principal opção para as aplicações nos VEs, seja nos puros ou/e híbridos. Essas baterias possuem uma alta densidade energética e podem suportar altas taxas de carga e descarga e apresentam uma vida útil elevada (2000 a 3000 ciclos). Nos últimos anos as baterias de Li-íon têm aparecido como a tecnologia que mais cresce nas aplicações estacionárias para armazenamento de energia, com destaque para o armazenamento de energia em sistemas

fotovoltaicos isolados da rede (off-grid), mas as essas baterias apresentam algumas desvantagens, como o valor superior aos das demais baterias convencionais (Pb-Ac, Ni-Cd).

3.2.1.4 Bateria Zinco-Ar (Zn/Ar) (ANE, 2016)

As baterias Zinco-Ar utilizam um metal eletropositivo Zinco conectado eletroquimicamente ao oxigênio proveniente do ar para gerar energia elétrica. Estas baterias potencialmente possuem um baixo custo e elevada densidade de energia. Suas aplicações são voltadas para veículos (entre eles VEs puros e híbridos), equipamentos eletrônicos e aplicações estacionárias no setor elétrico. Essa tecnologia possui vantagens relativas a seu baixo custo e sua simplicidade de construção.

3.2.1.5 Bateria de Sódio-Níquel-Cloro (ZEBRA - *Zero Emission Battery Research*) (ANE, 2016)

As baterias ZEBRAS utilizam eletrodos no estado líquido (sódio com eletrodo negativo e uma mistura de níquel e cloreto de níquel como eletrodo positivo). O eletrólito é constituído por um material cerâmico sólido (β -alumina), e a transferência do sódio na forma iônica é facilitada pela temperatura de operação elevada da bateria ($270^{\circ} - 350^{\circ} \text{C}$). As baterias ZEBRA foram desenvolvidas para uso veicular, mas também estão sendo utilizadas em sistemas de armazenamento específicos para conexão à rede de fontes renováveis intermitentes e nivelamento de carga. As baterias ZEBRA estão disponíveis no comércio para uma potência na entre 5 a 500 kW e capacidade de energia de até 100 kWh. Um dos seus grandes diferenciais é sua eficiência, que é 85 e 90%, seu tempo de resposta é de 20 ms e sua vida útil de até 3 000.

3.2.2 Ultracapacitores

Os Ultracapacitores (UCs) são capacitores com a uma capacidade muito grande de capacitância. Podem possuir uma capacitância de até 5000 F (Farad) e, ao contrário das baterias (que sua função é armazenar energia quimicamente), os capacitores acumulam cargas opostas fisicamente entre suas placas. Para intermediar as placas são usados os meios dielétricos ou eletrolíticos. Os UCs possuem uma alta potência específica que pode variar entre 2000 a 6000W (Watt)/kg (Quilograma) e uma baixa energia específica que varia entre 0,5 a 30 Wh/kg, onde são empregados em transientes curtos e intensos. Algumas características importantes são a

vida em ciclos virtualmente infinita e a elevada eficiência que gira em torno de 90% (Santicioli, 2014).

O princípio do armazenamento dos Ultracapacitores é o mesmo dos capacitores convencionais, a diferença é que o material isolante é substituído por um eletrólito. Assim como um capacitor eletrolítico convencional, o valor da capacitância de um Ultracapacitor eletroquímico é determinado pelos parâmetros dimensionais, sendo inversamente proporcional à distância que separa as placas e diretamente proporcional à área das placas. Nos Ultracapacitores a capacitância extremamente elevada é alcançada pois os mesmos possuem uma enorme área superficial dos eletrodos, e uma mínima distância entre as cargas, por esses motivos eles são capazes de armazenar uma quantidade de energia muito maior do que qualquer capacitor convencional de mesma massa ou volume (ANE, 2016).

Os Ultracapacitores possuem a característica de ter uma vida útil 8-10 anos, os Ultracapacitores são uma fonte boa de potência e com uma dinâmica rápida, mas não é a melhor escolha quando o armazenamento de energia é feito em grandes volumes. Os Ultracapacitores têm um valor elevado de investimento, pois se trata de uma tecnologia em estágio de desenvolvimento (ANE, 2016).

3.2.3 Células Combustível

As células combustíveis também são conhecidas como pilhas a combustível e tem característica de possuir uma eficiência alta. Essa é uma vantagem grande em relação a outras formas de transformar energia química em energia elétrica. Além de tudo possui um baixo impacto ambiental, sem emissão de particulados, sem ruídos, sem vibrações, sem combustão e dependendo da tecnologia, sem emissão de GEE (Portal Biosistemas Brasil, 2012).

A célula a combustível (como um sistema de conversão de energia) não é uma tecnologia nova, ela foi inventada no século XIX por William Grove, hoje acredita-se que como na época as fontes primárias de energia eram abundantes e baratas, seu desenvolvimento não prosperou. O princípio básico é transformar energia química em energia elétrica (Portal Biosistemas Brasil, 2012). São muitos os requisitos apresentados pelos sistemas elétricos convencionais, isso gera desafios técnicos específicos para o desenvolvimento das células de combustível, por isso foram desenvolvidos diferentes tipos. Para melhor funcionamento da célula de combustível a mesma deverá funcionar a temperaturas elevadas (Portal Energia, 2019).

Principais tipos de células de combustível (Portal Energia, 2019):

- Células de combustível com membrana de permuta protónica (CCMPP);
- Células de combustível alcalinas (CCA);
- Células de combustível ácido fosfóricas (CCAF);
- Células de combustível de carbonato fundido (CCCF);
- Células de combustível de óxido sólido (CCOS).

3.2.4 Sistema Mecânico de Armazenamento de Energia

O volante de inércia é um componente mecânico bem antigo e muito conhecido, que é capaz de somar a inércia com um sistema, assim ele se torna capaz de armazenar energia cinética quando está em movimento rotativo. Eles são usados em muitas máquinas motrizes, onde o volante de inércia se opõe a variações bruscas de um movimento rotativo, tendo a capacidade de diminuir as flutuações de velocidade angular do conjunto ou atrasar a perda de velocidade. Este sistema é conhecido por *Flywheel*, que converte energia mecânica em energia elétrica facilmente e vice-versa, usando um simples motor elétrico (ou gerador) (Marcelino, 2013).

O sistema mecânico de armazenamento de energia *Flywheel*, é um equipamento formado por um rotor, onde a energia cinética é armazenada e assim pode fornecer energia de forma instantânea. Quando um motor elétrico está em operação, o mesmo alimenta o rotor que entra em rotação e armazena a energia cinética angular, desta maneira a energia elétrica é convertida em energia mecânica. E quando a energia armazenada é suficiente, o rotor desacelera e a energia mecânica é convertida novamente em energia elétrica. Essa tecnologia é bastante interessante para a melhora da rede elétrica (Shar Energy,2019).

Atualmente essa tecnologia vem sendo utilizada em metrô e navios. A energia da frenagem dos trens é armazenada e utilizada no arranque das estações. Normalmente um trem necessita de uma potência de 4 megawatts (MW) por aproximadamente 30 segundos para atingir a velocidade de arranque (Shar Energy,2019).

Vantagens do *Flywheel*:

- Mínimo Impacto Ambiental;
- Elevada Capacidade de Armazenamento;
- Rápido Carregamento;
- Durabilidade;

Desvantagens do *Flywheel*:

- Freqüência e Tensão de saída com grandes variações de amplitude;
- O *Flywheel* possui altos níveis de energia elétrica e mecânica, por esse fato é necessário que as questões de segurança sejam elevadas;

3.3 Carregamento de Baterias

O carregamento dos VEs pode ser feito em casa, em estacionamento corporativo ou em estações de recarga públicas. Uma equipe de consultores e técnicos especializados, guiarão durante o processo, desde a seleção da estação de carga doméstica mais adequada às suas necessidades, até a sua instalação. Os que não tiverem esse interesse ou até mesmo necessitarem de recarregar seu VE fora de casa, pode realizar em estações de carregamento públicas (Enel X, 201?).

3.3.1 Posto de Carga e Conectores

Para carregar o VE em estações de carregamento públicas, é necessário um cabo de carregamento, um ponto de carregamento (estação de carregamento pública) e um dispositivo de pagamento (a cobrança pode ser paga via cartão ou aplicativo, dependendo do provedor de serviços da cobrança escolhido) (Enel X, 201?).

No Brasil a ANEEL aprovou no dia 19 de junho de 2018 a Resolução Normativa nº 819/2018, essa regulamentação é a primeira no país sobre a recarga de VEs, para interessados na prestação desse tipo de serviço (postos de combustíveis, distribuidoras, empreendedores, shopping centers, etc). Essa Resolução reduz a incerteza para os interessados em investir no desenvolvimento da infraestrutura (ANEEL, 2018).

A ANEEL fez uma regulamentação mínima do tema, com o objetivo principal de evitar interferências indesejáveis da recarga com a operação da rede elétrica e com isso garantir que as tarifas dos consumidores de energia elétrica das distribuidoras não sejam alteradas pela prestação desse serviço, quando o mesmo for realizado. É permitido qualquer interessado na realização de recarga de VEs, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados, a chamada recarga pública. A distribuidora local pode, a seu critério, instalar estações de recarga em sua área de atuação destinadas à recarga pública de VEs (ANEEL, 2018).

Uma das maiores preocupações quando se fala em VEs é a sua recarga. Sendo necessário considerar não apenas os postos de recarga especializados, mas também o modelo dos seus

conectores, existem ao todo 8 modelos. Assim pode haver dificuldades na hora de recarregar o veículo, quando o conector correto não está disponível (Carro Elétrico, 2020).

Cada fabricante de VE tem suas tecnologias e peculiaridades, e isso reflete diretamente nos tipos de conectores para recarga desses VEs. Resumindo, praticamente cada marca possui seus modelos de conectores (Carro Elétrico, 2020).

O conector SAE J1772 Tipo 1 é o modelo mais antigo do mercado, esse é o modelo favorito na América do Norte, sendo utilizado no Chevrolet Volt. Por sua tecnologia já estar obsoleta, a capacidade de sua recarga é inferior aos demais modelos. Ele consegue entregar 19,2 kW de potência, usando monofásica de 120 – 240 Volts. É possível encontrar este conector em estações de recarga antigas no Brasil. A Figura 10 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 10 - SAE J1772 (Tipo 1)



Fonte: Carro Elétrico, 2020

Veja as especificações técnicas desse modelo:

- **Nome:** SAE J1772 (Tipo 1)
- **Corrente:** 80A
- **Tensão:** 120 – 240V
- **Potência:** 0,96 – 19,2 kW

O conector SAE IEC 62196 Tipo 2 é o modelo favorito da Europa, seu uso é incentivado por lá, por esse motivo se tornou o mais comum no mercado. Foi desenvolvido para trabalhar com uma tensão de 200 – 400 Volts. Ele entrega até 50 kW de potência, fazendo uso de corrente alternada (AC) para isso. Essa característica o torna um conector de recarga rápida, além de versátil. É usado em diversas ocasiões, e são encontrados principalmente em shoppings e mercados. Os veículos híbridos disponíveis no Brasil são compatíveis com este conector. Em contrapartida, apenas o Renault Zoe (VE) pode utilizá-lo, na Figura 11 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 11- SAE IEC 62196 Tipo 2



Fonte: Carro Elétrico, 2020

As especificações técnicas desse modelo são:

- **Nome:** SAE IEC 62196 Tipo 2
- **Corrente:** 63 A (de mono a trifásico)
- **Tensão:** 240 – 400V
- **Potência:** 43 kW (padrão)

O conector GB/T é o padrão Chinês, ou seja, só é usado em VEs vindos de lá, possui uma peculiaridade quando comparado aos outros modelos de conectores, pois tem duas versões. A primeira versão (GB/T 20234.2-2011 AC) trabalha com corrente alternada, entregando até 14,08 kW e uma corrente de 32A, funciona com tensão de 240 – 400 Volts. No que se refere à segunda versão (GB/T 20234.3-2011 DC), trabalha em corrente contínua (DC) e é capaz de entregar até 187,5 kW de potência, operando em 400 – 750 Volts, na Figura 12 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 12 - GB/T



Fonte: Carro Elétrico, 2020

As especificações técnicas são:

- **Nome:** GB/T

- **Corrente:** 32A (AC), 250A (DC)
- **Tensão:** 240 – 400V (AC), 400-750V (DC)
- **Potência:** 14,08 kW (máxima AC), 187,5 kW (máxima DC)

O conector CCS Tipo 1 é uma versão melhorada do antigo conector Tipo 1 AC. A diferença são apenas duas entradas extras, responsáveis por entregar corrente contínua, possui retro compatibilidade com algumas estações de recarga, conseguindo entregar até 125 kW de potência, trabalhando nas tensões de 200 – 600 Volts. No Brasil, só existe um carro que faz uso desse conector, o Chevrolet Bolt, na Figura 13 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 13 - CCS Tipo 1



Fonte: Carro Elétrico, 2020

As especificações técnicas desse modelo são:

- **Nome:** CCS Tipo 1
- **Corrente:** 200A
- **Tensão:** 200 – 600V
- **Potência:** 125 kW

Os conectores CCS Tipo 2 é uma evolução do CCS Tipo 1, a diferença são duas entradas extras de AC. Assim, toda sua arquitetura é a mesma, possuindo compatibilidade com tomadas Tipo 2. Seus diferenciais estão na sua tecnologia de ponta, fazendo-o suportar 850 Volts e 170 kW de potência. Como é um Tipo 2, integra o padrão europeu, sendo muito popular, na Figura 14 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 14 - CCS Tipo 2



Fonte: Carro Elétrico, 2020

As especificações técnicas desse modelo seguem:

- **Nome:** CCS Tipo 2
- **Corrente:** 200A
- **Tensão:** 200 – 850V
- **Potência:** 170 kW

Os conectores CHADEMO são padrão no Japão, no Brasil é encontrado somente no Nissan Leaf. Ele opera em 500V, entregando uma potência de 60 kW, embora seja o padrão japonês, os carros que utilizam esse conector também aceitam outros modelos. O próprio Nissan Leaf, por exemplo, é compatível com o Tipo 1, no Brasil, na Figura 15 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 15 – CHADEMO



Fonte: Carro Elétrico, 2020

Especificações técnicas desse modelo:

- **Nome:** CHADEMO
- **Corrente:** 100 – 200A

- **Tensão:** 500V
- **Potência:** 60 kW (máxima)

O conector Tesla *Charging* é o modelo oficial da empresa Tesla. Possui a capacidade de operar tanto em AC quanto em DC. As estações residenciais podem entregar até 19,26 kW de potência, enquanto os *Superchargers* entregam até 250 kW. A Tesla com intuito de popularizar seu conector, oferece adaptadores tanto para conectores Tipo 1 quanto para o CHADEMO. Além disso, carros endereçados para o resto do mundo vão com conectores CCS Tipo 2, na Figura 16 mostra esse modelo (Carro Elétrico, 2020).

Figura 16 - Tesla Charging



Fonte: Carro Elétrico, 2020

As especificações técnicas são:

- **Nome:** Tesla
- **Corrente:** 12A/80A monofásico a trifásico / 250A DC
- **Tensão:** 110V/240V AC / 500V DC
- **Potência:** 1,32 kW – 19,26 kW AC /250 kW DC

3.3.2 Recargas Lenta e Rápida (Venturus, 2019).

Os VEs são fabricados com motores elétricos alimentados por baterias que podem ser carregadas a partir da rede elétrica. Os tipos mais comuns de VEs são os chamados de puros a baterias (que possuem apenas motores elétricos) e os híbridos plug-in (que possuem tanto motores elétricos como motores de combustão interna convencionais). A recarga de um VE (seja ele puro ou híbrido plugin) diferencia do abastecimento dos veículos a combustão convencionais em dois aspectos: o primeiro é o ambiente em que a recarga pode ser realizada, e o segundo é o tempo necessário para realiza-la (geralmente um tempo consideravelmente

maior que os dos veículos a combustão), que varia com a potência disponibilizada pelo ponto de recarga rápido.

Existe modo de recarga lenta e rápida. No modo de recarga lenta a potência que é utilizada é até 3,7 KW e o tempo necessário para recargar o veículo pode chegar até 8h. Em contrapartida a recarga rápida utiliza uma potência acima de 40 KW, sendo necessário para recargar 80% da bateria apenas de 20 a 30 minutos rápido.

Quando falado que uma das diferenças dos VEs para os veículos a combustão estava nos ambientes de abastecimento, é porque os VEs apresentam uma diversidade muito maior que os veículos a combustíveis em relação a recarga. Os pontos de recarga lenta por exemplo, são instalados normalmente em residências, estacionamentos, *shoppings*, empresas e outros locais privados ou públicos, onde o tempo de recarga não é um fator crítico (não exige uma recarga rápida). Já os eletropostos de recargas rápidas, são normalmente em infraestrutura pública, como rodovias, onde o tempo é um fator importante para os motoristas. Algumas vias do Brasil, como a Rodovia Presidente Dutra e a Rodovia dos Bandeirantes, já contam com eletropostos de abastecimento rápido.

3.3.3 Troca de Bateria (Jornal da USP, 2020)

Nos atuais VEs a bateria é uma parte do mesmo, isso faz com que a troca desse item seja bastante complicada, pois isso equivale a uma reforma do veículo. Tecnicamente, a bateria não necessita ser assim, ela pode ser encaixada em um equipamento adequado. Com a bateria integrada ao VE surge um problema, a baixa vida útil do veículo. Por exemplo, no Brasil até 2018, a frota circulante de automóveis (de todos os tipos) era de 37 milhões de veículos, desse total 42% (15 milhões) tinha uma idade menor que oito anos, em contrapartida a vida útil de uma bateria depende do seu uso, mas também do tempo decorrido. Os fabricantes em grande maioria dão oito anos e 160 mil km de garantia, sendo que o custo de uma bateria nova para o fabricante (50 kwh) é aproximadamente US\$ 12.000, sendo necessário ainda acrescer o valor de taxas e impostos para importação. Sendo assim é possível concluir que quando a bateria de um VE arriar, provavelmente o mesmo poderá virar sucata, pois a depender da cotação do dólar, o preço para a troca pode não ser vantajoso.

3.3.4 Recarga em Movimento (Quatro Rodas, 2020)

Uma rodovia eletrificada está sendo construída na Suécia, ela é capaz de realizar recarga dos VEs por indução, enquanto os mesmos estão rodando pelo percurso, esse projeto faz parte de um plano onde o país pretende eliminar o consumo de combustíveis fósseis até 2050. O sistema é inteligente e foi feito em parceria com a empresa israelense *ElectReon Wireless* o valor foi de 11 milhões de euros (cerca de R\$ 63 milhões), o trecho é de 1,6 quilômetro de extensão, ele liga o aeroporto local a cidade de Visby na Suécia.

A eletricidade nesse trecho é gerada por uma rede de bobinas instalada sob a estrada, quando essa bobina recebe a corrente elétrica, inicia-se um processo de geração do campo magnético (responsável por carregar os VEs). Mas para esse carregamento ser feito, é necessário que os VEs possuam um receptor especial (o receptor está sendo testado em um caminhão), assim que o campo magnético for gerado e o receptor estiver devidamente testado e instalado, o VE andarás pelo trecho dessa estrada e a recarga será realizada automaticamente sozinha.

Nessa fase de testes, esse projeto será destinado às caminhões elétricos, e depois para todos os tipos de VEs, que terão que estar devidamente equipados com o receptor. O governo sueco pretende implementar no país cerca de 2.000 quilômetros de rodovias elétricas que permitam o carregamento por indução. Essa tecnologia tem como objetivo diminuir o valor dos veículos locais, pois as baterias poderão ser menores e, assim mais baratas, isso tudo devido ao fato dos VEs não precisarem de um grande armazenamento de energia, já que recarga das vias serão constantes (basta estar rodando), e ainda não será necessário investir em infraestrutura para a construção de pontos de recarga.

A Suécia já tentou outras tecnologias de recarga de VEs em movimento. Há mais ou menos dois anos atrás, eles realizaram um projeto parecido de rodovia elétrica em um trecho de dois quilômetros, próximo a Estocolmo. Mas naquela época o sistema não realizava o carregamento por indução, foram instalados trilhos no solo e um braço móvel no veículo (parecido com a conexão que os carrinhos fazem na pista de autorama), quando as superfícies entravam em contato, iniciava o processo de carga. Outra ideia também vinda da Suécia é a de instalação de postes com fios eletrificados em determinados trechos de rodovias, e assim permitir o carregamento de caminhões via braços pantográficos. Essa ideia é similar à usada por ônibus elétricos que circulam pelo centro da cidade de São Paulo.

3.4 Considerações Finais

Um fator muito importante para a popularização dos VEs não só no Brasil, mas no mundo é o carregamento e armazenamento de energia.

Tecnologias envolvendo as baterias estão sendo desenvolvidas, para diminuir a poluição proveniente das mesmas, aumentar vida útil e aumentar a autonomia da distância percorrida pelos VEs. Pode-se perceber que a potência da recarga das baterias está diretamente ligada ao tempo necessário para recarregar o VE, pois quanto maior a potência menor será o tempo de recarga. Uma das desvantagens dos VEs é o tempo necessário para recarregar, mas uma vantagem é que ele oferece diferentes opções de abastecimento, sendo possível deixar o VE recarregando em um estacionamento no horário de trabalho ou em casa depois do expediente.

Muito diferente do que muitas pessoas pensam, a bateria não é a única maneira de armazenar energia em um VE. Diversas tecnologias vêm sendo estudadas e desenvolvidas, com intuito de deixar os VEs mais sustentáveis (sem a poluição da fabricação e descarte das baterias), baratos e autônomos, como os volantes de inércia (Sistema Mecânico de Armazenamento de Energia, “*Flywheel*”), ultra capacitores, e as células de combustível (Santiciolli, 2014). Tecnologias com o carregamento das baterias com o VE em movimentos também estão sendo desenvolvidas e a Suécia se destaca neste cenário, com pesquisas já em fase de teste.

Por fim, vale destacar que um fato bem interessante é que o armazenamento de energia é utilizado não somente em VEs, mas também em várias áreas do setor elétrico, podendo causar um impacto positivo na vida de muitas pessoas.

4 CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS DA INSERÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

4.1 Considerações Iniciais

O consumo de energia elétrica no mundo cresceu significativamente no decorrer dos anos. E o desenvolvimento constante de inúmeras tecnologias fez e faz com que cada dia a eletricidade se torne indispensável. Essa necessidade por energia, trouxe estudos e incentivos para a área de armazenamento desse bem, como eficiência dos sistemas de armazenamento, sistemas inteligentes integrados, entre outros, que permite o avanço tecnológico dos sistemas de geração de energia (principalmente das fontes renováveis) (Felippe. I. A., et al).

Os VEs já são uma realidade, e devem ser considerados no planejamento urbano moderno. Os VEs se tornaram uma alternativa em relação ao uso dos derivados do petróleo, mas devem ser considerados no planejamento da matriz elétrica (devido ao aumento do consumo acarretado por eles). Cada país deve desenvolver políticas de acordo com sua realidade, como na geração e distribuição de energia, incentivos aos pontos de recarga, entre outros (Felippe, I. A., et al).

Em contrapartida, a popularização dos VEs tem que ser analisada cuidadosamente, pois para ser benéfica ao meio ambiente, a matriz elétrica deve, obrigatoriamente, ser renovável. Se esse fato não acontecer, os benefícios dos VEs não serão sentidos de maneira completa. A redução das emissões de poluentes nos centros urbanos, vão diminuir, mas aumentará no local da geração de energia (BNDS, 2018).

4.2 Mercado De Veículos Elétricos No Brasil E No Mundo

Em 2019 no Brasil, os VEs e híbridos representaram apenas 0,3% dos veículos leves emplacados. Uma pesquisa da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) aponta que o mercado brasileiro de VEs e híbridos deve crescer de 300% a 500% nos próximos cinco anos (ABVE, 2019). Atualmente a frota nacional soma 16 mil VEs (ABVE, 2019).

Já a projeção mundial aponta que em 2040 circularão 56 milhões de VEs ao redor do mundo, sendo hoje são aproximadamente 2 milhões de VEs. Essas projeções apontam que o mercado dos veículos a combustão vai entrar em queda ao longo dos anos. Estima-se que nas próximas duas décadas, o número de VEs será maior que os dos veículos a combustão. Isso por grande parte devido a previsão do avanço das tecnologias nas áreas de Engenharia (G1, 2019).

No Brasil, existe grandes e pequenas montadoras investindo na fabricação de VEs em pequena escala. Um exemplo é a *start-up* com nome de Hitech Electric. Eles possuem sede em Pinhais, região metropolitana de Curitiba, sendo a única empresa brasileira que possui quatro

modelos de VEs homologados pelo Departamento Nacional de Trânsito (Denatran). No portfólio há caminhões baú e caçamba, além de carros de dois e quatro lugares (G1, 2019).

A Itaipu Binacional começou, em 2006, estudos e desenvolvimentos de tecnologias de mobilidade elétrica a partir de um acordo de cooperação técnica com a suíça Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) (G1, 2019). A montadora Fiat foi uma das primeiras empresas a estabelecer parceria com a Itaipu, depois vieram a Renault, Iveco, BMW, WEG, Baterias Moura, Eletrobrás, entre outras empresas. Essa parceria tem como objetivo a cooperação entre todas, para estudos de viabilidade técnica da tecnologia de VEs, compartilhando conhecimento e incentivando o desenvolvimento e a produção nacional, além de preparar o setor elétrico para a transição energética (G1, 2019). O acordo com a KWO já encerrou, mas os estudos de mobilidade elétrica foram incorporados ao Programa de Energias Renováveis da Itaipu (G1, 2019).

A Itaipu iniciou um projeto de ônibus elétrico híbrido-etanol e de bateria de sódio-níquel com desenvolvimento nacional em 2010. O do ônibus e o da bateria de sódio-níquel possuem apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), que é um órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. O intuito é que este ônibus tenha as tecnologias mais modernas do mundo. Priorizando a acessibilidade, o piso será baixo em toda a sua extensão, assim as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida podem ter fácil acesso. Outro fato é que as baterias de sódio-níquel serão 100% recicláveis e adequadas para uso em países tropicais, pois são desenvolvidas para trabalhar em altas temperaturas, diferente das de lítio que necessitam de refrigeração para manutenção da vida útil, além do mais (G1, 2019). O ônibus irá possuir um sistema de tração de última geração, utilização de ímãs permanentes e biocombustível (G1, 2019).

Atualmente existe no Brasil, há 8 modelos de carros elétricos disponíveis de grandes concessionárias para venda. No quadro 5 é possível verificar preços, potência/torque, entre outros fatores dos 4 modelos mais baratos em 2020. E no quadro 6, observa-se as informações dos modelos mais caros.

Quadro 4- Os 4 Modelos mais baratos de VEs disponíveis para Venda no Brasil em 2020.

Modelo	JAC iEV20	Renault Zoe	Chery Arrizo5e	JAC iEV40
Preço (R\$)	129.900	149.990	159.990	169.900
Potência (cv)/ Torque (kgfm)	68 / 21,9	88 / 22	122 / 28,1	115 / 30,6
Autonomia Máxima (km)	400 (NEDC)	300 (WLTP)	322 (Inmetro)	300 (NEDC)
Velocidade Máxima (km/h)	113	135	152	130
Bateria (KWh)	41	41	53	40
Forma de Carregamento	Carregador doméstico Wall Box	Carregador doméstico deve ser instalado	Carregador ou tomada 3 pinos	Tomada de 220 volts
Recarga Rápida	4 horas para ir de 15% a 80%	80% em 1:40 hora	1 hora (eletropostos especiais)	80% em 1 hora
Recarga Completa		De 2:40 horas a 7:18 horas	8 horas (carregador)	8 horas

Fonte: Auto Papo

Quadro 5 -Os 4 Modelos mais Caros de VEs disponíveis para Venda no Brasil.

Modelo	Nissan Leaf	BMW i3	Chevrolet Bolt	Jaguar I-Pace
Preço (R\$)	195.000	205.950 a 262.950	209.990	452.200
Potência (cv)/ Torque (kgfm)	149 / 33	170 / 25	203 / 36	400 / 696
Autonomia Máxima (km)	389 (NEDC)	335 elétrico e 440 com extensor (NEDC)	416 (EPA)	470 (WLTP)
Velocidade Máxima (km/h)	143	150	148	200
Bateria (KWh)	40	42,2	66	90
Forma de Carregamento	Cabo portátil ou carregador doméstico	Tomada de 230 volts ou carregador doméstico	Tomada de 220 volts ou carregador doméstico	Carregador 100 kW ou 7,4 kW
Recarga Rápida	80% em 40 minutos	80% em 39 minutos (carregador) ou 6 horas (tomada)	80% em uma hora (carregador rápido)	80% em 40 minutos (100 kW)
Recarga Completa	20 horas (cabo) ou 8 horas (carregador)		10 horas (carregador de parede)	

Fonte: Auto Papo

No quadro 7, é possível observar os modelos de VEs que foram mais vendidos mundialmente no mês de abril de 2020. A indústria automotiva em geral foi afetada pela crise devido a pandemia da COVID-19, com isso os fabricantes que mais venderam no mês foram a Tesla, Renault e Nissan, respectivamente (Insideevs, 2020).

Quadro 6 - VEs mais vendidos no mês de abril de 2020 mundialmente

	Modelo	Vendas Abril 2020	Vendas 1ºtrim. 2020	%
1	Tesla Model 3	11761	85523	15
2	Renault Zoe	2118	22811	4
3	Nissan Leaf	1603	18364	3
4	Nissan Leaf	3836	15143	3
5	BMW 530e	3398	13753	2
6	BYD Qin Pro EV	5096	13486	2
7	Mitsubishi Outlander PHEV	1208	13257	2
8	Audi e-Tron	1783	12468	2
9	Hyundai Kona EV	2447	12208	2
10	GAC Aion S	3586	10624	2
11	VW Passat PHEV	2140	2140	2
12	Peugeot 208 EV	542	9310	2
13	Chevrolet Bolt EV	1070	8746	2
14	SAIC MG eZS EV	352	8637	2
15	BAIC EU-Series	482	7877	1
16	Tesla Model X	999	7831	1
17	Kia Niro EV	1116	7267	1
18	BMW i3	988	6923	1
19	Toyota Prius PHEV	893	6815	1
20	BMW 330e	544	6687	1
	Outros	64.262	272.292	48
	Total	110.274	570.705	100

Fonte: Insideevs

4.3 Perspectiva Ambiental

Os meios de transportes são considerados um dos grandes responsáveis pelas emissões de poluentes na atmosfera. Os efeitos causados pelas emissões são percebidos por humanos, ecossistemas entre outros diferentes receptores. As emissões antrópicas de gases de efeito estufa nos últimos 30 anos são as maiores registradas. Isso deixa claro a influência humana sobre o sistema climático. A Europa em 2012 registrou que o transporte rodoviário contribuiu aproximadamente em 20% das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂), sendo que esse é um dos gases efeito estufa emitido por queima de combustíveis fósseis. Estudiosos afirmam que se as emissões continuarem com essas taxas ou maiores, ao decorrer das próximas décadas a temperatura média do planeta poderá aumentar em até 4,8°C ainda neste século (Vargas,2016). Como consequência desse aumento de temperatura o nível do mar será maior, devido ao derretimento das calotas polares, causando danos na grande maioria das regiões costeiras do planeta (Vargas,2016).

Estratégias devem ser estudadas e implementadas de forma integrada, associando com estudos e medidas relacionadas ao aumento da eficiência energética, além de redução de emissões nos setores de uso final e descarbonização do suprimento de energia, para reverter essa situação. Todas as tecnológicas que promovem sistemas de transporte sustentáveis devem ser analisadas e consideradas, levando em conta o aumento da frota mundial de veículos leves. Por esses fatores os VEs estão assumindo cada vez mais os cenários futuros de mobilidade, por serem considerados como uma alternativa para a diminuição da intensidade das emissões de gases efeito estufa dos veículos de combustão interna e de outras substâncias que podem trazer efeitos negativos à saúde humana, animais e ecossistemas, a exemplo do óxido de nitrogênio, monóxido de carbono, material particulado, entre outros (Vargas, 2016).

No entanto, para que os VEs possam de fato ser uma alternativa mais limpa, é necessário pensar sobre o modo que a produção de energia elétrica está sendo realizada (renovável ou não renovável), além de buscar melhorar tecnologias existentes de armazenamento de energia (volantes de inércia, ultra capacitores, células de combustível) e avançar nos desenvolvimentos de baterias (maior eficiência, vida útil maior, reciclagem, etc) (Carro bonito, 2019).

4.4 Viabilidade Energética Da Inserção De Veículos Elétricos No Brasil

Os VEs no Brasil podem encontrar um obstáculo, que é o etanol. Esse tipo de combustível é muito utilizado no país em veículos leves, ele é incentivado no mercado

brasileiro, além de ser um combustível renovável. Recentemente a Toyota apresentou em São Paulo, um protótipo do primeiro híbrido a etanol do mundo, o Prius flex, assim a tecnologia torna-se ainda mais limpa (ABVE, 2019). No País existe ainda uma grande influência da indústria petrolífera. Assim, o Brasil tende a atrasar a introdução em larga escala dos VEs, indo em sentido contrário do cenário mundial atual, que tem o VE como uma alternativa para a diminuição das emissões de CO₂ (Arioli, 2016).

O SE brasileiro pode sofrer um impacto imediato pelo crescimento de carga repentino de um crescente uso de VEs, sendo que, o aumento na carga seria maior no horário de ponta, que é quando os usuários voltam para casa e provavelmente recarreguem seus veículos. Este aumento na carga no horário de ponta pode causar os mesmos efeitos prejudiciais que os de qualquer outro tipo de carga. Entretanto, a projeção para a inserção dos VEs no mercado brasileiro não causa impactos tão significativos na rede, assim, não são necessários grandes investimentos na rede de distribuição para receber as novas conexões de veículos (Arioli, 2016). Logo, o impacto dos VEs no setor de energia elétrica será principalmente no horário de ponta.

Supondo que o consumo da bateria é de 3,52 kW (carga lenta), é considerado que apenas 30% dos VEs necessitem de recarga diária, pois o restante vai precisar de recarga a cada 3 dias (Arioli, 2016).

O carregamento dos VEs possui suas vantagens, entretanto, rapidez não é uma delas, no Brasil ainda existe a dificuldade para encontrar um ponto de carga. Atualmente no país há mais de 100 postos de recarga, esses pontos podem ser encontrados em supermercados, shoppings centers e postos de combustíveis; além de locais privados como empresas e estacionamentos. Empresas com BMW Group Brasil e Volvo, prometem aumentar o número de pontos de recarga. Pois a quantidade existente até agora é insuficiente para a popularização e disseminação dos VEs (Auto Esporte, 2019).

4.5 Custos e Consumo Da Energia Elétrica Para Veículos Elétricos No Brasil

Os VEs no Brasil apresentam um preço bem elevado quando comparado com os veículos a combustão, mas a economia mensal de combustível *versus* energia para recarga pode chegar a ser mais de cinco vezes maior. Um VE gasta aproximadamente R\$ 0,08 por quilômetro rodado, enquanto o a combustível combustão gasta em média mais de R\$ 0,50 (Auto Esporte, 2019).

O cálculo do custo para recarregar um VE, pode ser realizado pelo proprietário, que precisa multiplicar o número de Watts (fica especificado no carregador do VE), pelo tempo em

que o veículo ficou ligado na tomada, chegando então ao valor em quilowatt-hora (kWh) (Auto Esporte, 2019).

O preço do kWh é determinado pela ANEEL. O Brasil possui um sistema de produção e transmissão de energia interligado (SIN – Sistema Interligado Nacional), mesmo assim a tarifa pode variar de acordo com cada estado. O preço nacional fica em sua maioria entre R\$ 0,50 e R\$ 0,60. Outro fator muito importante é a bandeira tarifária, que pode ser: verde, amarela ou vermelha. Essa classificação de cores significa que quando está verde, a produção da energia em sua maioria está sendo por hidroelétricas (não há custo adicional); a amarela é um alerta de cobrança adicional de R\$ 1,50 para cada 100 kW/h usados; já a vermelha possui dois patamares: patamar 1 tem cobrança de R\$4,00 para cada 100 kW/h utilizados e patamar 2 é de R\$6,00 para cada 100 kW/h utilizados. Estas tarifas são informadas pela a ANEEL (Auto Esporte, 2019).

O valor de aquisição dos VEs hoje no Brasil é bem alto quando comparado com os veículos convencionais, mas em contrapartida é falado que o custo com manutenção e energia para a propulsão é inferior. No quadro 8 é possível verificar o preço de dois modelos de veículos (um puramente elétrico e um a combustão). O VE é o Renault Zoe e o a combustão é o Renault Sandero. A escolha desses modelos foi feita pelo fato de estarem disponíveis para compra no Brasil (não ser necessário importar), por serem da mesma montadora e por poder ser considerados o mesmo estilo. Os valores aqui mostrados foram pegados no site da concessionária (<https://www.renault.com.br/>), e a diferença é de quase R\$100.000, sendo que o Renault Zoe é o segundo VE mais barato vendido no país. Essas informações podem ser verificadas voltando ao quadro 5, onde nota-se que o VE Renault Zoe só é mais caro que o JAC iEV20, mas mesmo assim a diferença de preço não é grande, ficando em torno de 13%.

Quadro 7 - Valor dos Veículos

Renault Zoe	R\$149.990
Renault Sandero	R\$52.690
Gasto adicional na compra do VE	R\$97.210

Fonte: Renault

4.6 Considerações Finais

Os VEs no Brasil podem ser considerados praticamente com emissor zero de poluente, isso devido ao fato da energia elétrica do país ser proveniente em sua maioria de usinas hidroelétricas (energia limpa, não poluente). Mas a imersão desse tipo de veículo está no início,

devido ao alto valor inicial de investimento, às poucas unidades de eletropostos disponíveis na atualidade, e pela produção em pequena escala, entre outros.

O etanol por ser um combustível renovável é bastante utilizado em veículos leves (pois se estiver com o preço inferior 30% do que a gasolina, é mais vantajoso), e como falado nesse capítulo a Toyota está desenvolvendo um veículo híbrido flex, que pode fortalecer esse mercado.

O SE pode sentir um impacto da introdução dos VEs principalmente em horário de ponta, pois é o momento no qual, em tese, os proprietários desses veículos chegam do serviço e vão colocar seus automóveis para carregar. No entanto, essa questão pode ser resolvida com incentivos de carregamento em horários diferentes ao de ponta.

O Brasil tem um grande potencial de desenvolvimento dessa tecnologia, que vem como opção para diminuir a emissão de CO₂. Ressalta-se que já existem pesquisas sendo realizadas no cenário nacional, como as de Itaipu Binacional.

5 CONCLUSÕES GERAIS

Os VEs como discutido ao longo do trabalho são todos os veículos acionados por pelo menos por um motor elétrico. Esses veículos tiveram seu início na metade do século XIX, mas perderam espaço no mercado para os veículos à combustão interna, que dominam o mercado até os dias atuais e utilizam o diesel e a gasolina como combustível, que liberam no escapamento vários gases nocivos, como o CO₂.

No Brasil, em 1974 a Gurgel Motores, uma fábrica de automóveis 100% nacional, criou um projeto pioneiro de um VE, o Itaipu, o primeiro da América Latina, mas não obteve sucesso.

Em junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro no Brasil, aconteceu o evento Rio-92 organizado pela ONU, no qual muitas mudanças relacionadas ao meio ambiente foram pedidas, entre elas a redução das emissões GEE e a substituição de combustíveis fósseis por energias alternativas. Esse evento foi um marco para o ressurgimento do interesse em VEs, e como legado em 1997 o Japão lançou o primeiro veículo híbrido produzido em massa, o Toyota Prius.

Desde então, várias marcas começaram a fabricar modelos de veículos híbridos e/ou puramente elétricos. Assim os VEs começaram a ganhar mercado pelo mundo. Suas vantagens são muitas, tais como: não emitir ruídos (é um veículo silencioso), seu motor possui uma maior durabilidade, o custo com o consumo é menor (quando comparado aos veículos à combustível fóssil), existe a frenagem regenerativa, não consome energia quando fica parado no trânsito, o torque de partida é elevado, a condução é fácil e principalmente pela sua sustentabilidade (dependendo do modo da geração de energia elétrica utilizada). Em contrapartida existem desvantagens que devem ser levadas em conta, como: o alto custo de aquisição, baixa autonomia, bateria com custo elevado e vida útil reduzida, abastecimento demorado e falta de infraestrutura para recarga.

A sustentabilidade é um dos pontos mais importantes quando se fala em VEs. Logo, a Matriz Energética é de suma importância para o acontecimento dessa sustentabilidade, mas um dado importante é que apenas 14,3% da matriz energética mundial é de fontes renováveis. Já no Brasil a realidade é outra, pois 45,3% da matriz energética é de fontes renováveis (Ministério de Minas e Energia, 2019). Com tudo a inserção dos VEs, geram impactos positivos e negativos, na matriz energética e elétrica.

A introdução dos VEs com intuito de diminuir a poluição deve ser analisada cuidadosamente de acordo com a matriz energética de cada país, pois existem muitos países em que a maioria das suas fontes de energia vêm de fontes não renováveis, logo nesses casos não

há uma amenização da poluição. Outro fator que cada país deve que analisar são as contribuições e os impactos que os VEs vão trazer aos seus respectivos setores energéticos.

No Brasil o aumento gradativo na frota de VEs possui grande chance de sucesso. A empresa CPFL Energia analisou durante cinco anos o impacto dos VEs para o mercado de energia elétrica e para o país. Por meio do projeto P&D Emotive, eles investiram R\$ 17 milhões entre os anos de 2013 e 2018 e realizaram avaliações dos impactos da mobilidade elétrica para o setor elétrico brasileiro. E uma das conclusões que o projeto Emotive obteve, é que o setor elétrico no Brasil aguenta absorver o crescimento da demanda por energia elétrica causada pelo aumento do número de VEs. Os estudos realizados mostraram que, se a taxa de crescimento dos VEs for de 5%, cerca de 80% das redes de distribuição não terá nenhum problema ou dano, assim não serão necessários investimentos ou adequações para suprir essa nova demanda (CPFL Energia, 2018).

Existem poucos países que superam os 5% de participação em suas frotas, entre eles estão a Noruega e Holanda. Outros países como China, Suécia, Reino Unido e França estão com penetração um pouco maior a 1%. Logo, a infraestrutura de distribuição do Brasil não é um empecilho para o avanço dos VEs no país, pois o sistema elétrico está preparado para o crescimento desta frota. No lado da oferta de energia, as projeções da CPFL Energia apontam que o uso desta tecnologia aumentaria entre 0,6% e 1,6% o consumo total de energia em 2030, considerando uma frota de VEs variando entre 4 milhões e 10,1 milhões de unidades (CPFL Energia, 2018).

Para o sucesso da disseminação dos VEs é necessário que o armazenamento de energia se desenvolva cada dia mais. Diferente do que muitas pessoas pensam, existem outras formas de armazenar energia sem ser em baterias, com o sistema mecânico de armazenamento de energia, ultra capacitores e células de combustível. O armazenamento pode proporcionar a substituição de combustíveis fósseis por energias alternativas e, além de tudo, com o desenvolvimento dessas tecnologias será possível o armazenamento de energias intermitentes, como a eólica e a solar. Esse fato pode favorecer países onde a geração é proveniente em sua maioria de fontes não renováveis. Outra tecnologia que poderá ajudar países onde a matriz energética é proveniente em sua maioria fontes não renováveis é a recarga em movimento, que já é uma realidade em estudos na Suécia, onde uma rodovia eletrificada é capaz recargar os VEs por indução, enquanto os VEs estão percorrendo o trajeto.

Com intuito de buscar novas melhorias, empresas de diferentes segmentos tecnológicos trabalham junto com montadoras, para possibilitar novas baterias elétricas (Auto Esporte, 2018). Assim é possível diminuir a poluição proveniente das baterias, aumentar a vida útil e autonomia

delas, também as deixando com um preço menor. O conjunto desses fatores vão fazer os VEs mais sustentáveis, econômicos e economicamente acessíveis. No entanto, é importante ressaltar que atualmente, no Brasil, o VE mais barato (JAC iEV20) custa 269% a mais que o carro de combustão interna mais barato (Renault Kwid Life 1.0) (Notícias Automotivas, 2020). Apesar de haver itens de série e luxo que encarecem os VEs, a diferença dos valores praticados ainda deixam a sua popularização um pouco longe.

Logo pode-se concluir que os VEs são realidade e que a popularização dos mesmos ao redor do mundo depende de vários fatores, sendo o principal a melhoria das baterias e eficiência. Neste contexto, os governantes têm um papel importante para o aumento da frota em seus países, sendo necessários estudos, incentivos e investimentos no setor energético que possibilitem o suprimento da demanda dos VEs, para dar continuidade a esse trabalho é sugerido que estudos posteriores sejam realizados, pois os VEs serão cada dia mais atuais, podendo assim sugerir uma revisão da evolução dos conversores CA-CC mediante ao desenvolvimento da eletrônica de potência.

REFERÊNCIAS

Academia Nacional de Engenharia (ANE). **Armazenamento de Energia: Situação Atual, Perspectivas e Recomendações**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://anebrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/05/Armazenamento-de-Energia-Fev-2017.pdf>>. Acesso em 22 de junho de 2020.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Estações de Recarga de Veículos Elétricos**. Brasília, 2018. Disponível em <<https://www.aneel.gov.br/estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos>>. Acesso em 10 de junho 2020.

Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL). **Mobilidade Elétrica – tecnologias limpas e sustentáveis**. Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/mobilidade-eletrica>>. Acesso em: 28 de abril de 2020.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Resolução Normativa nº 819/2018**. Brasília, 2018. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>>. Acesso em 10 de junho de 2020.

Arioli, V. T. **Análise de Impactos Técnicos Provocados pela Penetração Massiva de Veículos Elétricos em Redes de Distribuição de Energia Elétrica**. Campinas, 2016. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/320742/1/Arioli_VitorTorquato_M.pdf>. Acesso em 09 de julho de 2020.

Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE). **Software de simulação Ansys impulsiona desenvolvimento de veículos elétricos no Brasil**. São Paulo, 2019. Disponível em:<<http://www.abve.org.br/software-de-simulacao-ansys-impulsiona-desenvolvimento-de-veiculos-eletricos-no-brasil/>>. Acesso em 09 de julho de 2020.

Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE). **Toyota Anuncia Novo Prius Elétrico Híbrido a Etanol**. São Paulo, 2019. Disponível em:<<http://www.abve.org.br/toyota-anuncia-prius-eletrico-hibrido-a-etanol/>>. Acesso em 09 de julho de 2020.

Auto Esporte. **Como Baterias mais eficientes podem abrir o caminho para os carros elétricos**. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2018/07/como-baterias-mais-eficientes-podem-abrir-o-caminho-para-os-carros-eletricos.html>>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

Auto Esporte. **Como Carregar um Carro Elétrico?**. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/09/como-carregar-um-carro-eletrico.html>>. Acesso em 09 de julho de 2020.

Auto Esporte. **Quanto Custa Carregar um Carro Elétrico em Casa?**. Disponível em: <<https://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2019/10/quanto-custa-carregar-um-carro-eletrico-em-casa.html#:~:text=O%20pre%C3%A7o%20do%20kWh%20%C3%A9,e%20R%24%200%2C>>

60.&text=Ou%20seja%2C%20o%20valor%20nada,0%2C50%20(R%24).>. Acesso em 12 de julho de 2020.

Auto Papo. **Carros Elétricos no Brasil: Veja Todos os Modelos e Preços**. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/carros-eletricos-no-brasil-modelos-precos/>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

Auto Papo. **Gasolina ou etanol? Saiba qual a melhor opção no seu estado**. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/gasolina-ou-etanol/>>. Acesso em 12 de julho de 2020.
Banco Nacional De Desenvolvimento Econômico E Social (BNDES). **Veículos Elétricos: Um Mercado em Ascensão**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/veiculos-eletricos>>. Acesso em 14 de maio de 2020.

Baran, Renato; Legey, Luiz Fernando Loureiro. **Veículos Elétricos: história e perspectivas no Brasil**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1489/3/A%20BS%2033%20Ve%20C3%AD%20culos%20el%20C3%A9tricos%20-%20hist%20C3%B3ria%20e%20perspectivas%20no%20Brasil_P.pdf>. Acesso em: 28 de abril de 2020.

Batista, Adilson Carlos et al. **Veículos Elétricos e Geração Distribuída em Sistema de Distribuição de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://lcv.fee.unicamp.br/images/BTSym-17/Papers/76837.pdf>>. Acesso em 16 de maio de 2020.

Bloomberg New Energy Finance (BNEF). **Terminal Bloomberg**. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com.br/solucao/bnef/>>. Acesso em 24 de junho de 2020.
Brasil Escola. **Eco-92**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/eco-92.htm>>. Acesso em 24 de junho de 2020.

Carro Bonito. **Carro Elétrico – Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<https://www.carrobonito.com/2019/05/06/carro-eletrico-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em 09 de julho de 2020.

Carro Elétrico. **Conectores para carro elétrico: conheça todos os tipos**. Disponível em: <<https://carroeletrico.com.br/blog/conectores-para-carro-eletrico/>>. Acesso em 20 de junho de 2020.

Castro, Bernardo Hauch Ribeiro de; Barros, Daniel Chiari; Veiga, Suzana Gonzaga da. **Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1511/3/A%20mar37_11_Baterias%20automotivas-panorama%20da%20ind%20c3%ba%20ria%20no.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2020.

CPFL Energia. **CPFL Energia propõe criação de estratégia nacional para impulsionar crescimento de mobilidade elétrica no Brasil**. Disponível em <<https://www.cpfl.com.br/releases/Paginas/cpfl-energia-propoe-criacao-de-estrategia>>

nacional-para-impulsionar-crescimento-de-mobilidade-eletrica-no-brasil.aspx>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

De Campos, Maurício et al. **Desenvolvimento de um Veículo Elétrico Urbano como Trabalho Multidisciplinar em Engenharia Elétrica**. Revista Eletrônica de Potência, 2014. Disponível em: <<https://sobraep.org.br/site/uploads/2018/07/rvol19no4p18.pdf>>. Acesso 20 setembro de 2020.

Dias, Matheus Santos. **Impactos da Introdução do Veículo Elétrico na Matriz Energética Brasileira**. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:iQbN0KdiquJ:eventoscopq.mackenzie.br/index.php/jornada/xiiijornada/paper/download/478/476+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso 19 de maio de 2020.

Do CBP Rodrigues, Márcio et al. **Conexão de veículos elétricos à rede de energia elétrica para recarga de baterias: Uma visão geral**. Revista Eletrônica de Potência, 2014. Disponível em: <<https://sobraep.org.br/site/uploads/2018/07/rvol19no2p18.pdf>>. Acesso 20 setembro de 2020.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Matriz Energética e Elétrica**. Brasília, 201?. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso 19 de maio de 2020.

Enel X. **Guia Para Carregar Veículos Elétricos**. Boston, 201?. Disponível em <<https://www.enelx.com/br/pt/mobilidade-eletrica/guia/guia-carregamento-veiculos-eletricos>>. Acesso em 22 de junho de 2020.

Exame. **Carro Elétrico da Tesla Surpreende de novo em novo Teste de Velocidade**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/tecnologia/carro-eletrico-da-tesla-surpreende-de-novo-em-teste-de-velocidade/>>. Acesso em 21 de maio de 2020.

Felippe, I. A., et al. **Desafios e Oportunidades da Inclusão dos Veículos Elétricos na Matriz de Transporte**. Ponta Grossa, 2019. Disponível em: <http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_230901_5d92b3d57fd0a.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2020.

G1. **Mercado de Veículos Elétricos Deve Crescer até 500% em Cinco Anos**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/especial-publicitario/crea-pr/engenharias-geociencias-e-voce/noticia/2019/12/26/mercado-de-veiculos-eletricos-deve-crescer-ate-500percent-em-cinco-anos.ghtml>>. Acesso em 10 de julho de 2020.

Gurgel 800. **Gurgel Itaipú**. Disponível em: <<http://www.gurgel800.com.br/gurgel/itaipu/>>. Acesso em 20 de maio de 2020.

Gurgel. **Gurgel Motores**. Disponível: <<http://www.gurgel800.com.br/historia/gurgelmotores.php>> Acesso em: 29 de abril de 2020. Hypeness. **Itaipu E-400: o primeiro carro elétrico brasileiro lançado pela Gurgel nos anos 1980**. Disponível em: <<https://www.hypeness.com.br/2019/01/itaipu-e-400-o-primeiro-carro-eletrico-brasileiro-lancado-pela-gurgel-nos-anos-1980/>>. Acesso em 25 de maio de 2020.

Insideevs. **Ranking: os carros elétricos mais vendidos no mundo durante a pandemia.** Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/426575/ranking-carros-eletricos-mais-vendidos/>>. Acesso em 11 de julho de 2020.

Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE). Rio de Janeiro, 201?. Disponível em: <http://www.inee.org.br/veh_sobre.asp?Cat=veh>. Acesso em: 28 de abril de 2020.

Jornal da USP. **Carros Elétricos: E Quando a Bateria Arriar?.** Disponível em: <<https://jornal.usp.br/artigos/carros-eletricos-e-quando-a-bateria-arriar/>>. Acesso em 18 de junho de 2020.

Linear Labs. **The Future Of Smart Energy.** Disponível em: < <https://linearlabsinc.com/>>. Acesso em 19 de maio de 2020.

Marcelino, Afonso Lopes Rui. **Sistema de armazenamento de energia.** Universidade de Porto (FEUP), Porto, 2013. Disponível em: <<https://redmine.fe.up.pt/attachments/download/4511/Estado%20da%20Arte%20-%20Sistemas%20de%20Armazenamento%20de%20Energia%20-%20V1.0.pdf>>. Acesso em 16 de junho de 2020.

Melo, P. M. A. S. **Estruturas e Características de Veículos Híbridos e Eléctricos.** Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2010. Disponível em: <<https://parc.ipp.pt/index.php/neutroaterra/article/view/330/65>>. Acesso em 30 de abril de 2020.

Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira Exercício de 2018.** Brasília, 2019. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2019+v3.pdf/92ed2633-e412-d064-6ae1-eefac950168b>>. Acesso em 18 de junho de 2020.

Ministério Do Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** Brasília, 201?. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em 14 de maio de 2020.

Ministério Do Meio Ambiente. **Acordo de Paris.** Brasília, 201?. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>>. Acesso em 14 de maio de 2020.

Motor Show. **Como Funcionam os Motores dos Carros Elétricos?.** Disponível em: <<https://motorshow.com.br/como-funcionam-os-motores-dos-carros-eletricos/>>. Acesso em 15 de maio de 2020.

Museu Weg. **A História da Mobilidade Elétrica.** Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/a-historia-da-mobilidade-eletrica/>>. Acesso 22 de maio de 2020.

Nalon, Carolina. **Pesquisadora desenvolve flywheel para veículos elétricos.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <https://www.ufjf.br/revistaa3/files/2016/05/a309_web.10.pdf>. Acesso em 17 de junho de 2020.

Notícias Automotivas. **Top 10: carros mais baratos.** Disponível em: <<https://www.noticiasautomotivas.com.br/top-10-carros-populares-mais-baratos/>>. Acesso em: 26 de agosto de 2020.

O Globo. **Grandes Petroleiras Percebem Ameaça de Veículos Elétricos.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/grandes-petroleiras-percebem-ameaca-de-veiculos-eletricos-21595658>> Acesso em 15 de maio de 2020.

O Petróleo. **Os Veículos Elétricos vão por Fim a Era do Petróleo?.** Disponível em:<<https://www.opetroleo.com.br/os-veiculos-eletricos-vao-por-fim-a-era-do-petroleo/>>. Acesso em 21 de maio de 2020.

Operador Nacional Do Sistema Elétrico (ONS). **O Que é o SIN.** Brasília, 2020. Disponível em:< <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>>. Acesso em 21 de maio de 2020.

Orrico, Marcos Vinícius de Melo. **Procedimento para Seleção de Motor e Bateria para Veículo Elétrico.** Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2013. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/8232/6/2013_MarcosViniciusdeMeloOrrico.pdf>. Acesso em 28 de maio de 2020.

Portal Biossistemas Brasil. **O que é Célula a Combustível?.** Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2012. Disponível em: < <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=4316>>. Acesso em 01 de junho de 2020.

Portal Energia (Energia Renováveis). **Células de Combustível: Principais Tipos e Características.** Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/celulas-de-combustivel-tipos/>>. Acesso em 02 de junho de 2020.

Portal Energia (Energia Renováveis). **Motor Elétrico Sofre o Maior Avanço Tecnológico dos Últimos 100 Anos.** Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/motor-eletrico-avanco-tecnologico-147915/>>. Acesso em 13 de maio de 2020.

Quatro Rodas. **Os Prós e Contras dos Carros Elétricos.** Disponível em:<<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/os-pros-e-contras-do-carro-eletrico/>>. Acesso em 26 de maio de 2020.

Quatro Rodas. **Rodovia de R\$ 63 Milhões é Capaz de Carregar Carro Elétrico em Movimento.** Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/rodovia-de-r-63-milhoes-e-capaz-de-carregar-carro-eletrico-em-movimento/>>. Acesso em 22 de junho de 2020.

Santiciolli, Fabio Mazzariol. **Otimização dos Armazenadores de Energia Elétrica de um Veículo Híbrido em Função do Ciclo de Condução.** Campinas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265957/1/Santiciolli_FabioMazzariol_M.pdf>. Acesso em 18 de maio de 2020.

Santos, A. C.F.R. **Análise da Viabilidade Técnica e Econômica de um Veículo Elétrico Versus Veículo a Combustão.** Universidade Federal de Santa Maria, 2017. Disponível em <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/12590/TCCE_EEAPP_EaD_2017_SANTOS_ANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 30 de abril de 2020.

Shar Energy. **O que são os Sistemas de Armazenamento de Energia?**. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: < <https://sharenergy.com.br/o-que-e-sistema-de-armazenamento-de-energia/>>. Acesso em 16 de junho de 2020.

Telmac. **Motores Elétricos**. Ribeirão Preto, 2018. Disponível em:< <http://www.telmac.com.br/motores-eletricos.html>>. Acesso em 15 de maio.

Tesla. **A Missão da Tesla é Acelerar a Transição do Mundo Para a Energia Sustentável**. Disponível em :< https://www.tesla.com/pt_PT/about>. Acesso em 18 de maio de 2020.

Tillmann, C. A. C. **Motores de Combustão Interna e seus Sistemas**. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas – Visconde da graça, 2013. Disponível em:< http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf>. Acesso em 30 de abril de 2020.

Vargas, J.E.V. **Análise da Competitividade Ambiental de Veículos Elétricos no Brasil no Cenário Atual e Futuro**. Campinas, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/325723/1/Vargas_JorgeEnriqueVelandia_M.pdf>. Acesso em 10 de julho de 2020.

Vaz, L. F. H., Barros, D. C., & Castro, B. H. R. D. **Veículos Híbridos e Elétricos: Sugestões de Políticas Públicas para o Segmento**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4284/1/BS%2041_Ve%c3%adculos%20h%c3%adbridos%20e%20el%c3%a9tricos_P.pdf>. Acesso em 14 de maio de 2020.

Venturus. **Recarga Inteligente de Veículos Elétricos**. Campinas, 2019. Disponível em: < <https://venturus.org.br/recarga-inteligente-de-veiculos-eletricos/>>. Acesso 21 de junho de 2020.

Venturus. **Veículos Elétricos e seus Impactos no Sistema Elétrico Brasileiro**. Campinas, 2019. Disponível em: <<https://www.venturus.org.br/veiculos-eletricos-e-seus-impactos-no-sistema-eletrico-brasileiro/>>. Acesso em 15 de maio de 2020.

Weg. **Mobilidade Elétrica**. Disponível em: <<https://www.weg.net/institutional/BR/pt/solutions/electric-vehicles>>. Acesso em 13 de maio de 2020.