

João Paulo Ribeiro Cardoso

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA ADOÇÃO DO CARRO
ELÉTRICO NO BRASIL**

Projeto para a aprovação na disciplina de Projeto Integrador II do curso de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez.

Araranguá
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ribeiro Cardoso, João Paulo
AVALIAÇÃO DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA ADOÇÃO DO CARRO
ELÉTRICO NO BRASIL / João Paulo Ribeiro Cardoso ;
orientador, Anderson Luiz Fernandes Perez, 2018.
78 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação,
Araranguá, 2018.

Inclui referências.


1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. veículos
elétricos. 3. veículos híbridos. 4. geração de energia. 5.
impacto socioambiental. I. Fernandes Perez, Anderson Luiz.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Tecnologias da Informação e Comunicação. III. Título.

João Paulo Ribeiro Cardoso

AVALIAÇÃO DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL DA ADOÇÃO DO CARRO ELÉTRICO NO BRASIL

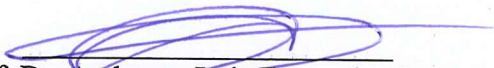
Projeto para a aprovação na disciplina de Projeto Integrador II do curso de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Araranguá, 21 de junho de 2018.

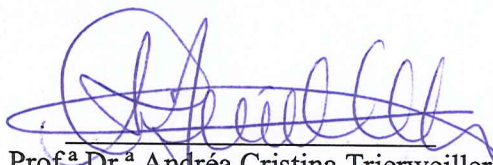


Prof.ª Dra. Patrícia Jantsch Fiuza
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Anderson Luiz Fernandes Perez
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Dr.ª Andréa Cristina Trierweiller
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª Dr.ª Eliane Pozzebon
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha mãe Iraí e meu pai João por me apoiarem nos momentos felizes e também em todos os momentos difíceis. Momentos que não se resumem aos últimos anos ou de minha decisão em realizar uma nova graduação, mas por todo o conhecimento, valores, moral e ensinamentos de uma vida e que sustentam a base do homem que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meus pais, João e Iraí, por terem me apoiado de todas as formas possíveis e impossíveis durante uma nova jornada da minha vida pessoal e acadêmica. À Cynthia, pela compreensão e companheirismo em uma nova fase de minha caminhada, proporcionando momentos e situações inesquecíveis, que marcam uma vida inteira. Aos meus amigos que há anos acompanham cada passo que dou e me dão ânimo para chegar ao fim de mais uma etapa, em especial, Álvaro e Guilherme Heck, por auxiliarem diretamente em diversas questões. A todos os professores do curso de Tecnologias da Informação e Comunicação do campus Araranguá que foram os responsáveis por transmitir uma miríade de conhecimentos. Especial agradecimento ao meu orientador, Anderson, que me deu os meios, o incentivo e todo o auxílio necessário para conclusão deste estudo.

Se você realmente quer aprender e melhorar em qualquer coisa, e ter uma chance de se tornar um perito, deve estar disposto a se sentir desconfortável. Porque pensar exige esforço, envolve lutar através da confusão, e para maioria de nós isso é pelo menos um pouco desagradável.
(Derek Muller, 2017)

RESUMO

Este trabalho realiza uma avaliação do impacto socioambiental da adoção do carro elétrico no Brasil e Santa Catarina por meio de um levantamento bibliográfico sobre o assunto. Nos últimos anos, meios de transporte menos poluentes tem ganhado notória atenção junto da necessidade de preservação ambiental. Para adotar veículos com essas tecnologias massivamente no país, é necessário avaliar qual o possível impacto e consumo adicional na matriz energética brasileira, bem como os desafios de sua implantação a nível social. Os resultados obtidos sugerem um aumento gradual no consumo de energia elétrica no país, derivando em um aumento de consumo que exigirá a criação de fontes de geração de energia e uma avaliação da rede de distribuição, principalmente em locais afastados dos grandes centros. Empresas e profissionais deverão se adaptar a essa nova realidade caso queiram continuar atuando no mercado. Além disso, a diminuição da emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente que essa mudança pode propiciar foi considerável, porém a falta de incentivos para adoção destes veículos, suas diferenças técnicas em relação aos veículos convencionais e uma possível resistência do consumidor para alterar conceitos já fixados podem se tornar grandes barreiras para essa evolução dentro da infraestrutura de transporte brasileiro.

Palavras-chave: Veículos elétricos e híbridos, matriz energética, geração de energia, emissão de CO₂, impacto socioambiental.

ABSTRACT

This term paper evaluates the socio-environmental impact of electric vehicle adoption in Brazil and Santa Catarina using a bibliographical survey on the subject. In recent years, less polluting means of transport has gained notice within the need for environmental preservation. To adopt vehicles with these technologies massively in the country, it is necessary to evaluate the possible impact and additional consumption in the Brazilian energy matrix, as well as the challenges of its implantation in a social level. The results suggest a gradual increase in the consumption of electric energy in the country, resulting in an increase in consumption that will require the creation of sources of power generation and an evaluation of the distribution network, mainly in locations away from the large centers. Companies and professionals must adapt themselves to this new reality if they want to keep on the market. In addition, the decrease in the emission of environmentally harmful gases that this change can provide was considerable, but the lack of incentives for adopting these vehicles, their technical differences from conventional vehicles and a possible resistance of the consumer to change already established concepts can become major barriers to this evolution within the Brazilian transportation infrastructure.

Keywords: Electric and hybrid vehicles, energy matrix, power generation, CO₂ emission, socio-environmental impact.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Trabalho dos Motores Ciclo Otto (4 tempos).....	18
Figura 2 - Ciclo de Trabalho dos Motores Ciclo Diesel (4 tempos).	19
Figura 3 - Diagrama de um Veículo Elétrico.	23
Figura 4 - Interior do Carro Elétrico Bolt da GM.	24
Figura 5 - Carro Elétrico Leaf da Nissan.....	25
Figura 6 - Comparação entre veículo elétrico, híbrido e híbrido plug-in.	26
Figura 7 - Motor elétrico (A); Unidade de controle (B); Conjunto de baterias (C).	27
Figura 8 - Veículo de Fórmula E - Temporada 2018/2019.	28
Figura 9 - Usina Hidrelétrica de Itaipu.	30
Figura 10 - Central Nuclear de Angra dos Reis.....	31
Figura 11 - Parque Eólico de Osório – RS.	33
Figura 12 - Parque Solar.	34
Figura 13 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte.....	35
Figura 14 - Oferta Interna de Energia.....	36
Figura 15 - Centrais elétricas dos Sistemas Isolados em 2003.....	38
Figura 16 - Participação das Fontes na Capacidade Instalada (ano base 2016).	39
Figura 17 - Custo Cumulativo Anual de Propriedade - Toyota Corolla e Nissan Leaf.....	41
Figura 18 – Exemplo de carro híbrido e elétrico vendido no Brasil.	46
Figura 19 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 1.	49
Figura 20 – Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 1.	50
Figura 21 – Emissão anual de CO2 de escapamento no Cenário 1.	50
Figura 22 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 2.	51
Figura 23 - Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 2.	52
Figura 24 - Emissão anual de CO2 de escapamento no Cenário 2.....	53
Figura 25 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 3.	53
Figura 26 – Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 3.	54
Figura 27 - Emissão anual de CO2 de escapamento no Cenário 3.....	55
Figura 28 – Evolução dos Cenários – Brasil.	55
Figura 29 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 4.....	56
Figura 30 – Consumo elétrico residencial e veicular em Santa Catarina no Cenário 4.	57
Figura 31 - Emissão anual de CO2 de escapamento em Santa Catarina no Cenário 4.	57
Figura 32 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 5.....	58
Figura 33 - Consumo elétrico residencial e veicular em Santa Catarina no Cenário 5.	59
Figura 34 - Emissão anual de CO2 de escapamento em Santa Catarina no Cenário 5.	59
Figura 35 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 6.....	60
Figura 36 - Consumo elétrico residencial e veicular no Cenário 6.	61
Figura 37 - Emissão anual de CO2 de escapamento em Santa Catarina no Cenário 6.	62
Figura 38 - Evolução dos Cenários - Santa Catarina.....	62
Figura 39 - Emissão de gases que contribuem para o efeito estufa por setor em 2015 (Estados Unidos).	64
Figura 40 - Emissão de gases que contribuem para o efeito estufa de acordo com a fonte no setor de transportes em 2015 (Estados Unidos).	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de custos Toyota Corolla e Nissan Leaf.....	41
Tabela 2 - Veículos leves no Brasil em 2023, 2028 e 2033 (valores estimados).	43
Tabela 3 - Quantidade de veículos híbridos e elétricos estimados no Brasil.	44
Tabela 4 - Veículos leves em Santa Catarina em 2023, 2028 e 2033 (valores estimados).	45
Tabela 5 - Quantidade de veículos híbridos e elétricos estimados em Santa Catarina.....	45
Tabela 6 - Estimativa do consumo energético em função do crescimento do PIB.	48
Tabela 7 - Estimativa do consumo energético de Santa Catarina em função do crescimento do PIB.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL – Ambiente de Contratação Livre
ACR – Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN – Balanço Energético Nacional
DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EVSE – *Electric Vehicle Supply Equipment*
FIA – *Fédération Internationale de l'Automobile*
FIEP – Federação das Indústrias do Estado do Paraná
GM – General Motors
GNV – Gás Natural Veicular
IPI – Imposto sobre Produto Industrializado
IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
KERS – *Kinect Energy Recovery System*
MCI – Motor à Combustão Interna
PIB – Produto Interno Bruto
PMI – Ponto Morto Inferior
PMS – Ponto Morto Superior
NiMH – Níquel-Metal Hidreto
PROCONVE – Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores
SEB – Setor Elétrico Brasileiro
SIN – Sistema Interligado Nacional
SREC – Sistema de Recuperação de Energia Cinética
VE – Veículo Elétrico
VEH – Veículo Elétrico Híbrido não Plug-in
VEHP – Veículo Elétrico Híbrido Plug-in
ZE – Zero Emissão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVO	15
1.1.1	Geral	15
1.1.2	Específicos	15
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	15
1.3	METODOLOGIA	16
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2	VEÍCULOS A COMBUSTÃO, HÍBRIDOS E ELÉTRICOS	17
2.1	A HISTÓRIA DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES	17
2.2	MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	17
2.2.1	Ciclo Otto	18
2.2.2	Ciclo Diesel	19
2.3	VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS	20
2.3.1	Veículos Elétricos	20
2.3.2	Veículos híbridos	25
2.4	FÓRMULA E	27
3	MATRIZ ENERGÉTICA E FROTA DE VEÍCULOS BRASILEIRA	29
3.1	ENERGIA ELÉTRICA	29
3.2	GERAÇÃO DE ENERGIA	29
3.2.1	Hidrelétrica	30
3.2.2	Termelétricas	31
3.2.3	Centrais Eólicas	32
3.2.4	Energia Solar	33
3.3	MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA	34
3.4	SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO	36
3.4.1	Sistemas Isolados	37
3.5	CAPACIDADE MÁXIMA INSTALADA E CONSUMO	38
3.6	FROTA DE VEÍCULOS BRASILEIRA	40
3.7	FROTA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL	40
4	IMPLANTAÇÃO DE VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS NO BRASIL	43
4.1	DADOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE	43
4.1.1	Cenário 1 – Brasil em 2023	49
4.1.2	Cenário 2 – Brasil em 2028	51
4.1.3	Cenário 3 – Brasil em 2033	53
4.1.4	Evolução dos Cenários – Brasil	55
4.1.5	Cenário 4 – Santa Catarina em 2023	56
4.1.6	Cenário 5 – Santa Catarina em 2028	58

4.1.7	Cenário 6 – Santa Catarina em 2033	60
4.1.8	Evolução dos Cenários – Santa Catarina	62
4.2	IMPACTOS MENOS EVIDENTES	63
4.3	MANUTENÇÃO E A PREPARAÇÃO PARA O FUTURO	64
4.4	BARREIRAS E CUSTO PARA O CONSUMIDOR	66
4.5	TRABALHOS CORRELATOS	67
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	69
5.1	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia, preocupação com o meio ambiente e com a saúde das pessoas traz à tona discussões de abrangência global acerca da adoção de veículos elétricos. Embora comuns no início do século XX, estes veículos, devido a uma série de fatores, praticamente desapareceram na década de 1920. Foi somente no começo do século XXI que as tecnologias de armazenamento de energia elétrica passaram por inovações capazes de trazer a viabilidade da utilização do veículo elétrico como um meio de transporte (ANDERSON; ANDERSON, 2010).

O crescimento da frota de veículos automotores indica que o impacto gerado devido à troca da fonte de combustível é um fator muito importante no momento de propor mudanças drásticas neste escopo. Veículos elétricos (VEs) são bastante próximos do conceito zero emissão (ZE), gerando zero ruído, zero emissões de poluentes e zero emissões de gases do efeito estufa durante seu funcionamento. Todavia, embora VEs possuam este conceito, a energia para recarregar as baterias que transformam energia elétrica em mecânica, podem nos levar para um sentido no caminho oposto.

Além disso, o Brasil é um país com foco muito grande em energias renováveis e sustentáveis, mesmo tendo um consumo de fontes poluentes (como petróleo) bastante considerável (BEN, 2017). A adição de veículos que minimizam ou nulificam a utilização de combustível fóssil podem ser encarados como um avanço considerável de toda uma sociedade e por conta do cenário em que estamos inseridos, podemos esperar resultados animadores na redução de gases poluentes e menor poluição sonora em grandes centros em um futuro próximo.

Não obstante, ao analisar os VEs de forma local, não é difícil constatar que a adoção desta tecnologia em solo brasileiro terá influências que se dirigem além de critérios técnicos de distribuição de energia ou ainda dos fatores econômicos derivados do custo de aquisição desta categoria de veículo. Uma transição brusca de tecnologia pode trazer consigo problemas que afetam a vida das pessoas de uma maneira muito sutil, porém inegável: manutenção mecânica e segurança. Esta aproximação deve levar em consideração não só a capacitação técnica profissional que os prestadores de serviço devem possuir, mas também refletir sobre a situação de cidadãos adquirentes dessa tecnologia em seus primeiros anos de difusão.

Fica evidente que novas tecnologias são portadoras de vantagens e inovações importantes para o desenvolvimento de nossa sociedade. Contudo, a importância de análises

técnicas que fomentem o pensamento crítico e reflexões sobre o que o futuro nos reserva é um assunto que não deve ser negligenciado.

1.1 OBJETIVO

Esta sessão apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Geral

Este trabalho tem como objetivo buscar parâmetros e comparar as tecnologias de um carro elétrico, bem como impacto que a adoção desta tecnologia pode causar na sociedade brasileira no setor de geração da energia elétrica. Este objetivo será alcançado por meio de pesquisa bibliográfica sobre a temática apresentada, trazendo em evidência temas como consumo energético, emissão de gases poluentes pelo escapamento de veículos e impactos sociais resultantes do advento desta nova tecnologia.

1.1.2 Específicos

O objetivo será atingido por meio de determinados objetivos específicos, tais como:

1. Estudar veículos e motores movidos por combustão interna e eletricidade;
2. Estudar a geração de energia elétrica no Brasil;
3. Estudar os possíveis impactos gerados pelo aumento do consumo elétrico no Brasil;
4. Estudar sobre a implantação dos veículos elétricos em outros países;
5. Avaliar os impactos gerados pela adoção massiva de veículos elétricos.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os efeitos da elevação da emissão de gases poluentes acenderam um sinal de alerta para a população que discute cada vez mais a importância de controlar a emissão de gases, o que afeta diretamente o setor energético. Tal motivação que busca diminuir a quantidade de veículos que utilizam combustíveis fósseis torna os veículos elétricos uma das principais contribuições para a solução deste problema. Conforme Barbosa et. al (2010), há projeções que demonstram que o veículo elétrico terá participação ativa nos próximos 30 anos, e as

mudanças que invariavelmente ocorrerão no setor elétrico demonstram a importância desse estudo.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica e exploratória sobre veículos com diferentes métodos de propulsão e sobre o impacto socioambiental de veículos elétricos em determinados cenários.

Iniciando com a revisão bibliográfica dos veículos automotores (Capítulo 2) e abordando a estrutura exigida pelos veículos elétricos e aspectos fundamentais da geração de energia no Brasil (Capítulo 3), será possível vislumbrar a maneira com que esta tecnologia impactará em determinados cenários (Capítulo 4).

Diversas bibliografias e estudos foram consultados com o objetivo de realizar uma avaliação capaz de prover melhor compreensão do que representa a modificação cultural estrutural inerente da adoção de veículos elétricos em uma sociedade contemporânea.

Com base nestes dados e análise, os resultados obtidos no estudo são demonstrados no Capítulo 5.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Além do capítulo introdutório, o presente trabalho possui mais 5 (cinco) capítulos.

O **Capítulo 2** apresenta um histórico dos veículos automotores, funcionamento de motores de combustão interna Ciclo Otto e Ciclo Diesel, dos veículos elétricos e híbridos.

O **Capítulo 3** aborda a estrutura da matriz energética brasileira e as diferentes técnicas utilizadas para geração de energia. Também apresenta a situação atual da frota brasileira de veículos à combustão, híbridos e elétricos.

O **Capítulo 4** apresenta o objeto do estudo, e os dados que serão utilizados na abordagem de alguns cenários hipotéticos pré-determinados em relação à frota de veículos híbridos e elétricos e o impacto gerado dentro da matriz energética brasileira. Bem como, traz à tona discussões sobre possíveis aspectos sociais e econômicos gerados por uma mudança na frota de veículos no país.

O **Capítulo 5** apresenta as considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

2 VEÍCULOS A COMBUSTÃO, HÍBRIDOS E ELÉTRICOS

Este capítulo aborda o histórico dos veículos automotores, funcionamento de motores de combustão interna Ciclo Otto e Ciclo Diesel, dos veículos elétricos e híbridos.

2.1 A HISTÓRIA DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES

Ainda em tempos em que o Homem não dominava sequer os ares, Sir Isaac Newton e Leonardo da Vinci já teorizavam conceitos acerca de um automóvel, porém a maioria dos historiadores atribuiu a invenção do primeiro carro e todos os seus louros a Nicos Joseph Cugnot. Este engenheiro e mecânico francês iniciou seu trabalho em 1765 e após quatro anos desenvolveu um trator militar de três rodas com um motor movido a vapor de combustão externa (DUTTON, 2006).

O primeiro automóvel a possuir um Motor de Combustão Interna (MCI) surgiu em 1860, desenvolvido por Étienne Lenoir. O projeto do belga era movido a gás de carvão, sendo que percorreu em torno de 11,2 quilômetros em três horas. Anos mais tarde, o engenheiro alemão Nikolaus Otto construiu um motor com quatro tempos, observando a ideia inicial de Lenoir e aplicando melhorias após descobrir a relevância da compressão da mistura do combustível com o ar antes da queima. É interessante citar também que em janeiro de 1886, o primeiro veículo que utilizou um MCI foi patenteado por Karl Benz, criador da marca Mercedes Benz. Entretanto, de acordo com Cappeli (2012), Otto ainda é considerado o “pai” do MCI.

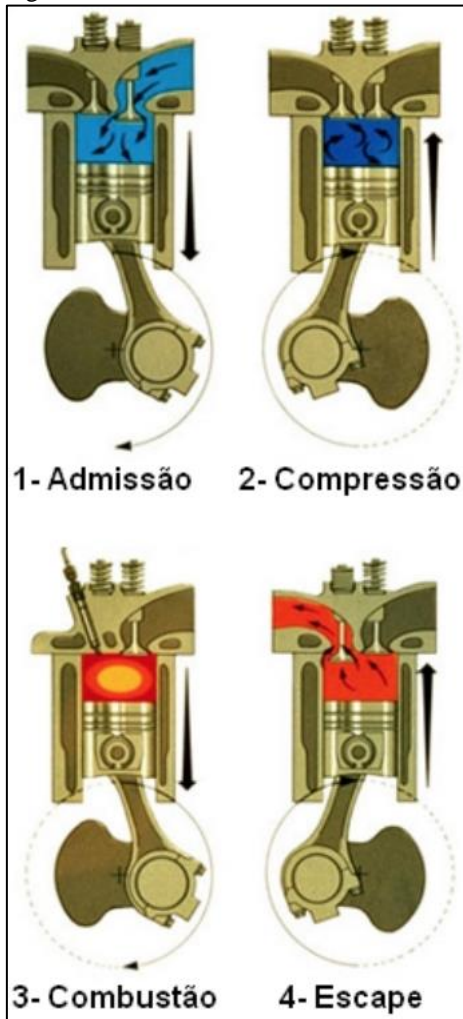
2.2 MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

A grande maioria dos automóveis utiliza MCI de Ciclo Otto ou de Ciclo Diesel. São utilizados em veículos há muito tempo e possuem como uma de suas características o funcionamento por meio de explosões sincronizadas em seu interior (CAPPELI, 2012).

2.2.1 Ciclo Otto

Motor idealizado por Nikolaus Otto com funcionamento baseado em quatro ciclos distintos conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Ciclo de Trabalho dos Motores Ciclo Otto (4 tempos).



Fonte: Motor (2014).

- Tempo de Admissão: o pistão parte da posição de Ponto Morto Superior (PMS), descendo até a posição de Ponto Morto Inferior (PMI), enquanto gera a sucção necessária para admissão da mistura de ar e combustível na câmara de combustão. Ao mesmo tempo, a válvula de admissão é aberta, para realizar a mistura de ar e combustível. Com o fim do movimento na posição PMI, a válvula de admissão se fechará.
- Tempo de compressão: na compressão, o pistão continua seu movimento, saindo do PMI em direção ao PMS. A mistura que foi aspirada anteriormente é toda

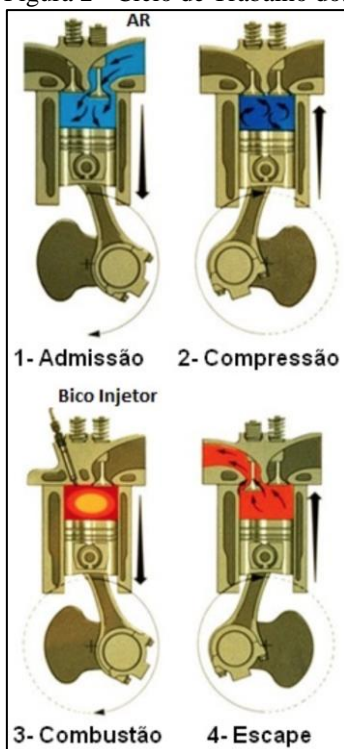
comprimida sobre a vela. Momentos antes de o pistão atingir a posição de PMS, a compressão é encerrada com o disparo de uma centelha da vela.

- Tempo de expansão ou explosão: a explosão que ocorre na câmara aumenta sua pressão de modo que os gases são impedidos de escapar devido as válvulas estarem fechadas. Desta forma, uma pressão é gerada, forçando o deslocamento do pistão para o PMI, transformando a energia do combustível em movimento.
- Tempo de exaustão: com o término da explosão, os gases que foram gerados no processo devem ser descartados. A partir do PMI, o pistão se desloca em direção ao PMS, enquanto a válvula de exaustão é aberta, lançando os gases da queima na atmosfera. Ao se aproximar do PMS, a própria válvula de exaustão começa a se fechar enquanto a de admissão começa a abrir. Com isso o processo de exaustão se encerra, iniciando novamente o ciclo.

2.2.2 Ciclo Diesel

O ciclo Diesel teve sua proposta apresentada na década de 1890, por Rudolph Diesel. O princípio de funcionamento de um motor que utiliza o ciclo diesel é bastante similar ao ciclo Otto, sendo que a ignição ocorre por compressão ao invés de uma centelha gerada pela vela, e somente ar é comprimido para a câmara (Figura 2).

Figura 2 - Ciclo de Trabalho dos Motores Ciclo Diesel (4 tempos).



Fonte: Motor (2014).

O ciclo Diesel possui o mesmo princípio de quatro tempos, sendo caracterizado por ter o ar admitido no cilindro e comprimido com o objetivo de atingir altas temperaturas. Diferentemente do ciclo Otto, o Diesel admite somente ar no primeiro ciclo. No segundo ciclo, o pistão realiza a compressão de toda a massa de ar, onde o combustível é injetado sob alta pressão no interior da câmara de combustão. Por conta da alta temperatura dentro da câmara, ocorre a explosão da mistura e o gás resultante desta explosão expande, originando o terceiro ciclo. Por fim, o material resultante da explosão é liberado pelas válvulas de escape (WU, 2007).

Sabe-se que os veículos automotores são responsáveis por uma taxa significativa das emissões de poluentes, principalmente em grandes centros urbanos. E ainda que existam programas de controle de poluição de ar, como o Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE), há de se vislumbrar o advento de alternativas que empreguem outras formas de geração de energia mecânica para os veículos.

2.3 VEÍCULOS ELÉTRICOS E HÍBRIDOS

Existem atualmente diferentes métodos de utilização de motores elétricos em veículos, resultando na existência de basicamente dois tipos distintos de veículos: elétricos e híbridos.

2.3.1 Veículos Elétricos

Conforme Buchmann (2001), o italiano Alessandro Volta, baseado nos estudos de Luigi Galvani, iniciou experiências para encontrar um método de armazenar energia utilizando zinco, chumbo, estanho ou ferro como placas positivas e cobre, grafite, prata ou ouro como placas negativas. No ano de 1800 foi descoberta a capacidade de criar um fluxo contínuo de elétrons utilizando certos fluídos como condutores ao realizar a reação química entre placas de metal ou grafite. A partir desta descoberta que surgiu a primeira “pilha” conhecida na história, a “Pilha de Volta”, que aumentava a sua tensão por utilizar diversas células empilhadas. Esta descoberta de Volta demonstrou a real sociedade de Londres algo inédito, ou seja, a capacidade de disponibilizar energia de uma maneira contínua.

O projeto da primeira bateria de produção em massa data de 1802, idealizada pelo Dr. William Cruickshank. Foi feita com a utilização de chapas quadradas de cobre, soldadas entre si nas suas extremidades junto de chapas de zinco de igual disposição e dimensões,

inseridas em caixas de madeira calafetadas e com sulcos que garantiam que as placas ficassem em posições já estabelecidas. A partir de então, a caixa era preenchida com uma solução de ácido diluído em água (NOCE, 2009).

No ano de 1859, de acordo com Noce (2009), Gastón Planté idealizou e projetou a primeira bateria recarregável, que era baseada no princípio chumbo e ácido, sistema o qual ainda é utilizado nos dias modernos. A partir da invenção de Planté, há uma divisão entre as pilhas e baterias: as primárias, que não podem ser recarregadas e secundárias, que podem ser recarregadas desde que determinadas condições estejam sendo cumpridas (temperatura, tensão, ciclos).

A invenção da bateria de níquel-cádmio só surgiu em 1899, criada por Waldmar Jungner, sendo que dois anos mais tarde, Thomas Edison criaria um projeto que substituiria o cádmio por ferro como alternativa (NOCE, 2009).

No ano de 1932, Schlecht e Ackermann foram capazes de aumentar drasticamente a durabilidade e a corrente de descarga das baterias de chumbo-ácido ao inventarem a placa de pólo sinterizada. Entretanto somente em 1947 que se obteve algo semelhante ao que hoje conhecemos, onde Georg Neumann tornou este modelo de bateria totalmente selada (NOCE, 2009).

Conforme Noce (2009), em 1990 as baterias de Níquel-Metal Hidreto (NiMH) começaram a ser comercializadas, sendo que em 1992 iniciou-se a comercialização de baterias alcalinas recarregáveis e, finalmente, em 1999, iniciou-se a comercialização de baterias de Lítio-Íon Polímero.

De acordo com a *Battery University*, um website dedicado a ensinar o público a respeito de baterias e iniciado pelo fundador da *Cadex Eletronics*, Isidor Buchmann, a maioria das pesquisas hoje revolvem em torno de sistemas baseados em lítio. Além de fornecer energia a celulares, laptops, câmeras e outros produtos, as baterias de íons de lítio também são utilizadas em satélites e veículos elétricos.

O carro elétrico não é uma ideia nova. Desde a invenção de Planté, já se estudava a viabilidade de sua utilização em veículos. Inclusive foi este um fato motivador para a invenção de Thomas Edison, onde sua alternativa que utilizava ferro na bateria possuía 40% a mais de armazenamento, porém apresentava um custo mais elevado.

Além disso, em meados de 1900, a frenagem regenerativa (que utiliza um dispositivo que é capaz de transformar a energia cinética em elétrica durante uma frenagem) e o sistema híbrido à gasolina e eletricidade são tecnologias que melhoraram o desempenho de veículos

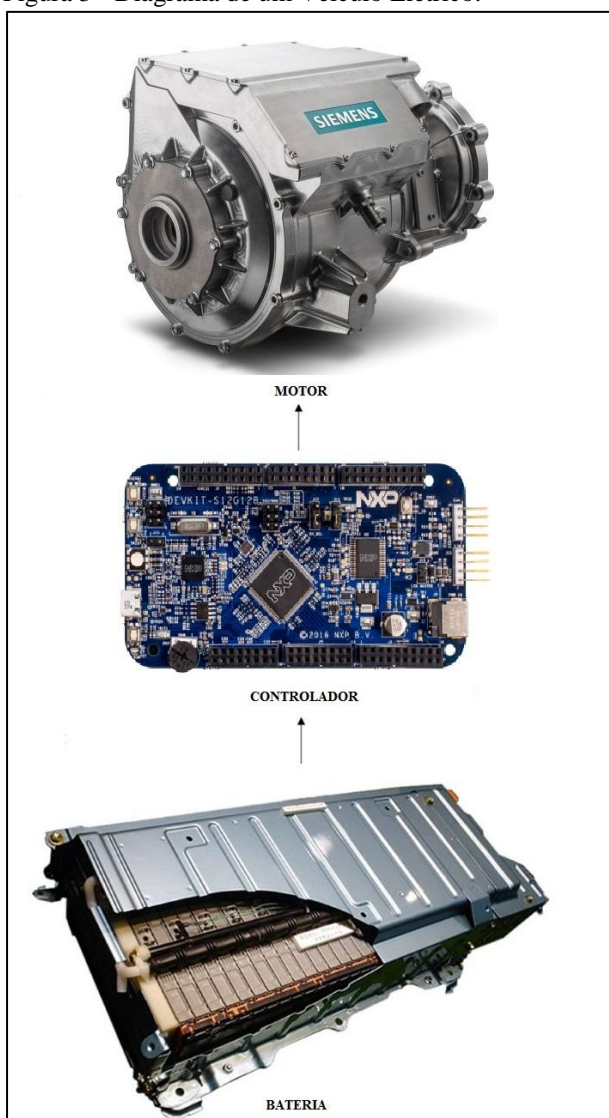
elétricos. Isto colocava três tecnologias frente a frente na virada do século XIX: o carro elétrico, a vapor e a gasolina (BARAN; LEGEY, 2010).

Apesar da eficiência de veículos elétricos ser superior as suas contrapartes movidas à combustão interna, diversos fatores foram responsáveis pelo desaparecimento de veículos elétricos no começo de 1900 (ANDERSON; ANDERSON, 2010), são eles:

- Na década de 1920, muitas cidades foram interligadas, promovendo a necessidade de veículos com maior autonomia, que era um ponto falho de VEs;
- Com as descobertas de reservas de petróleo no Texas, o preço da gasolina diminuiu e sua infraestrutura de distribuição cresceu;
- A invenção da partida elétrica em 1912 eliminou a necessidade de utilização de manivela em motores de combustão interna;
- Henry Ford e seu sistema de produção em série permitiu que o consumidor final obtivesse um veículo a gasolina por metade do valor dos veículos elétricos da época.

Atualmente, um VE é composto por uma bateria, pelo motor elétrico e por um controlador conforme demonstrado na Figura 3. A função da bateria é armazenar a energia que o motor utilizará para ativar as rodas, ocasionando a transformação de energia elétrica em mecânica. O controlador regula o fluxo de energia enviado que o motor recebe, controlando a velocidade na qual a roda irá girar e também o sentido de sua rotação (LEITMAN; BRANT, 2009) (JAMES; JOHN, 2003).

Figura 3 - Diagrama de um Veículo Elétrico.



Fonte: Adaptado de Leitman; Brant (2009).

Sendo atualmente a solução mais próxima do conceito ZE, a maior dificuldade encontrada para que VEs evoluam está justamente na capacidade de carga das baterias e também em sua vida útil. Ademais, o custo de um veículo elétrico em relação à sua alternativa movida à combustão interna, é elevado. Este custo ao consumidor fica, por exemplo, na casa dos 60% (valor de um automóvel convencional Fiat 500 (US\$ 20.995,00) e Fiat 500e (US\$ 32.995,00) no *website* da montadora Fiat nos Estados Unidos em 2018).

Os motores destes veículos são menores que os movidos à gasolina, são totalmente silenciosos, porém a velocidade máxima é reduzida. Os motores elétricos são capazes de trabalhar com correntes alternadas ou contínuas (ROCHA, 2013). Ainda, conforme Barreto (1983), os motores elétricos também são mais eficientes para realizar a geração de energia

cinética necessária para o deslocamento do veículo, possuem manutenção menos frequente e mais simples.

Entretanto, a adoção de VEs no Brasil ainda pode ser considerada uma realidade distante. Diferentemente de países da Comunidade Europeia, não há quaisquer incentivos ao comprador para realização da compra ou manutenção de seu veículo. Saliencia-se ainda que, de acordo com Castro e Ferreira (2010), não existem quaisquer medidas concretas para tratamento diferenciado de VEs. Adicionalmente, o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) possui a alíquota mais elevada para estes veículos, com um valor de 25% (categoria “outros”). Entretanto, no ano de 2018, o governo brasileiro planeja reduzir esse valor para 7%, o que certamente contribuirá com a disseminação de mais veículos dessa categoria para os anos subsequentes.

Grande parte das montadoras já possuem diversos modelos elétricos e híbridos no exterior, como o Bolt da General Motors (GM) (Figura 4), que poderá ser lançado no Brasil ainda em 2019.

A Nissan pretende lançar o Leaf (Figura 5) no mesmo ano. Outras montadoras também apostam na popularização de carros elétricos. Ford, Renault, Fiat, entre outras, proporcionando um ponto de partida na popularização de veículos elétricos no Brasil.

Figura 4 - Interior do Carro Elétrico Bolt da GM.



Fonte: QUATRO RODAS (2018).

Figura 5 - Carro Elétrico Leaf da Nissan.



Fonte: NISSAN (2018).

A realidade atual, porém, demonstra falta de incentivos por conta dos custos marginais, da forte proteção na produção de etanol e isenção da cobrança do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) limitado somente a alguns estados (MAZON, CONSONI, QUINTÃO, 2013; SANTOS et al., 2014). Estes desafios acabam exercendo forte influência na decisão dos cidadãos pela adoção de um VE.

2.3.2 Veículos híbridos

Veículos híbridos possuem duas classificações: Veículos Elétricos Híbridos não Plug-in (VEH) e Veículos Elétricos Híbridos Plug-in (VEHP).

Qualquer híbrido é caracterizado por possuir mais de uma fonte de energia para propulsão, sendo que a elétrica é, no mínimo, uma das fontes. O conceito de um Veículo Híbrido não Plug-in (VEH) deriva habitualmente da combinação de um (ou mais) motor elétrico com um MCI e um gerador. É característico que estes veículos utilizem apenas o motor elétrico quando as condições de condução e terreno forem suficientes conforme sua potência e, caso a potência seja insuficiente, o MCI é ativado (RASKIN; SHAH, 2006). Na Figura 6 são demonstradas as diferenças entre um veículo elétrico e híbrido.

Figura 6 - Comparação entre veículo elétrico, híbrido e híbrido plug-in.



Fonte: FORD (2017).

Conforme Balsa (2013), os VEHP também utilizam um MCI, um motor elétrico e uma bateria com a diferença que esta possui maior capacidade para armazenar energia em relação a um VEH, podendo ainda ser recarregada ao ser conectada diretamente na rede de energia elétrica. A bateria de um VEHP é capaz de armazenar energia suficiente para realizar deslocamentos por médias/longas distâncias sem qualquer assistência do MCI, sendo que este é utilizado como gerador de energia elétrica para o motor elétrico quando a bateria descarrega.

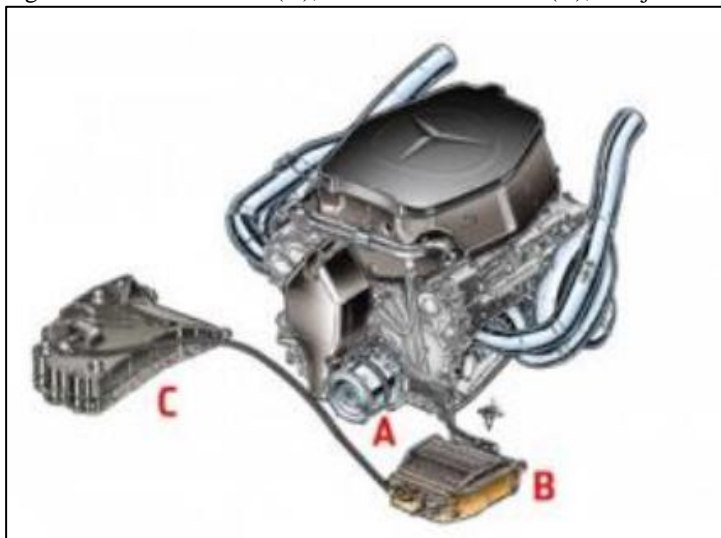
Atualmente existem três tipos de sistemas de híbridos:

- Sistemas em série, onde o MCI aciona um gerador responsável por alimentar o motor elétrico;
- Sistemas em paralelo, onde ambos os motores (elétrico e o MCI) geram tração, mas apenas um deles é o principal responsável pela locomoção do veículo, enquanto o outro provê um auxílio extra, caso a potência do supracitado seja insuficiente;
- Sistemas mistos, onde se torna possível que os motores atuem de forma isolada ou simultaneamente, sendo que ao trabalhar em conjunto, um dos motores fornecerá energia cinética e o outro ficará encarregado de gerar energia elétrica.

Cabe ressaltar que em todos estes sistemas o MCI é desligado quando o veículo fica

parado por muito tempo, e as baterias também são recarregadas por um sistema de frenagem regenerativa. O Sistema de Recuperação de Energia Cinética (SREC) ou *Kinect Energy Recovery System* (KERS) (Figura 7) é um sistema que já vem sendo utilizado de forma massiva no mundo da Fórmula 1 e consiste em utilizar a energia que seria desperdiçada no momento em que o condutor efetua frenagens.

Figura 7 - Motor elétrico (A); Unidade de controle (B); Conjunto de baterias (C).



Fonte: NAVEEN et al. (2014).

Conforme Naveen et al. (2014), o KERS é baseado no princípio da lei da conservação de energia. Quando um veículo está em movimento, possui energia cinética e, no momento da frenagem, essa energia é convertida em energia térmica, que é dissipada em forma de calor. O KERS permite que essa energia que, outrora seria dissipada em forma de calor, seja armazenada em baterias ou super capacitores, pronta para ser reutilizada livremente por um motor elétrico.

2.4 FÓRMULA E

De forma análoga ao que a Fórmula 1 representa para os veículos utilizadores de MCI, a Fórmula E foi criada com o intuito de pensar no futuro das cidades. A proposta de sua criação partiu de Jean Todt, atual presidente da FIA (*Fédération Internationale de l'Automobile*).

A primeira temporada percorreu grandes cidades ao redor do mundo e conta com dez equipes participantes, porém na temporada 2018/2019 diversas fabricantes, como BMW, Mercedes-Benz, Porsche e Nissan já demonstraram interesse ou confirmaram sua participação

na competição (FIA, 2017). Esta maior adesão de fabricantes proporcionará mudanças que visam aumentar a potência dos veículos e demonstra que a indústria automobilística possui interesse no segmento de motores elétricos e suas inovações. Estas novas incursões na categoria trazem consigo modelos de veículos com aspectos mais futuristas e arrojados que conciliam consumo energético, velocidade e conservação de bateria (Figura 8), diferindo dos modelos utilizados até o momento.

Figura 8 - Veículo de Fórmula E - Temporada 2018/2019.



Fonte: NISSAN (2018).

3 MATRIZ ENERGÉTICA E FROTA DE VEÍCULOS BRASILEIRA

Neste capítulo será apresentada a estrutura da matriz energética brasileira e as diferentes técnicas utilizadas para geração de energia. Também é apresentada a situação atual da frota brasileira de veículos à combustão interna, híbridos e elétricos.

3.1 ENERGIA ELÉTRICA

Conforme Reis (2011), a energia elétrica é o resultado de um processo que utiliza das propriedades físico-químicas e eletromagnéticas da matéria para que ocorra o funcionamento dos equipamentos utilizados pela sociedade.

A eletricidade é considerada uma forma secundária de energia porque é derivada da transformação de outras fontes de energia obtidas pela utilização direta dos recursos naturais. As fontes primárias que são utilizadas para gerar energia elétrica são classificadas em renováveis e não renováveis.

As fontes renováveis são aquelas cuja reposição natural ocorre de maneira cíclica, com velocidade igual ou até mais rápida do que sua utilização como energia, sendo que o risco de seu esgotamento é menor. Alguns exemplos de fontes renováveis são os ventos e sol. Quanto às fontes não renováveis, o próprio nome já indica que são passíveis de esgotamento com o passar do tempo, visto que são consumidas com uma velocidade maior que o tempo que levam para serem produzidas. Exemplos de fontes não renováveis são os derivados de petróleo e o gás natural (BARBOSA ET AL., 2013).

3.2 GERAÇÃO DE ENERGIA

Devido ao fato da energia elétrica ser tão importante para a vida dos seres humanos, foi necessário criar formas de produzir e armazená-la em grande escala.

De acordo com Barbosa et al. (2013), uma forma de produzir energia envolve a utilização de peças móveis, bem como a característica que certos materiais possuem para conduzir energia elétrica ao serem postos em movimento dentro de um campo magnético. Para este caso é obrigatório um estágio de produção anterior para que seja possível adquirir energia mecânica ou movimento.

Outra forma de produzir energia é por meio dos recursos naturais, sendo resultado da utilização de tecnologias de transformação direta de um meio de energia para outro. Este

método de geração de energia não necessita do uso de peças móveis (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005).

A seguir são descritos alguns dos meios mais utilizados para gerar energia, assim como o processo de produção para cada um deles.

3.2.1 Hidrelétrica

Esta forma de geração elétrica (Figura 9) envolve a força das águas para movimentar as turbinas, logo, considera-se uma fonte de energia mecânica. A turbina, ao ser acionada, transforma a energia hidráulica em mecânica, movimentando o rotor de um gerador elétrico. Por consequência das interações eletromagnéticas que ocorrem dentro de seu sistema, a energia mecânica é transformada em elétrica (BALARIM ET AL., 2004).

Figura 9 - Usina Hidrelétrica de Itaipu.



Fonte: BRASIL (2018?).

A quantidade de energia elétrica produzida por este modelo irá depender de diversos fatores, sendo um destes a vazão de água usada para a geração do movimento mecânico. Para que ocorra a regulagem da potência elétrica são utilizados reguladores de tensão e velocidade.

As desvantagens das usinas hidrelétricas, de acordo com Reis (2011), decorrem do tamanho dos reservatórios de água. A construção dos reservatórios normalmente resulta dos desvios de toras de rios e córregos, bem como da inundação de grandes áreas. Tais fatores podem contribuir para a instabilidade nas encostas dos rios ou mesmo do próprio reservatório, afetando as comunidades que utilizam o rio como meio de obtenção de recursos.

3.2.2 Termelétricas

As termelétricas (Figura 10) possuem grande semelhança com as hidrelétricas em seu funcionamento. De acordo com Pecora (2006), seu funcionamento é baseado na conversão de energia térmica em mecânica para, em seguida, ocorrer à transformação da energia mecânica em elétrica. A energia térmica pode ser derivada da energia nuclear dos combustíveis radioativos (fissão nuclear), ou pela transformação da energia química dos combustíveis provenientes da combustão. Essas transformações geram calor que fazem com que a água vire vapor, que move as turbinas térmicas. Estas turbinas movimentam o rotor de um gerador elétrico para a energia ser produzida.

Figura 10 - Central Nuclear de Angra dos Reis.



Fonte: BRASIL (2018?).

Entretanto existem alguns pontos negativos (REIS, 2011), não só a queima de combustíveis fósseis, como o manuseio de materiais radioativos apresentam riscos para os locais nas quais estão instaladas as usinas. A queima libera diversos gases poluentes e a estocagem de materiais nucleares está sujeita a vazamentos. Os vazamentos podem ser causados por forças naturais, como o terremoto na usina de Fukushima em 2011, ou ainda por falhas de manutenção, como a que ocorreu em 1986 em Chernobyl. Após ambas as fatalidades citadas, as regiões próximas às usinas foram isoladas devido às altas taxas de radioatividade, permanecendo assim até os dias atuais.

Outro fator a ser mencionado, é a necessidade de manter o sistema resfriado. E no caso de refrigeração por circulação direta, podem surgir problemas com a biodiversidade relacionada à fonte de água em detrimento do aumento da temperatura da água que é utilizada.

3.2.3 Centrais Eólicas

Sistemas de geração eólicos são encarados atualmente como uma excelente alternativa do ponto de vista ambiental, dado que são menos agressivos e possuem perspectivas de produzir quantidades consideráveis de energia.

Campos (2004) e Moreira (2016) rezam que a energia elétrica de centrais eólicas (Figura 11) resulta da conversão da energia eólica em mecânica, devido à utilização de um rotor com hélices e a energia mecânica gerada faz o eixo de um gerador de eletricidade girar. Portanto, a energia eólica é a energia cinética contida no movimento dos ventos.

Figura 11 - Parque Eólico de Osório – RS.



Fonte: RIO GRANDE DO SUL (2018?).

Os autores ainda afirmam que o conhecimento da velocidade média do vento é deveras importante para calcular a energia gerada e, conseqüentemente, estimar o dimensionamento do sistema de armazenamento. Desta maneira, existe um sistema de controle composto por uma série de sensores que capturam os dados necessários para garantir um funcionamento seguro, aliado ao melhor desempenho possível do sistema.

Centrais eólicas não estão isentas de pontos negativos. Entretanto estes são praticamente nulos quando comparados aos impactos causados por centrais hidrelétricas ou termelétricas. Reis (2011) elenca como exemplo, os ruídos causados pela alta rotação das pás do rotor e possíveis colisões de pássaros.

3.2.4 Energia Solar

Sistemas que utilizam da energia solar são um dos exemplos de sistemas de produção estático. Ao se utilizar células fotovoltaicas, é possível converter a energia solar em eletricidade de maneira direta (REIS, 2011), (RODRIGUES; TEIXEIRA; BRAGA, 2003). Ou seja, diferentemente dos meios de produção citados anteriormente, não há geração de nenhum tipo de energia intermediária, a energia elétrica é convertida diretamente. Neste sistema de geração são utilizados painéis formados pelo agrupamento de módulos fotovoltaicos, onde ocorre o efeito fotovoltaico propriamente dito. Suas aplicações ocorrem em sistemas

autônomos isolados, onde não há ligação à rede elétrica, sendo a energia gerada utilizada de forma direta (aquecimento de água de chuveiro); em sistemas autônomos híbridos, nos quais não existe ligação com a rede elétrica, mas que possuem mais de uma forma de geração de energia (turbinas eólicas, em conjunção com a fotovoltaica); e, finalmente, sistemas conectados à rede, onde não ocorre o armazenamento de energia, uma vez que toda a potência gerada já é entregue à rede.

A análise de impactos negativos realizada por Reis (2011) considerou que não existem motivos para crer que o uso de sistemas fotovoltaicos (Figura 12) em larga escala implicará em danos ao meio ambiente, desde que todos os cuidados sejam previamente tomados, uma vez que o maior problema está na produção das células.

Figura 12 - Parque Solar.

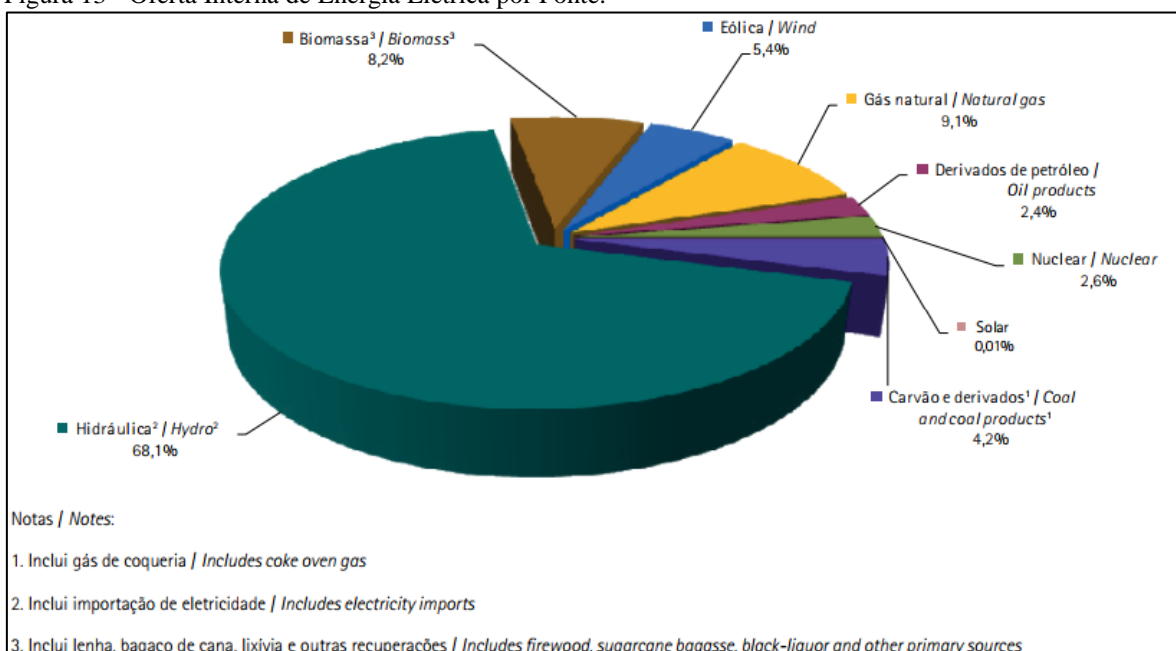


Fonte: PIAUI (2017).

3.3 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A situação brasileira no quesito geração de energia é bastante promissora se levado em consideração que mais de metade da produção energética é derivada de usinas hidrelétricas, uma fonte de energia renovável. Ainda, conforme o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2017, 81.7% da oferta de eletricidade nacional é resultado de fontes de energia renováveis (Figura 13).

Figura 13 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte.



Fonte: BEN (2017).

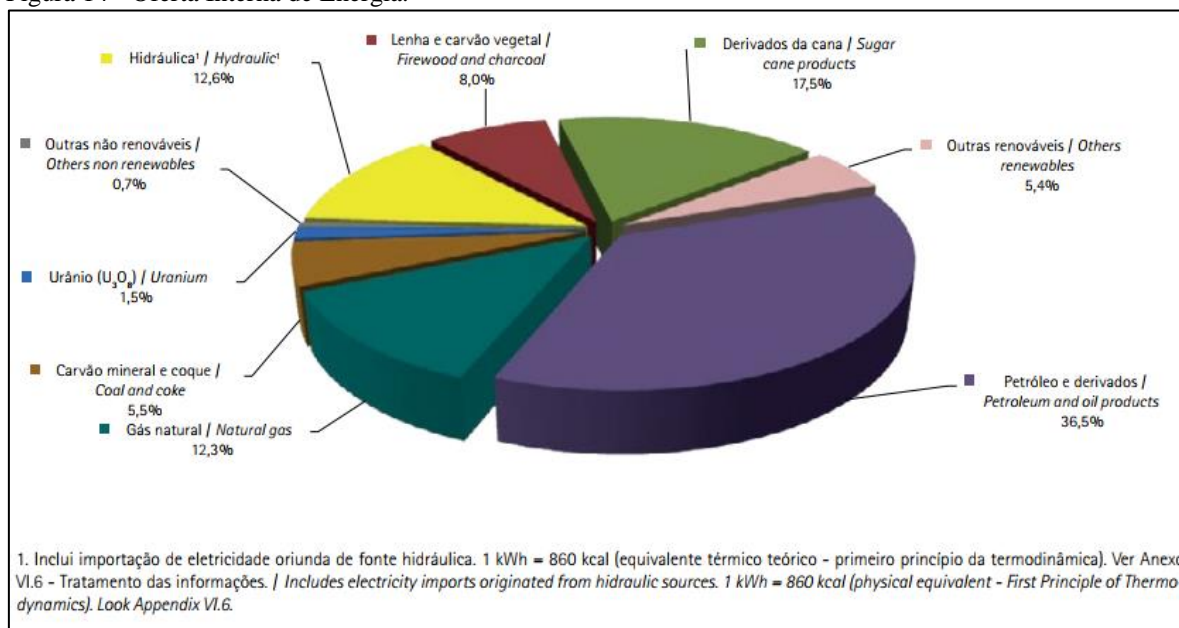
Por outro lado, no Brasil, verifica-se a presença majoritária de somente três tipos de combustíveis para automóveis e veículos leves:

- Gasolina;
- Etanol;
- Gás Natural Veicular.

Diferentemente do que ocorre em diversos países, no Brasil o óleo diesel é permitido somente para veículos de serviço, tais como ônibus, camionetes e caminhões. Situação idêntica ocorre com o querosene, que tem sua principal utilização no setor de aviação.

Este cenário demonstra que apesar de gerar muita energia por meio de fontes renováveis, o consumo energético de combustível fóssil ainda é alto (Figura 14).

Figura 14 - Oferta Interna de Energia.



Fonte: BEN (2017).

Uma das maiores preocupações do mundo contemporâneo reside no aquecimento global e na geração de gases que contribuem para o efeito estufa. Por conta disso, há uma crescente movimentação que busca utilizar combustíveis menos poluentes para veículos e também uma maior preocupação com a geração de energia limpa.

3.4 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

No Brasil o Sistema Interligado Nacional abrange 98% do território nacional e é composto por sistemas de produção de energia das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte, sendo responsável pela coordenação e controle (BRASIL, 2011).

Dentro das variáveis utilizadas para determinar o perfil de atendimento ao consumidor existe a densidade demográfica e nível da atividade econômica da região. Ou seja, as regiões Sul e Sudeste possuem uma maior relação entre a quantidade de indivíduos residentes e unidades consumidoras. Também possuem uma maior densidade demográfica e desenvolvimento econômico e social, portanto possuem maior atendimento e suas redes de transmissão são mais densas (ANEEL, 2008).

Por outro lado, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste possuem uma grande parcela da população sem acesso à rede. Conforme a Aneel (2008), isso ocorre por questões geográficas, baixa densidade demográfica e número de habitantes com baixo poder aquisitivo.

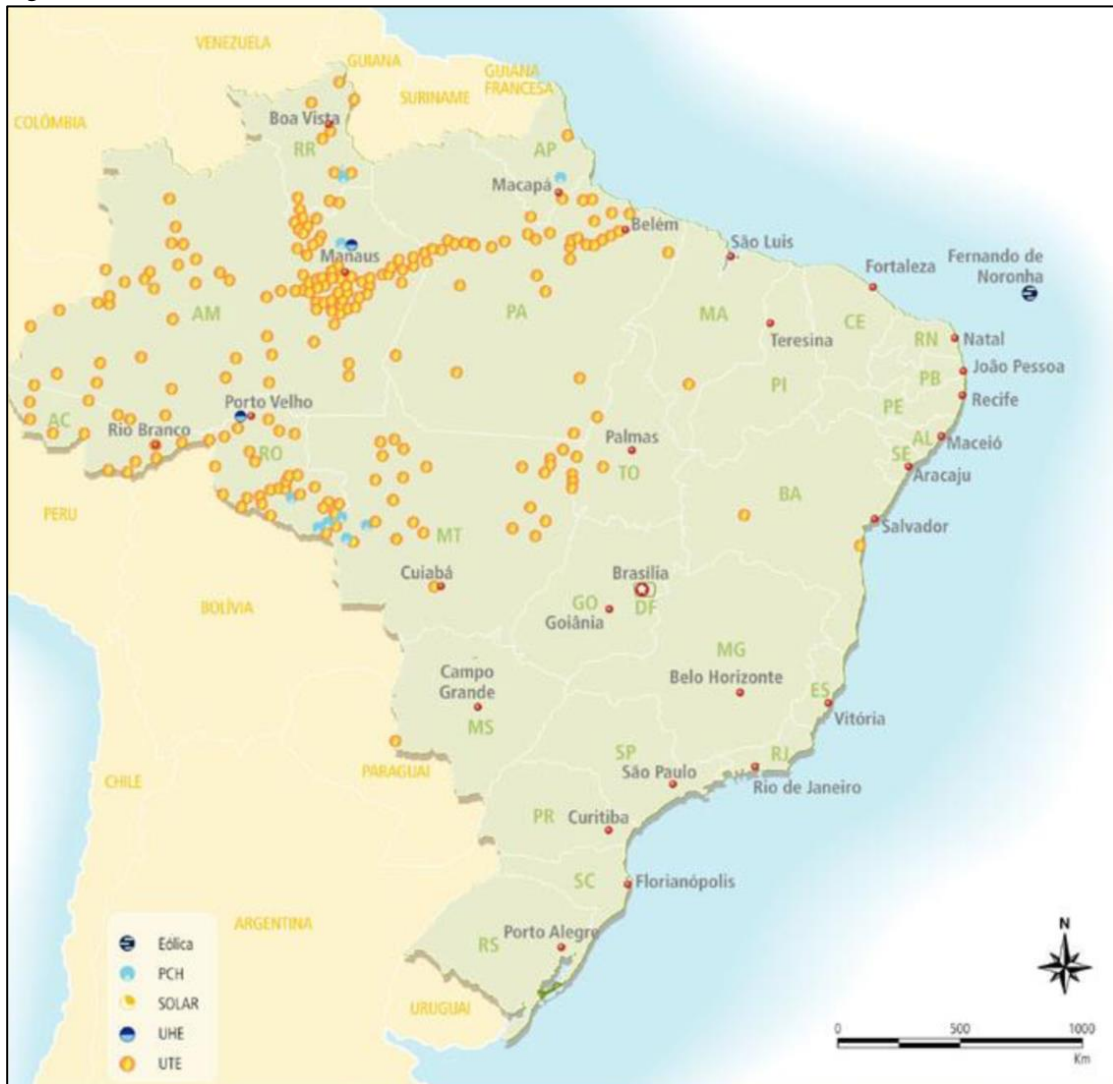
Contudo, o governo brasileiro entre 2003 e 2004 definiu uma série de diretrizes que buscavam definir um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Este modelo tinha como objetivo a garantia da segurança do suprimento de energia, uma tarifa acessível a todos os cidadãos e inserção social no SEB (ONS, 2016).

3.4.1 Sistemas Isolados

Ainda que 98% do território brasileiro possua uma conexão ao SIN, existem alguns pontos de geração de energia isolados desse sistema. A principal localização geográfica destes está na região norte do país, fato explicado pelas características geográficas da região, posto que na região Amazônica a instalação de grandes linhas de transmissão é prejudicada devido às densas florestas características da região (ANEEL, 2008).

Como boa parte desses sistemas isolados (Figura 15) se utiliza de óleo diesel como fonte de geração, existe espaço para explorar soluções que utilizam fontes renováveis de energia. Recentemente essas centrais de geração de energia vem sendo integradas ao SIN.

Figura 15 - Centrais elétricas dos Sistemas Isolados em 2003.



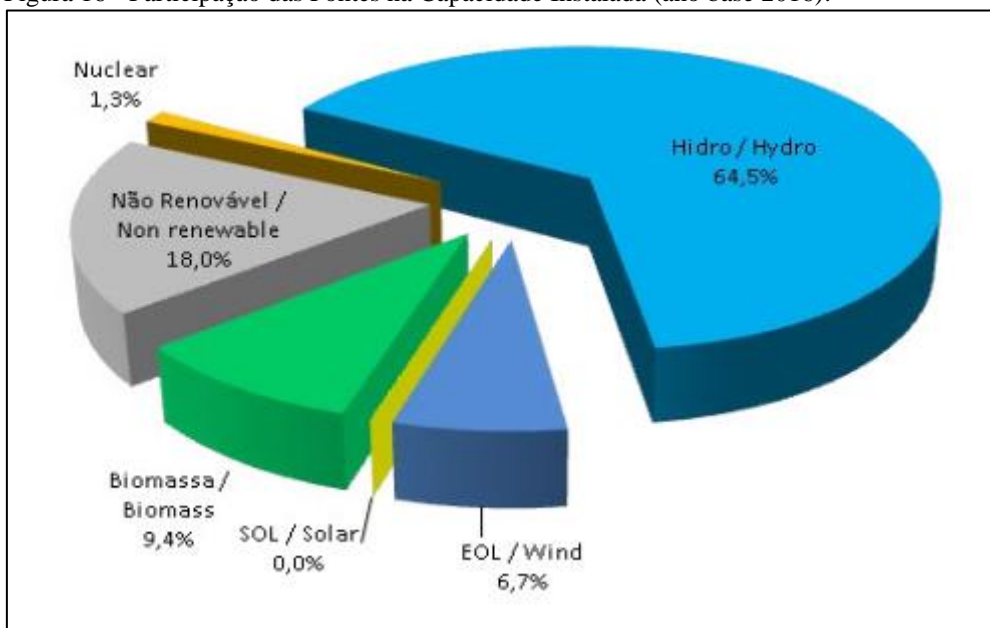
Fonte: BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO (2003).

Existe margem para aplicação de estudos que abordem fontes alternativas para geração de energia desses sistemas, pois sua concentração está localizada na região norte e depende em sua maior parte de energia termelétrica.

3.5 CAPACIDADE MÁXIMA INSTALADA E CONSUMO

De acordo com o BEN (2017), a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil (considerando as centrais de serviço público e autoprodutoras) alcançou um total de 150.338 MW, uma expansão de 9.479 MW em relação a 2016, sendo que as centrais hidráulicas tiveram participação de 55,6% e as térmicas 18,1% em relação à capacidade adicionada (Figura 16).

Figura 16 - Participação das Fontes na Capacidade Instalada (ano base 2016).



Fonte: BEN (2017).

A potência instalada se refere à máquina como um todo, não significando que seria possível produzir esse montante, pois além de necessitar de todas as matrizes trabalhando a pleno vapor, a própria rede de distribuição seria incapaz de suportar esta quantidade de energia.

Para discorrer a respeito do consumo energético brasileiro, é necessário realizar uma contextualização sobre o funcionamento do mercado energético e seu funcionamento. Em 2014, a Lei nº 10.847 criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que é responsável por planejar a matriz energética para avaliar a capacidade de expansão tanto da geração quanto da Rede Básica do Setor Elétrico Brasileiro. É de responsabilidade da EPE publicar o BEN e realizar a identificação e avaliação dos recursos energéticos para realizar melhorias em relação ao consumo e geração de energia. No mesmo ano, foram instituídos dois ambientes onde ocorre contratação de energia disponível no mercado: Ambiente de Contratação Regulado (ACR), também conhecido como Cativo, e Ambiente de Contratação Livre (ACL) (COSTA, 2017).

Todo consumidor residencial, de acordo com Costa (2017), indústrias, algumas empresas comerciais e consumidores rurais presentes no mercado atualmente estão adquirindo energia no ACR. Neste caso, as distribuidoras adquirem energia para poder atender aos consumidores de sua área de concessão e repassam os custos.

No ACL, existem dois tipos de consumidores, consumidor livre e consumidor especial, cada qual com critérios específicos para sua classificação. No ACL é possível obter

menores custos em relação aos pagos no mercado regulado, com uma gestão maior na relação de energia e demanda. Este mercado foi criado por consumidores industriais e comerciais com o intuito de reduzir custos e para poder negociar de acordo com suas necessidades individuais.

3.6 FROTA DE VEÍCULOS BRASILEIRA

Conforme BRASIL (2018), a frota de veículos brasileira em março de 2018 é de 97.889.879. Sendo que, este número compreende um total de 53.305.687 de veículos leves. Esta quantidade de veículos utiliza na sua maioria, combustíveis fósseis para geração de energia.

Considerando que a penetração de veículos híbridos e elétricos é bastante limitada em solo brasileiro, é seguro afirmar que a maior parte dos veículos que estão em circulação atualmente utiliza MCI para seu funcionamento.

3.7 FROTA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL

De acordo com a pesquisadora da Fundação Getúlio Vargas (FGV) Energia, Tatiana Bruce, os grandes responsáveis por uma rápida adoção de veículos elétricos em outros países deriva de subsídios provenientes dos governos. Na China, por exemplo, o governo subsidia em torno de 30% a 50% do valor do um carro elétrico, pois um dos itens mais custosos é justamente a sua bateria. Por conta desses fatores, a venda de carros híbridos e elétricos no Brasil ficou em torno de 5,9 mil entre 2011 e 2016, o que representava em torno de 0,3% da frota mundial. O modelo com maior número de vendas nesse período foi o Toyota Prius com 1.635 unidades vendidas em 2016.

Diversas montadoras possuem interesse em passar a comercializar carros elétricos e híbridos no Brasil, porém alegam que isso só é viável com a produção de 3 mil a 5 mil carros por ano. O presidente da empresa Cherry, Luís Curi, já declarou que o grupo possui intenção de produzir o QQ elétrico e deve terminar um estudo de viabilidade ainda no ano de 2018 e, dependendo do resultado, a produção já deverá iniciar em 2019.

Conforme Delgado et al. (2017), a importância desses subsídios pode ser mais bem ilustrada ao utilizar o *Vehicle Cost Calculator*¹ do Departamento de Energia dos EUA, onde é

¹ Custo cumulativo de propriedade assume os gastos derivados do automóvel anualmente. Considera-se combustível, pneus, manutenção, registro, licença, seguro e pagamento do empréstimo. Essa calculadora assume um empréstimo de cinco anos com entrada de 10%. Não é incluso uma estimativa de valor de revenda dos carros elétricos.

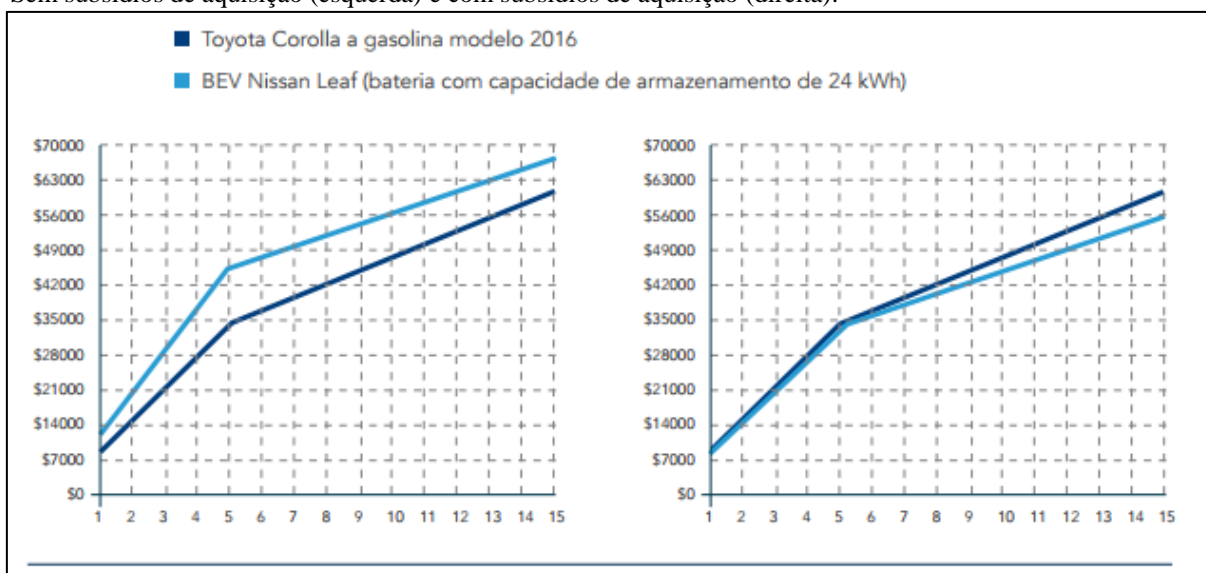
realizada uma comparação direta do custo cumulativo de propriedade¹ de um veículo que utiliza MCI (Toyota Corolla²) em relação a um veículo totalmente elétrico (Nissan Leaf³). Ao analisar a Tabela 1, percebe-se que o Leaf possui vantagem no quesito combustível e manutenção, sendo também mais eficiente por quilômetro rodado. Entretanto o custo cumulativo de propriedade desfavorece o veículo elétrico, sendo que o subsídio de US\$ 10.000,00 do estado da Califórnia é o fator determinante para que esse custo seja menor ao longo do tempo, como pode ser verificado na Figura 17. Fica evidenciado, dessa forma, que os veículos elétricos ainda são bastante custosos em relação a concorrentes que utilizam MCI. Para proporcionar um aumento na atratividade de um veículo elétrico é imprescindível políticas de subsídios por parte do governo.

Tabela 1 - Comparação de custos Toyota Corolla e Nissan Leaf.

	Toyota Corolla a gasolina – 2016	Nissan Leaf (bateria de 24 KW-hr) - 2016
Uso anual de gasolina	1.438 litros (380 galões)	0 litros
Uso anual de eletricidade	0 kWh	3.620 kWh
Desempenho (cidade/estrada)	12/16 km/l	27/33 kWh/100mi (milhas)
Custo anual de combustível/eletricidade	US\$844	US\$615
Custo de manutenção de primeiro ano	US\$3.102	US\$2.720
Custo por milha	US\$0,26	US\$0,23
Emissões anuais (libras de CO2	9.129	2.602

Fonte: DELGADO et al. (2017).

Figura 17 - Custo Cumulativo Anual de Propriedade - Toyota Corolla e Nissan Leaf. Sem subsídios de aquisição (esquerda) e com subsídios de aquisição (direita).



Fonte: DELGADO et al. (2017).

² Toyota Corolla 2016 a gasolina – Preço de US\$ 17.830,00. Potência de 148cv.

³ Nissan Leaf 2016 – Preço de US\$ 29.010,00. Potência de 120cv.

A partir dos dados apresentados, fica evidenciado como os incentivos governamentais são capazes de influenciar positiva ou negativamente durante o período de adoção de novas tecnologias. Há governos que promovem além de subsídios, isenções de taxas e impostos. Outra medida que pode ser empregada para amortizar o impacto inicial é o fornecimento de subsídios para instalação de *Electric Vehicle Supply Equipment* (EVSE) residenciais. EVSE trata-se das estações de carregamento de carros elétricos. Em diversos países onde a participação de VEs é superior a 0,5% existem incentivos diretos ou fiscais para instalação da infraestrutura necessária para recarga doméstica.

4 IMPLANTAÇÃO DE VEÍCULOS HÍBRIDOS E ELÉTRICOS NO BRASIL

Neste capítulo é apresentado o objeto do estudo, e os dados que serão utilizados na abordagem de alguns cenários hipotéticos pré-determinados em relação à frota de veículos híbridos e elétricos, e o respectivo impacto gerado na matriz energética brasileira. O capítulo também traz à tona discussões sobre possíveis aspectos sociais e econômicos gerados por uma mudança na frota de veículos no país.

4.1 DADOS UTILIZADOS PARA ANÁLISE

A partir dos dados apresentados, este trabalho propõe analisar alguns cenários específicos que apresentarão os impactos ao adotar 10%, 25% e 40% de veículos híbridos e elétricos na frota nacional de veículos. Para os fins deste estudo, serão considerados somente os veículos leves.

Para calcular a frota de veículos para os anos de 2023, 2028 e 2033 será feita uma estimativa do crescimento de veículos leves entre 2008 e 2018 (BRASIL, 2018), conforme exposto na Tabela 2.

A taxa de crescimento escolhida foi de 25%, pois é um valor próximo ao crescimento apresentado entre 2013 e 2018. Adicionalmente, o crescimento da frota entre 2008 e 2018 foi de 76,69%, sendo que o crescimento acumulado de 25% a cada cinco anos entre 2023 e 2033 proporcionou um aumento estimado de 95,31% da frota, demonstrando números otimistas para o período proposto.

Tabela 2 - Veículos leves no Brasil em 2023, 2028 e 2033 (valores estimados).

Ano	2008	2013	2018	2023	2028	2033
Quantidade	30.021.842	42.913.174	53.044.977	66.306.221	82.882.776	103.603.470
Aumento em relação ao ano anterior	-	42,93%	23,61%	25%	25%	25%

Fonte: Do autor.

Considerando os dados constantes na Tabela 2, serão apresentados três cenários distintos, com diferentes taxas de implantação de veículos elétricos e híbridos. Para estimar a quantidade de veículos elétricos em nosso país nos anos que estão por vir, foi tomada como base uma estimativa apresentada pela *Boston Consulting Group* (BCG) (2017), empresa fundada em 1963 por Bruce Henderson. Esta pesquisa apresenta um cenário no qual a

produção de veículos elétricos global passará por um aumento bastante acentuado a partir de 2025 e, em 2030, tal tecnologia já estará dividindo 50% da frota mundial.

De acordo com este mesmo estudo, existem três fatores responsáveis por moldar essa transição: tecnologia, atos regulatórios e custo de propriedade. Os próximos 12 anos devem apontar uma mudança que será dividida em três fases. Sendo a produção de veículos com MCI mais barata que a de híbridos ou 100% elétricos, ainda ocorrerá a dominação por parte dos veículos convencionais. Esta fase deve perdurar até 2020, momento em que o MCI ainda será capaz de atender os requisitos de emissões por conta de uma maior consciência ecológica por parte dos governantes e consumidor.

A indústria deve passar por uma próxima fase entre 2020 e 2025, onde os veículos híbridos e elétricos terão maior participação no mercado. A BCG (2017) estima que após 2025 o preço das baterias diminua, proporcionando mais vendas e vantagens em longo prazo na obtenção de tais veículos.

Deve-se observar, não obstante, que essas estimativas correspondem a expectativas mundiais e dificilmente refletirão o futuro brasileiro. Para buscar uma estimativa mais acurada com o cenário encontrado no Brasil, verificou-se um estudo realizado por SHUKIA et al. (2014) na Índia. Nos cenários abordados no estudo, foi estimado que, conforme o cenário utilizado, a penetração de veículos híbridos e elétricos em 2025 seria em torno de 25% enquanto que em 2030, estima-se até 40% da frota de veículos de quatro rodas no país onde o estudo foi realizado.

Foi considerado um aumento gradual da porcentagem de veículos híbridos e elétricos inseridos na frota brasileira tendo como embasamento os estudos de SHUKIA et al. (2014), conforme dados da Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de veículos híbridos e elétricos estimados no Brasil.

Ano	2023 (Cenário 1) 5% da frota	2028 (Cenário 2) 25% da frota	2033 (Cenário 3) 40% da frota
Total da frota	66.306.221	82.882.776	103.306.470
Quantidade de veículos elétricos e híbridos inseridos no mercado	3.315.312	20.720.694	41.322.588
Quantidade de veículos com MCI	62.990.909	62.162.082	61.983.882

Fonte: Do autor.

Este estudo também considera possíveis desdobramentos em solo catarinense, promovendo o desenvolvimento de três cenários adicionais utilizando a frota do estado de Santa Catarina (Tabela 3 e Tabela 4), usando a mesma metodologia proposta anteriormente de acordo com os dados fornecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (BRASIL, 2018).

Tabela 4 - Veículos leves em Santa Catarina em 2023, 2028 e 2033 (valores estimados).

Ano	2008	2013	2018	2023	2028	2033
Quantidade	1.574.063	2.292.562	2.835.118	3.543.897	4.429.871	5.537.338
Aumento em relação ao ano anterior	-	45,65%	23,66%	25%	25%	25%

Fonte: Do autor.

Tabela 5 - Quantidade de veículos híbridos e elétricos estimados em Santa Catarina

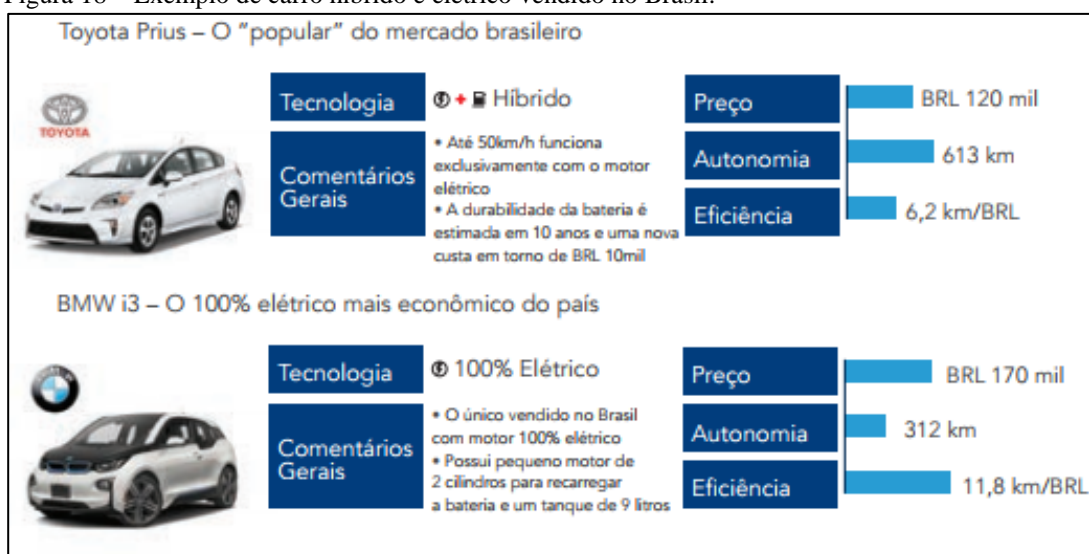
Ano	2023 (Cenário 1) 5% da frota	2028 (Cenário 2) 25% da frota	2033 (Cenário 3) 40% da frota
Total da frota	3.543.897	4.429.871	5.537.338
Quantidade de veículos elétricos e híbridos inseridos no mercado	177.194	1.107.467	2.214.935
Quantidade de veículos com MCI	3.366.703	3.322.404	3.322.403

Fonte: Do autor.

Foram considerados para o escopo deste trabalho alguns veículos de fabricantes variados, sendo ilustrados na Figura 18 dois exemplos de veículos já vendidos no Brasil. O Toyota Prius é o veículo híbrido mais difundido e “popular” no mercado brasileiro. Em contrapartida, o BMW i3 é o veículo 100% elétrico mais econômico disponível atualmente em solo brasileiro.

Conforme conteúdo abordado no Capítulo 2, diversas montadoras apresentam interesse em realizar a comercialização de veículos híbridos e elétricos no Brasil a partir de 2019, o que deverá aquecer a busca por esta categoria de veículos, principalmente caso incentivos fiscais sejam implementados pelo governo brasileiro.

Figura 18 – Exemplo de carro híbrido e elétrico vendido no Brasil.



Fonte: DELGADO et al. (2017).

De acordo com os dados obtidos pela própria montadora, o Prius possui um motor elétrico e um que MCI a gasolina, onde a utilização dos motores pode ser simultânea ou somente com o motor elétrico. No caso do modelo vendido no Brasil, não se trata de um veículo plug-in (TOYOTA, 2018), não gerando um impacto direto na rede elétrica. Porém os modelos do Toyota Prius munidos de tecnologia Plug-in possuem um consumo médio de 17,4kWh a cada 100 km (ou 0,174kWh/km) conforme dados fornecidos pela *Electric Vehicle Database* (2017).

O BMW i3 é um carro com ZE de CO₂, tendo o seu consumo estimado pela montadora em 13,1 a 13,6 kWh para cada 100 km rodados (BMW, 2018). O seu consumo, de acordo com a BMW, fica em torno de 13,3 kWh para cada 100 km (ou 0,133kWh/km).

Um dos carros elétricos mais vendidos no mundo é o Nissan Leaf, podendo ser encarado como uma alternativa futura para os brasileiros, pois o presidente da América Latina, José Luis Valls, confirmou que o carro deverá ser vendido no Brasil e a expectativa é que isso ocorra a partir de 2019. Seu consumo para cada 100 km rodados é de 15,5kWh (ou 0,155kWh/km).

A Chevrolet/General Motors possui o Bolt como representante dos carros elétricos. Assim como o Leaf, deverá chegar ao Brasil em 2019, de acordo com Carlos Zarlenga, presidente da América do Sul. O consumo do Bolt é em torno de 14kWh para cada 100 km (ou 0,14kWh/km).

Levando em consideração que tal variedade de veículos elétricos poderá se tornar mais acessível financeiramente no futuro, este estudo optou por utilizar uma média de consumo de 14,5kWh para cada 100 km (0,145kWh/km) para veículos com propulsão 100%

elétrica. Em relação a veículos híbridos plug-in, foi utilizado como base para estimativas deste estudo o consumo elétrico do Toyota Prius Plug-in (0,174kWh/km). Embora o modelo utilizado como referência seja europeu, é estimado que veículos plug-in passem a ser comercializados em todo o território brasileiro nos próximos anos.

A definição da frota de veículos híbridos plug-in e elétricos para estimativa de consumo elétrico será proposta conforme o crescimento observado pelo governo da Alemanha (*Das Kraftfahrt-Bundesamt*, 2017), que demonstrou que a frota de veículos elétricos tende a superar a de veículos plug-in em dois anos. Considerando, ainda, as revoluções tecnológicas que ocorrem no setor automobilístico, é estimado que:

- No Cenário 1 (2023), 60% da frota seja composta de veículos plug-in e 40% por elétricos;
- No Cenário 2 (2028) estima-se 40% de veículos plug-in e 60% de elétricos;
- No Cenário 3 (2033), 30% de veículos plug-in e 70% de veículos elétricos.

Considera-se uma estimativa média diária de distância percorrida por veículo no Brasil de 35 km, conforme estudo e estimativas propostas por Baran (2012).

No que diz respeito ao planejamento energético, o Brasil, como apontado anteriormente, é um país com enorme potencial para geração de energia e o consumo dessa energia possui ligação direta com a qualidade de vida dos cidadãos, além de um crescimento de outros setores. O aumento na qualidade de vida da população tem como consequência, além de fatores mais evidentes, um incremento no consumo de energia elétrica, postulado que ocorre um aumento no número de itens que consomem mais energia (ar-condicionado, secador de cabelo, eletrodomésticos etc.). Portanto, o consumo de energia nos cenários propostos será calculado de acordo com o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) do país. De acordo com Coelho (2018), estima-se que ocorrerá um aumento de 2,6% entre 2018 até 2023 e de 3% entre 2024 até 2030.

Para calcular o consumo energético do país ao longo próximos dos anos, foram utilizados os dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2017). Para os fins deste estudo, será considerado o consumo total de energia, resultando nos dados estimados para o consumo energético no Brasil (Tabela 6) e Santa Catarina (Tabela 7) para cada um dos cenários propostos em função do crescimento acumulado do PIB. O total consumido em 2016 provém unicamente dos consumidores do ACR, onde se concentra a maior parte dos consumidores em território nacional.

Tabela 6 - Estimativa do consumo energético em função do crescimento do PIB.

Ano	2016	2023 (Cenário 1)	2028 (Cenário 2)	2033 (Cenário 3)
Consumo de energia total	337.132 GWh	403.488 GWh	467.753 GWh	542.253 GWh
Consumo de energia residencial	132.872 GWh	159.024 GWh	184.352 GWh	213.714 GWh

Fonte: Do autor.

Tabela 7 - Estimativa do consumo energético de Santa Catarina em função do crescimento do PIB.

Ano	2016	2023 (Cenário 1)	2028 (Cenário 2)	2033 (Cenário 3)
Consumo de energia	16.459 GWh	19.698 GWh	22.835 GWh	26.472 GWh
Consumo de energia residencial	5.438 GWh	6.677 GWh	7.740 GWh	8.972 GWh

Fonte: Do autor.

A conservação do meio ambiente trata-se de um tema recorrente ao abordar temáticas relacionadas a veículos híbridos e elétricos. Baird e Cann (2011) afirmam que a queima de combustíveis fósseis resulta em grandes quantidades de emissão de dióxido de carbono (CO₂), contribuindo ativamente com o “efeito estufa”. Este termo refere-se ao aumento da temperatura média global em decorrência do aumento de concentração de CO₂, entre outros.

Fica evidente, portanto, a importância de medidas que diminuam o consumo destes combustíveis, além de estímulos que visem um aumento no uso de fontes de energia renováveis para redução na queima de combustíveis.

Conforme Brasil (2011), o 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários estima que, em 2018, as emissões derivadas de veículos utilizadores de ciclo Otto será de 39.952 mil toneladas de CO₂ para automóveis à gasolina, de 7.237 mil toneladas de CO₂ para automóveis que utilizam álcool anidro, 44.804 mil toneladas de CO₂ para automóveis a álcool hidratado e, 8.457 mil toneladas para veículos utilizadores de GNV. Estes números perfazem um total de 100.450 mil toneladas de CO₂ expelidos ao ano.

Considerando a frota em 2018 e uma estimativa de 12.600 km percorridos anualmente por cada veículo, estimou-se neste estudo que cada veículo convencional expele, em média, 150,24g/km de CO₂. Em contrapartida, um Toyota Prius Plug-in, conforme a *Electric Vehicle Database* (2018), emite pelo seu escapamento uma média de 22g/km ao

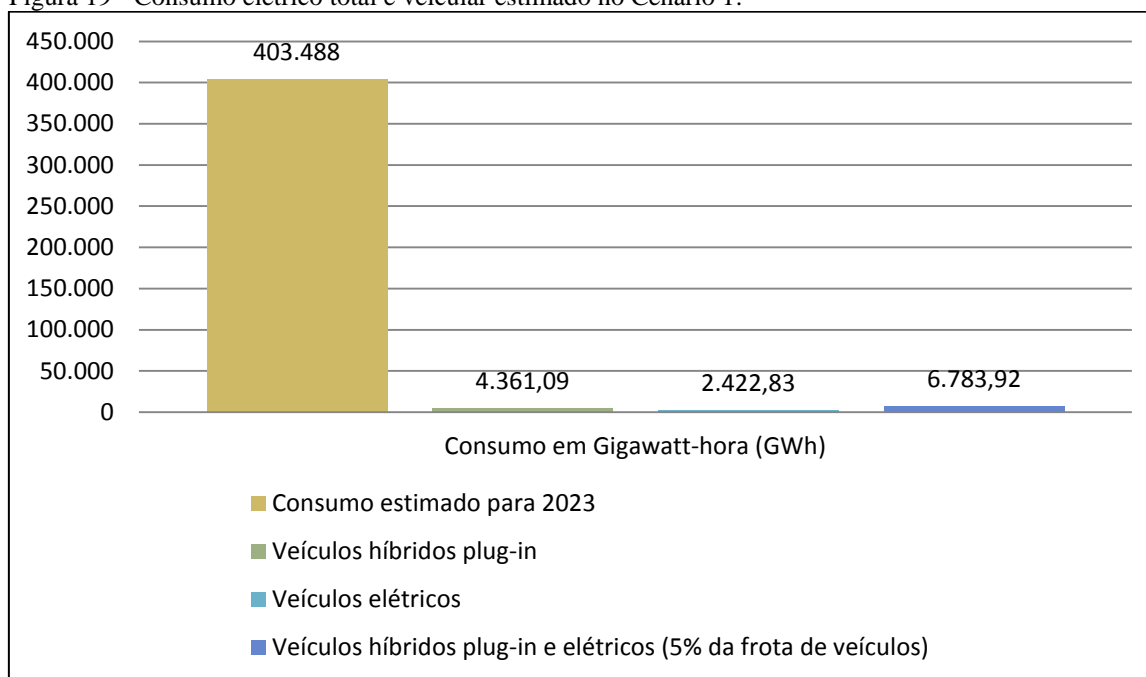
utilizar o motor elétrico e 70g/km com o motor à gasolina. Como a maior vantagem de um veículo híbrido é a utilização de seu motor elétrico, assume-se que dos 12.600 km percorridos anualmente, somente 10% são percorridos exclusivamente com o motor à gasolina.

4.1.1 Cenário 1 – Brasil em 2023

No primeiro cenário será considerada uma quantidade total de 3.315.312 veículos híbridos e elétricos circulantes no território brasileiro. Desta quantidade, 1.989.187 (60%) são considerados veículos plug-in e 1.326.125 (40%) veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 41.772.931.200 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme Figura 19.

Figura 19 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 1.

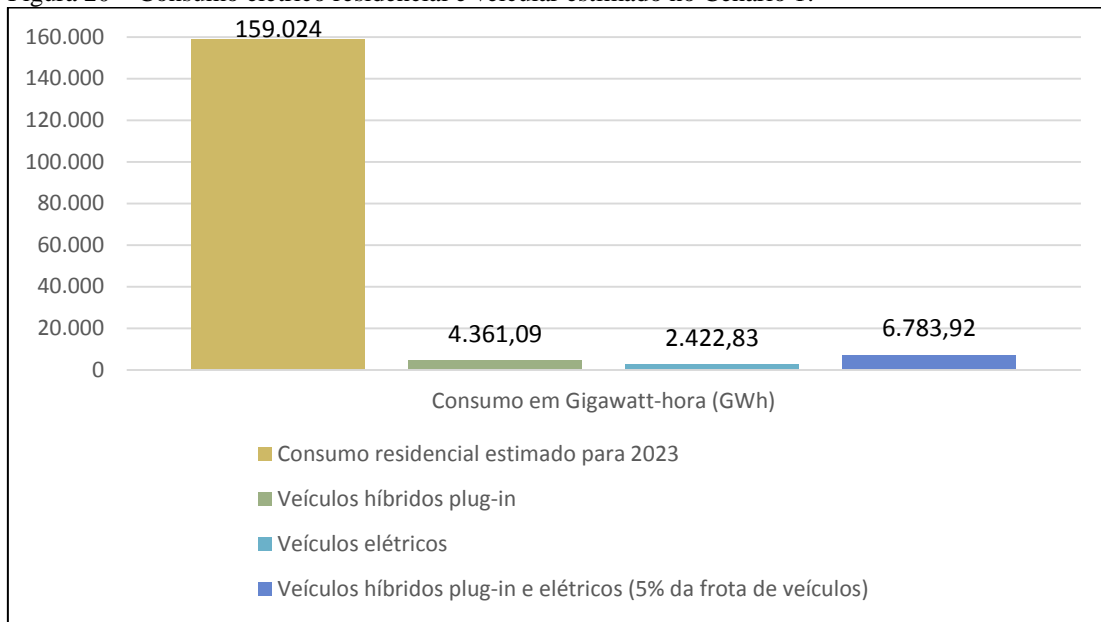


Fonte: Do autor.

Os carros híbridos nesta projeção apresentaram um consumo na ordem dos 4.361 GWh, enquanto os puramente elétricos, 2.423 GWh, tendo um impacto total de 6.784 GWh.

Em comparação com o consumo residencial, conforme a Figura 20 se verifica que o consumo energético já apresenta um maior impacto na rede elétrica do país.

Figura 20 – Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 1.

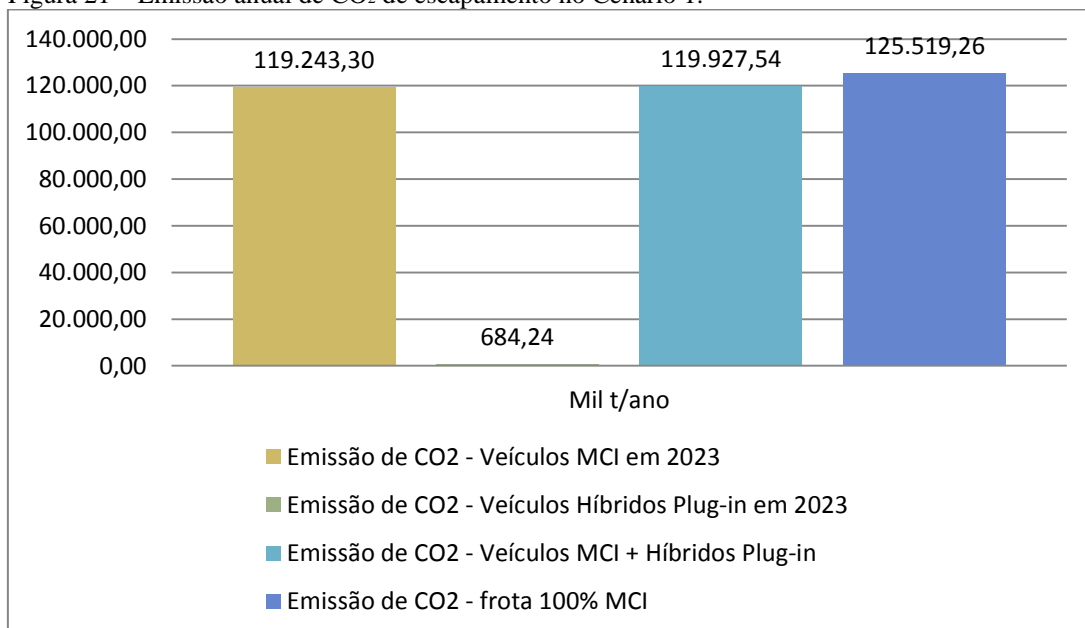


Fonte: Do autor.

É possível apurar que o consumo elétrico estimado em 2023 ainda não possui uma representatividade em relação ao consumo total e residencial do país. A constante evolução e implantação de novas usinas geradoras de energia ao redor do país minimizaria o consumo adicional derivado dos veículos híbridos e elétricos.

Em relação à quantidade de CO₂ expelida, a quantidade de veículos híbridos plug-in foi responsável por uma pequena parcela do CO₂ emitido, porém suficiente para promover uma redução de aproximadamente 5.591 mil toneladas de CO₂. (Figura 21).

Figura 21 – Emissão anual de CO₂ de escapamento no Cenário 1.



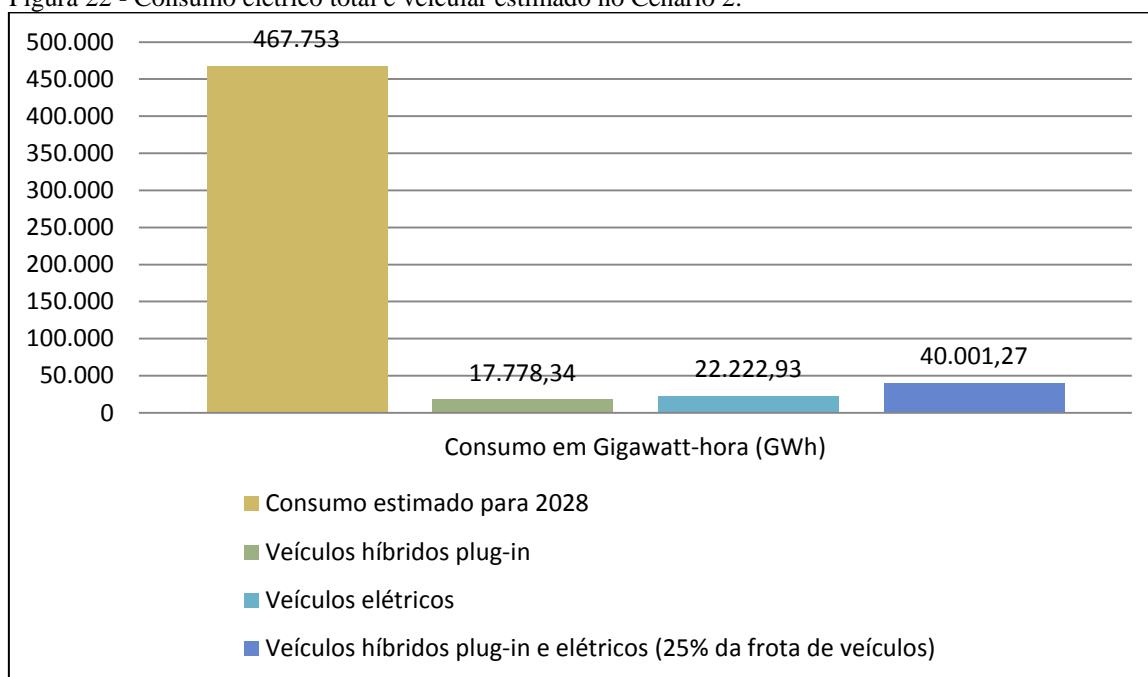
Fonte: Do autor.

4.1.2 Cenário 2 – Brasil em 2028

No segundo cenário será considerada uma quantidade total de 20.720.694 veículos híbridos e elétricos circulantes no território brasileiro. Desta quantidade, 8.109.077 (40%) são considerados veículos plug-in e 12.163.617 (60%) são veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 261.080.744.400 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme Figura 22.

Figura 22 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 2.

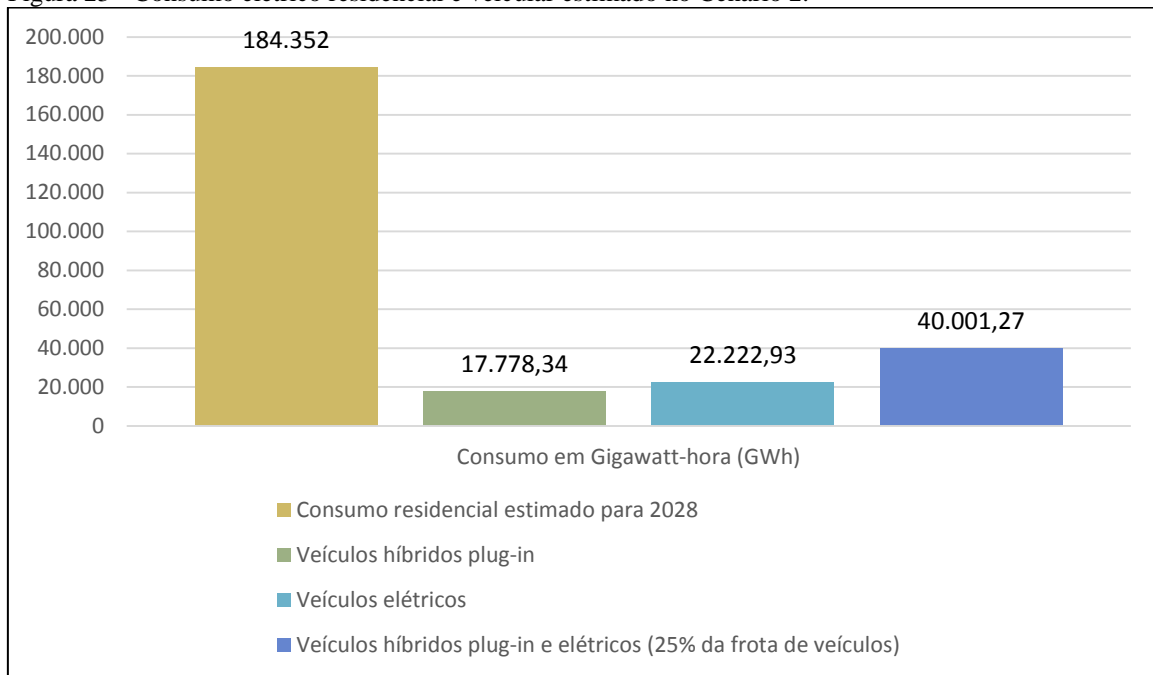


Fonte: Do autor.

Os carros híbridos nesta projeção apresentaram um consumo na ordem dos 17.778 GWh, enquanto os puramente elétricos, 22.223 GWh, tendo um impacto total de 40.001 GWh.

A estimativa apurada para 2028 traz o consumo de eletricidade para valores mais próximos do consumo residencial para o referido cenário (Figura 23).

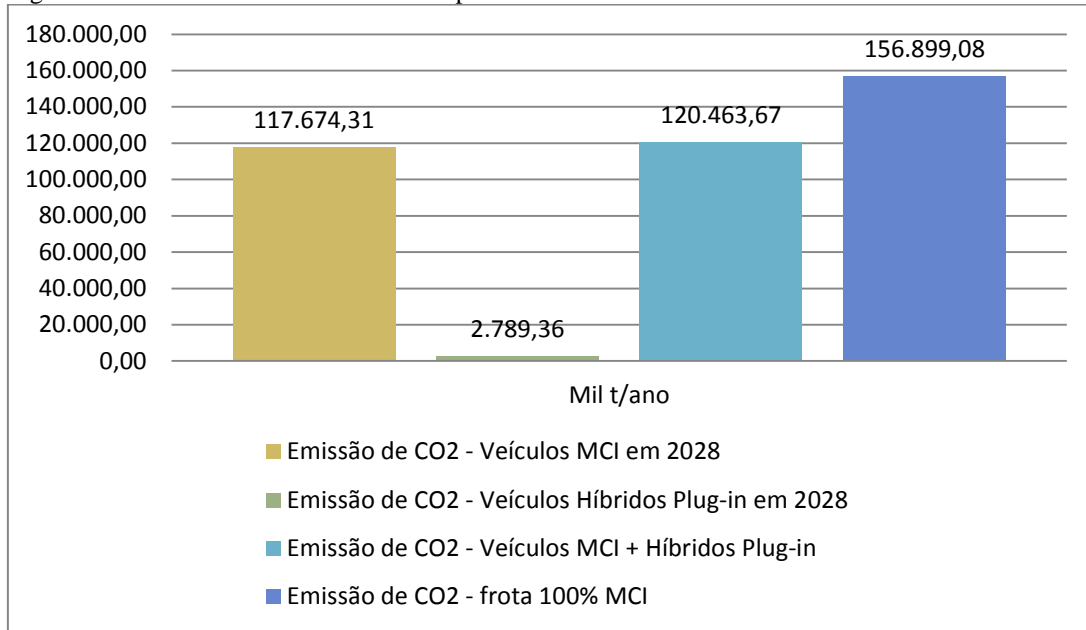
Figura 23 - Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 2.



Fonte: Do autor.

O consumo dos veículos no Cenário 2 representa um consumo considerável de energia, em razão de ser quase equivalente ao gerado pela usina de Belo Monte (39.400 GWh). Ou seja, para abastecer a frota de veículos em 2028, seria necessária a criação de uma usina adicional, que leva em torno de cinco anos para ser concluída. Logo, é possível afirmar que para suprir os veículos híbridos e elétricos neste cenário, é preciso de um cuidado adicional com o planejamento energético do país. Importante notar que a adoção de uma hidrelétrica do porte de Belo Monte, gera um montante adicional na ordem de R\$ 78,00/MW, equivalente a cerca de R\$ 3,12 bilhões de reais ao ano (ANEEL, 2010).

No cenário ambiental, é possível constatar resultados mais visíveis e promissores derivados da utilização de veículos com baixa emissão de CO₂, devido a menor utilização de combustíveis fósseis. A diminuição progressiva da frota portadora de MCI permite que ocorra uma diminuição bastante perceptível, considerando uma redução de 36.435,41 mil toneladas de dióxido de carbono na atmosfera, conforme Figura 24.

Figura 24 - Emissão anual de CO₂ de escapamento no Cenário 2.

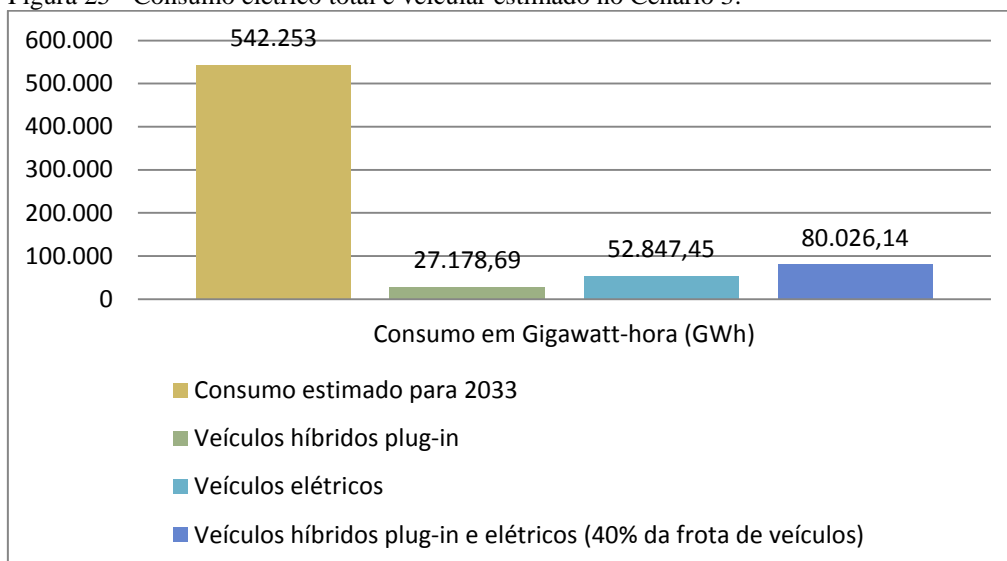
Fonte: Do autor.

4.1.3 Cenário 3 – Brasil em 2033

No terceiro cenário será considerada uma quantidade total de 41.322.588 veículos híbridos e elétricos circulantes no território brasileiro. Desta quantidade, 12.396.776 (30%) são considerados veículos plug-in e 28.925.812 (70%) são veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 520.664.608.880 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme Figura 25.

Figura 25 - Consumo elétrico total e veicular estimado no Cenário 3.

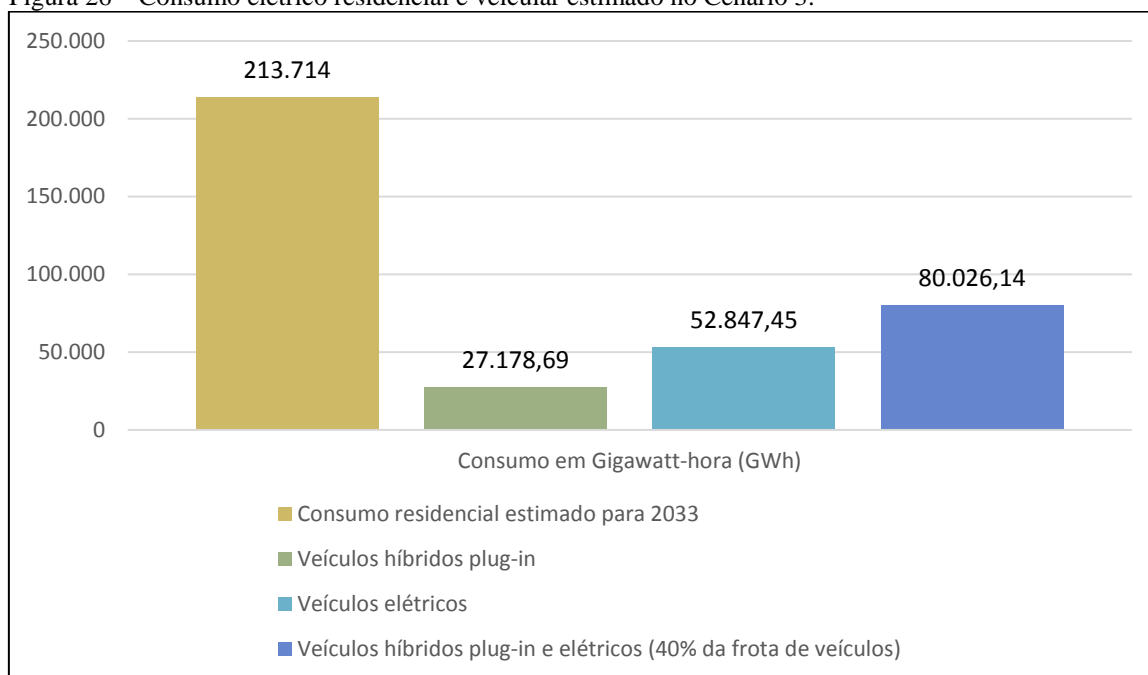


Fonte: Do autor.

Os carros híbridos nesta projeção apresentaram um consumo na ordem dos 27.179 GWh, enquanto os puramente elétricos 52.847 GWh, perfazendo um total de 80.026 GWh.

Em 2033, a estimativa proposta atinge um consumo que corresponde a 37,44% do consumo residencial, demonstrado na Figura 26.

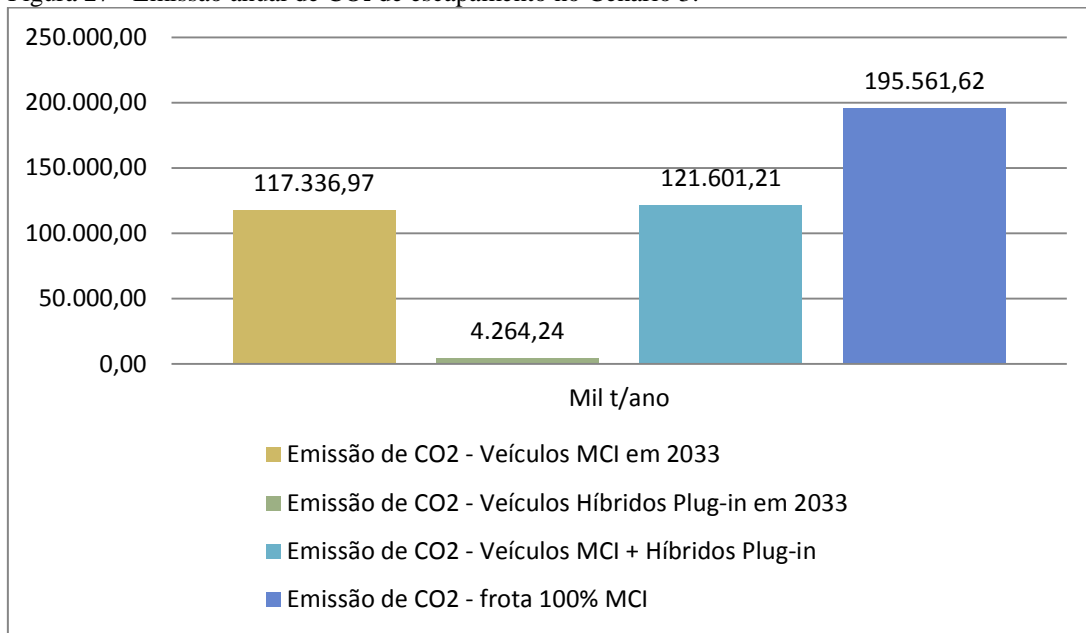
Figura 26 – Consumo elétrico residencial e veicular estimado no Cenário 3.



Fonte: Do autor.

O crescimento do consumo energético proporcionado pelo aumento da frota faz emergir a importância de um bom planejamento. Além do gasto, por exemplo, da adoção de uma usina hidrelétrica, seria necessário investir na geração eólica cerca de 120% em relação à situação encontrada em 2017 (ONS, 2017), pois no referido ano as usinas eólicas foram capazes de gerar em torno de 32 GWh de energia. Já considerando o acréscimo mencionado no Cenário 2, o aumento da capacidade eólica necessário custaria anualmente cerca de R\$ 2,72 bilhões de reais, uma média de R\$ 68,00/MW (ANEEL, 2018).

O Cenário para o ano de 2033 (Figura 27) demonstra a importância de implantar políticas para popularização de veículos menos poluentes e que tenham foco em preservação ambiental. Evitar a emissão de quase 74.000 mil toneladas de CO₂ certamente é benefício, visto que representa 73,66% da quantidade expelida pelo total da frota em 2018. Tais resultados são possíveis devido a crescente quantidade de veículos híbridos plug-in e, principalmente, elétricos inseridos neste Cenário.

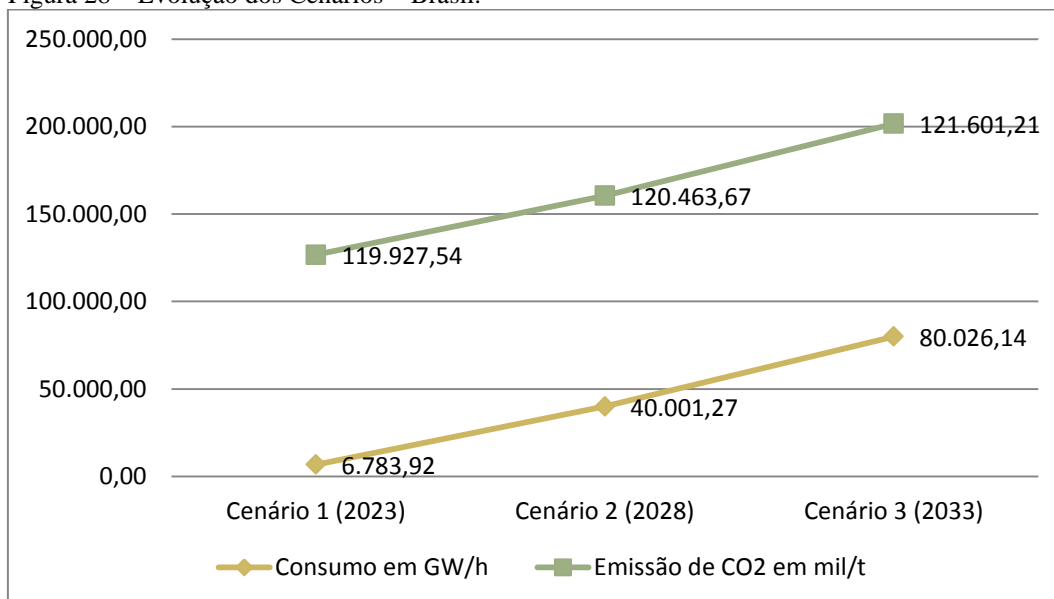
Figura 27 - Emissão anual de CO₂ de escapamento no Cenário 3.

Fonte: Do autor.

4.1.4 Evolução dos Cenários – Brasil

O consumo energético e emissão da quantidade de CO₂ na atmosfera são apresentados na Figura 28. É possível constatar que aumento no consumo energético ocorre de forma gradual, porém a emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente se manteve estável em todos os cenários e isso se deve ao aumento de veículos elétricos inseridos na frota em cada um dos cenários.

Figura 28 – Evolução dos Cenários – Brasil.



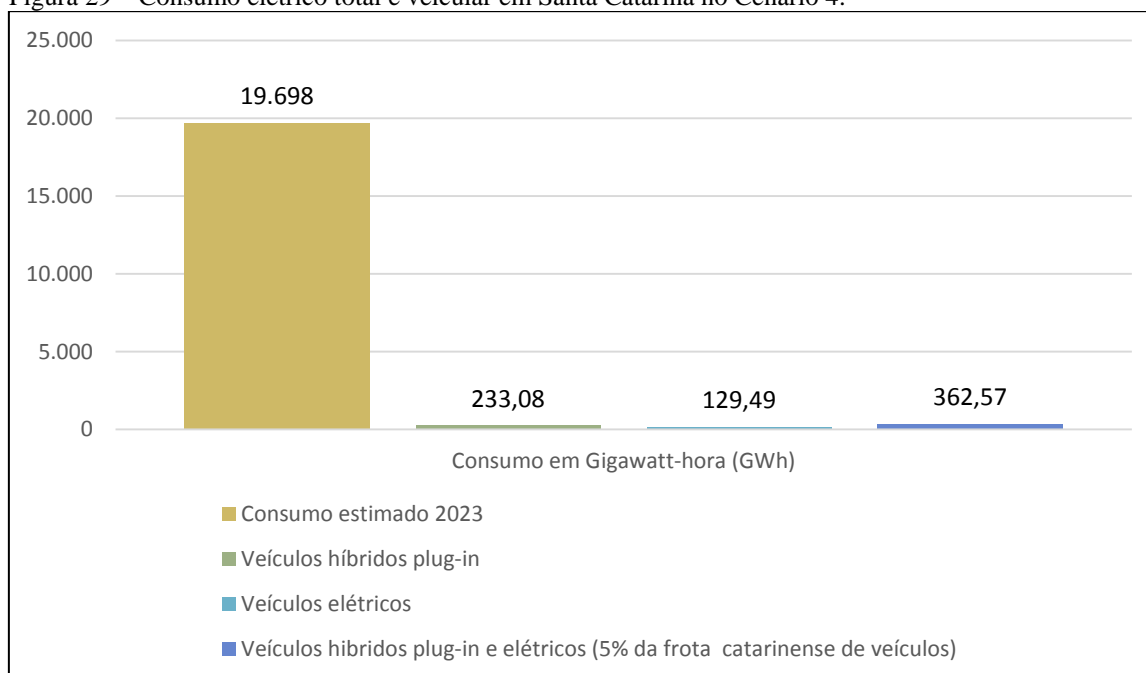
Fonte: Do autor.

4.1.5 Cenário 4 – Santa Catarina em 2023

No quarto Cenário é considerada uma quantidade total de 177.194 veículos híbridos e elétricos circulantes no território catarinense. Desta quantidade, 106.316 (60%) são considerados veículos plug-in e 70.878 (40%) são veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 2.232.644.400 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme ilustra a Figura 29.

Figura 29 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 4.

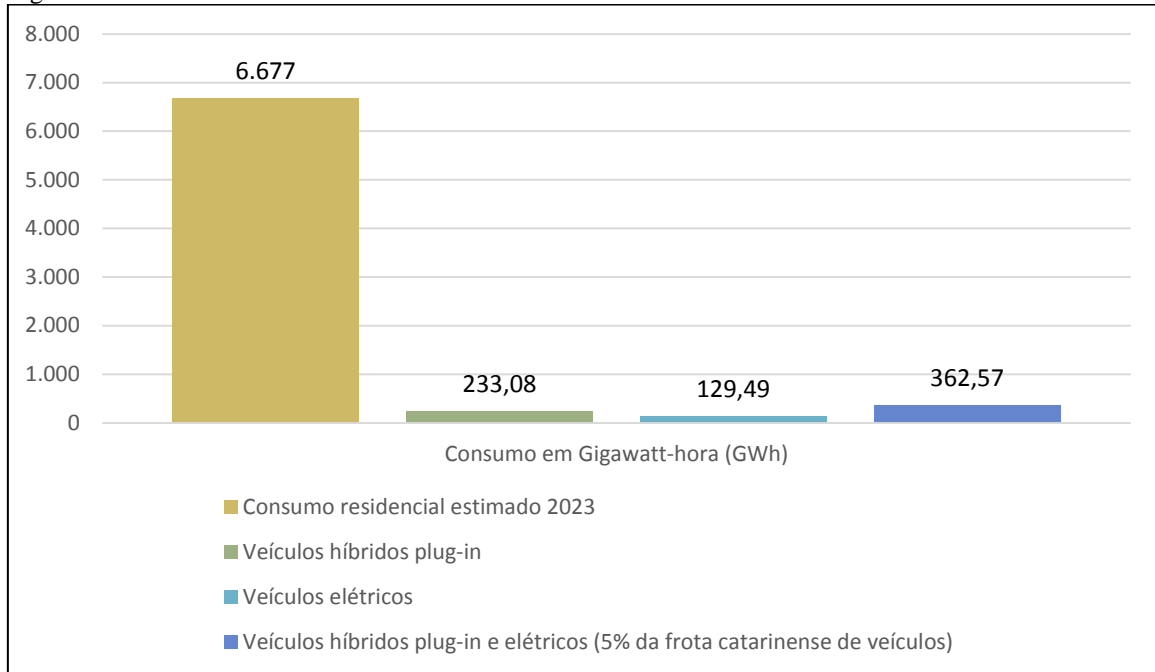


Fonte: Do autor.

O consumo energético incremental derivado dos carros elétricos neste Cenário tem pequena representatividade, assim como demonstrado no primeiro Cenário proposto. Este consumo adicional busca representar o impacto inicial que seria causado em um primeiro momento, onde a frota de veículos híbridos plug-in e elétricos é reduzida. Dentro da comparação com o consumo exclusivamente residencial (Figura 30), há novamente um impacto que pode ser resolvido sem transtornos dentro do gerenciamento energético.

A frota de veículos estimada no primeiro Cenário consumiria em torno de 41 MW médios. Isso significa que seria necessário aumentar a capacidade de produção de energia eólica em torno de 80% em relação à produção apresentada em 2017 de 24 MW médios (CCEE, 2017).

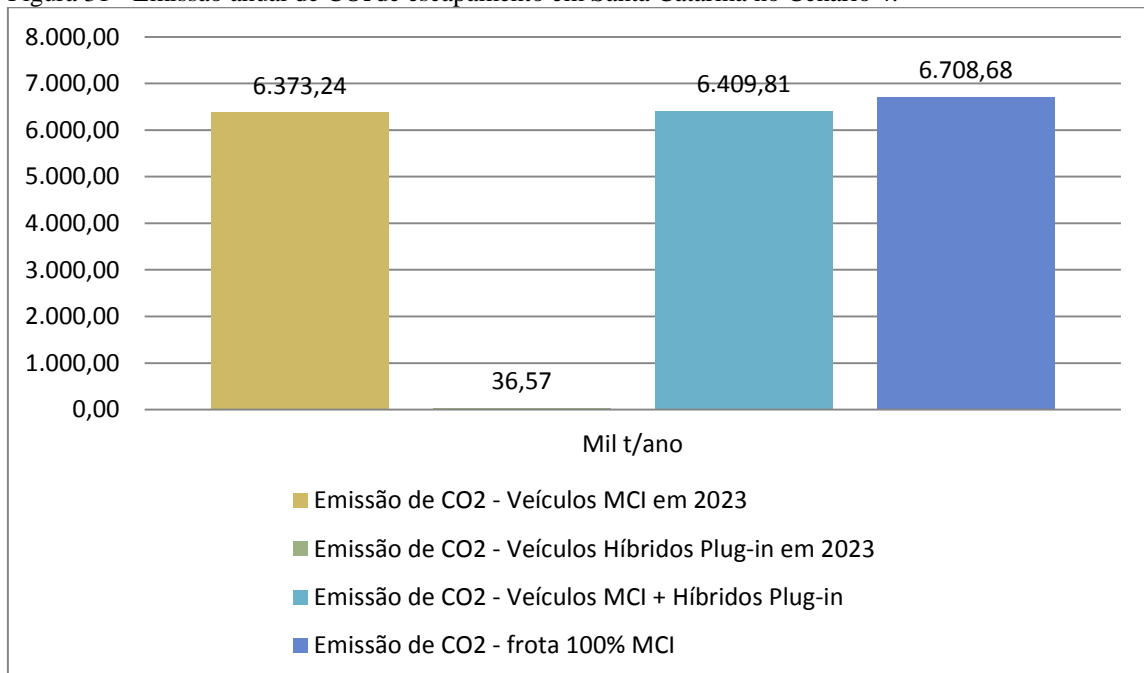
Figura 30 – Consumo elétrico residencial e veicular em Santa Catarina no Cenário 4.



Fonte: Do autor.

No que diz respeito à quantidade de CO₂ expelida, este Cenário indica que os veículos híbridos plug-in emitiram somente por uma pequena parcela do CO₂, porém mesmo com uma pequena representativa na frota (5%), houve uma redução de aproximadamente 274 mil toneladas de CO₂. (Figura 31).

Figura 31 - Emissão anual de CO₂ de escapamento em Santa Catarina no Cenário 4.



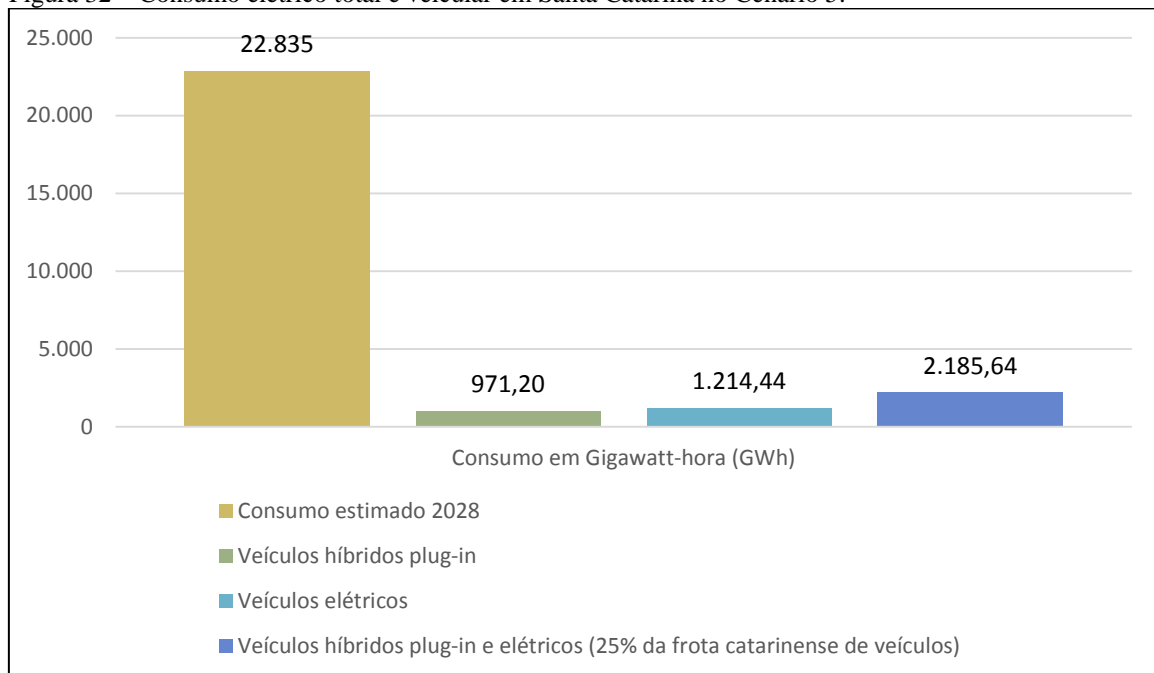
Fonte: Do autor.

4.1.6 Cenário 5 – Santa Catarina em 2028

No quinto cenário será considerada uma quantidade total de 1.107.467 veículos híbridos e elétricos circulantes no território catarinense. Desta quantidade, 442.985 (40%) são considerados veículos plug-in e 664.481 (60%) são veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 13.954.084.200 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme Figura 32.

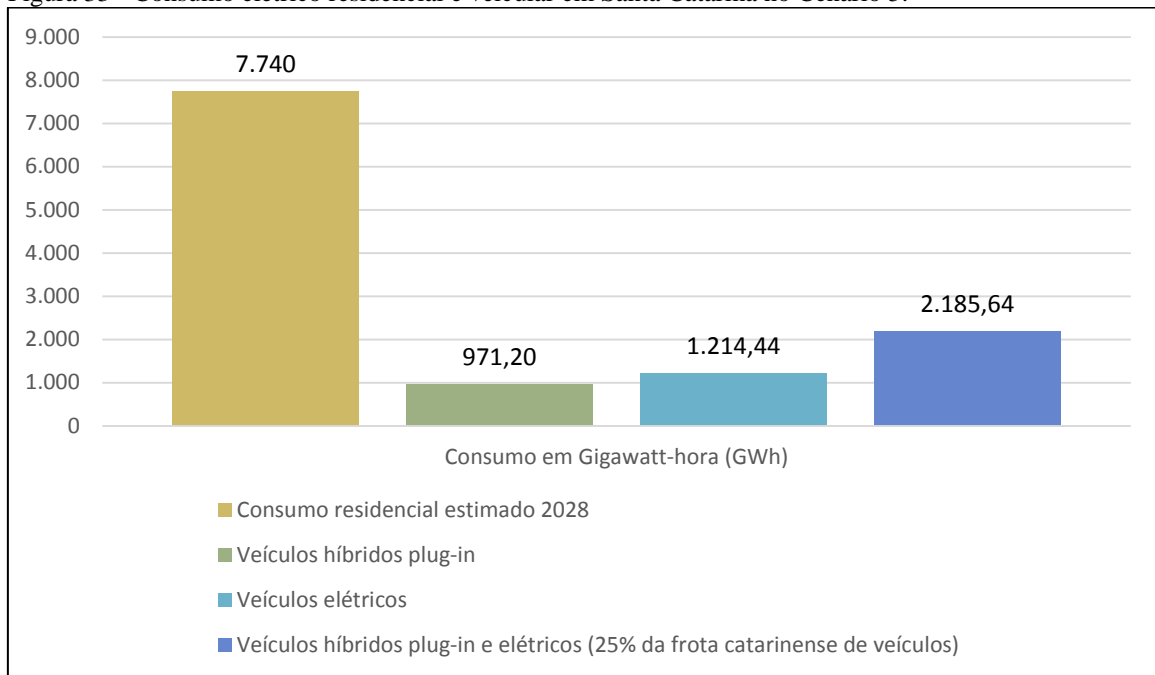
Figura 32 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 5.



Fonte: Do autor.

O consumo energético adicional derivado do aumento da quantidade de veículos na frota, embora represente em torno de 9,5% do consumo energético total de Santa Catarina, possui um consumo adicional que representa 28,24% do consumo exclusivamente residencial (Figura 33).

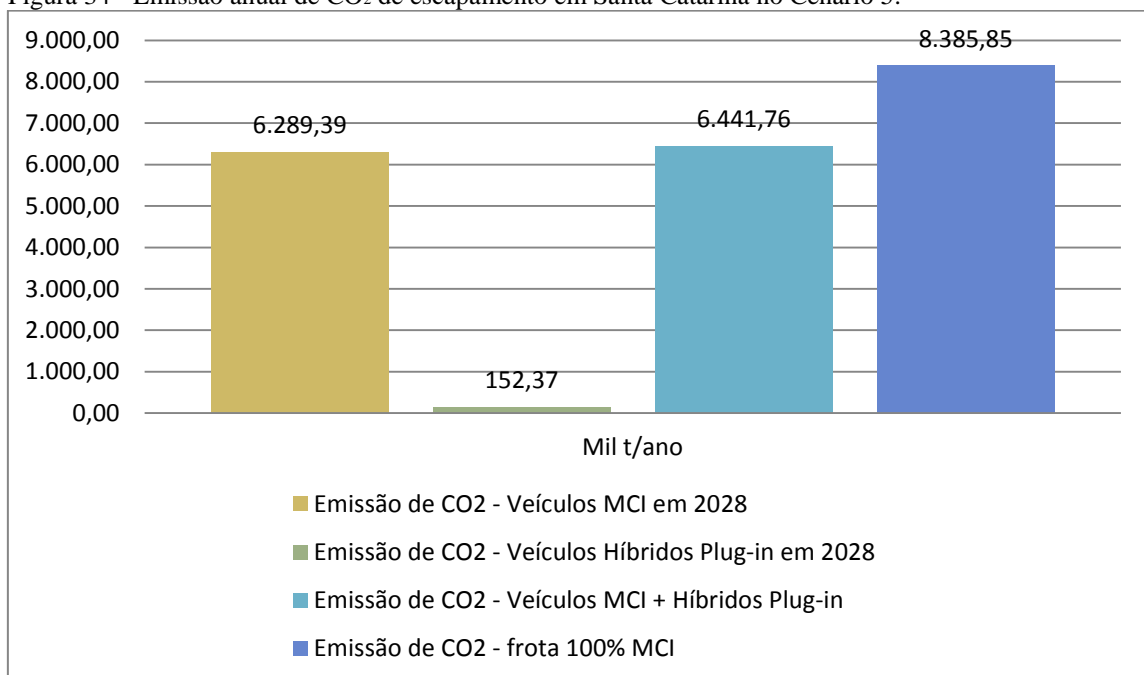
Figura 33 - Consumo elétrico residencial e veicular em Santa Catarina no Cenário 5.



Fonte: Do autor.

Conforme a Figura 34, o aumento proposto da frota de veículos híbridos resultou em uma redução na quantidade de veículos que utilizam MCI em 2028 em relação a 2023. Aliando essa benéfica redução com o incremento na quantidade de veículos híbridos plug-in e elétricos, estima-se uma diminuição de aproximadamente 1.944 mil toneladas de CO₂ na atmosfera em relação ao que seria expelido por uma frota composta exclusivamente por veículos com MCI.

Figura 34 - Emissão anual de CO₂ de escapamento em Santa Catarina no Cenário 5.



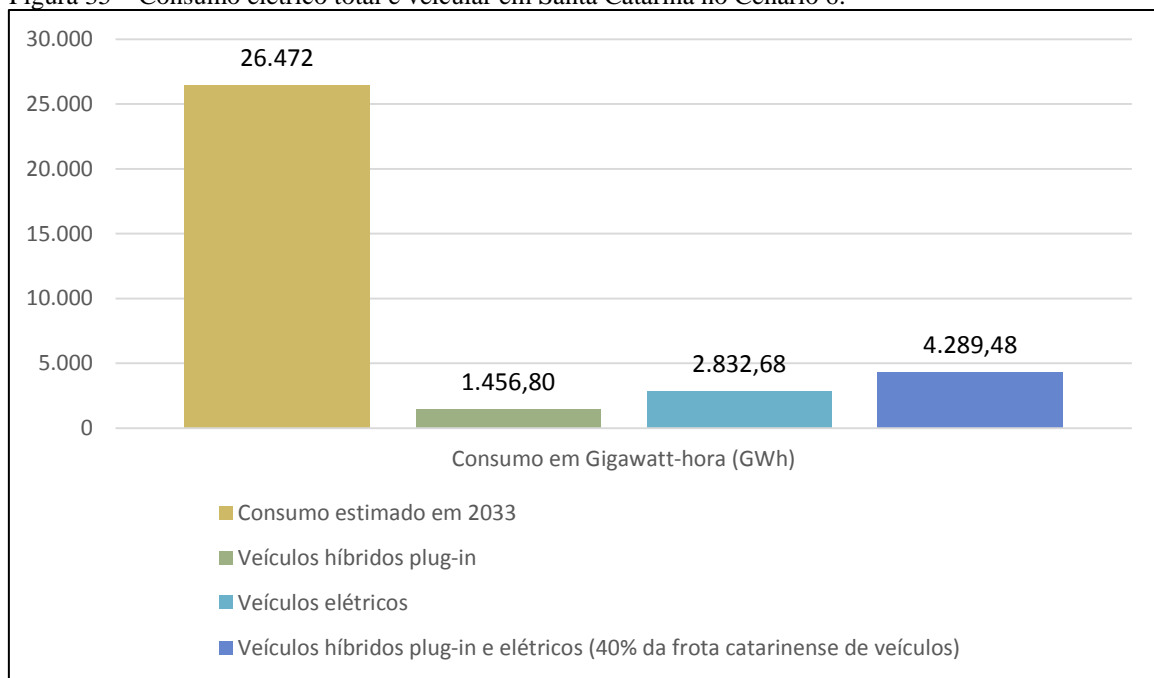
Fonte: Do autor.

4.1.7 Cenário 6 – Santa Catarina em 2033

No sexto cenário é considerada uma quantidade total de 2.214.935 veículos híbridos e elétricos circulantes. Desta quantidade, 664.480 (30%) são considerados veículos plug-in e 1.550.455 (70%) são veículos elétricos.

A distância total percorrida por toda frota de veículos ao longo de 1 (um) ano é de 27.908.181.000 km, tornando possível estimar o consumo elétrico por tipo de veículo, conforme ilustra a Figura 35.

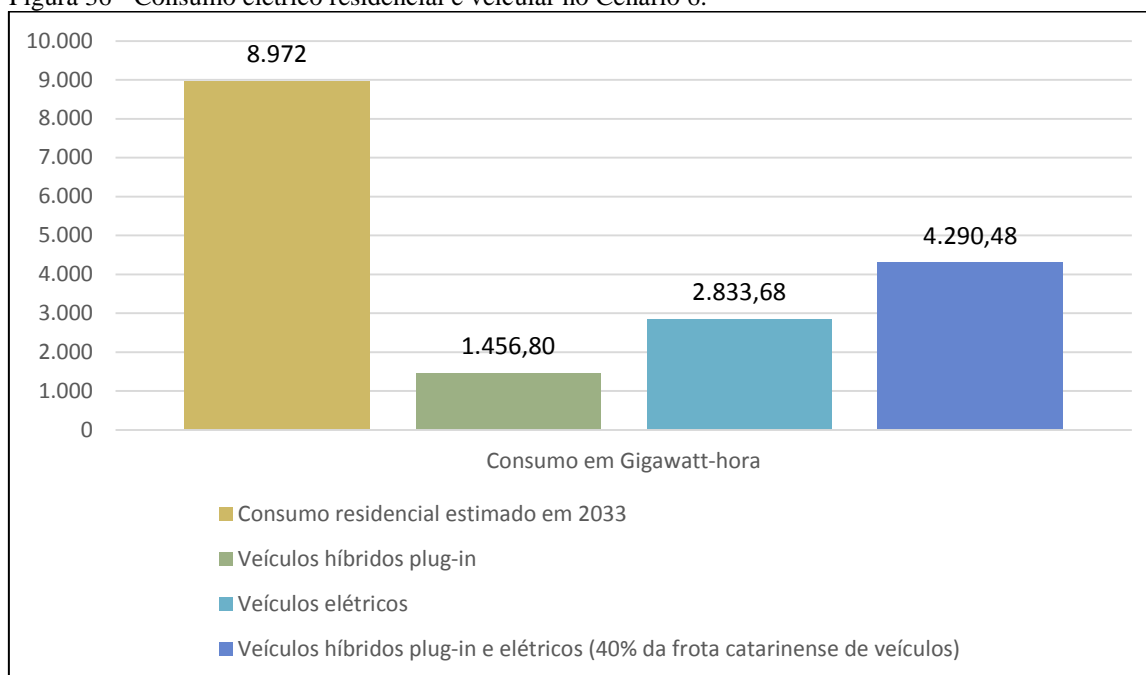
Figura 35 – Consumo elétrico total e veicular em Santa Catarina no Cenário 6.



Fonte: Do autor.

A quantidade de energia necessária para abastecer e movimentar os veículos elétricos em 2033 é aproximadamente o dobro do necessário em relação a 2023 (Cenário 5). Neste momento é demonstrado que este consumo incremental representa também 47,8% em relação ao consumo residencial (Figura 36).

Figura 36 - Consumo elétrico residencial e veicular no Cenário 6.

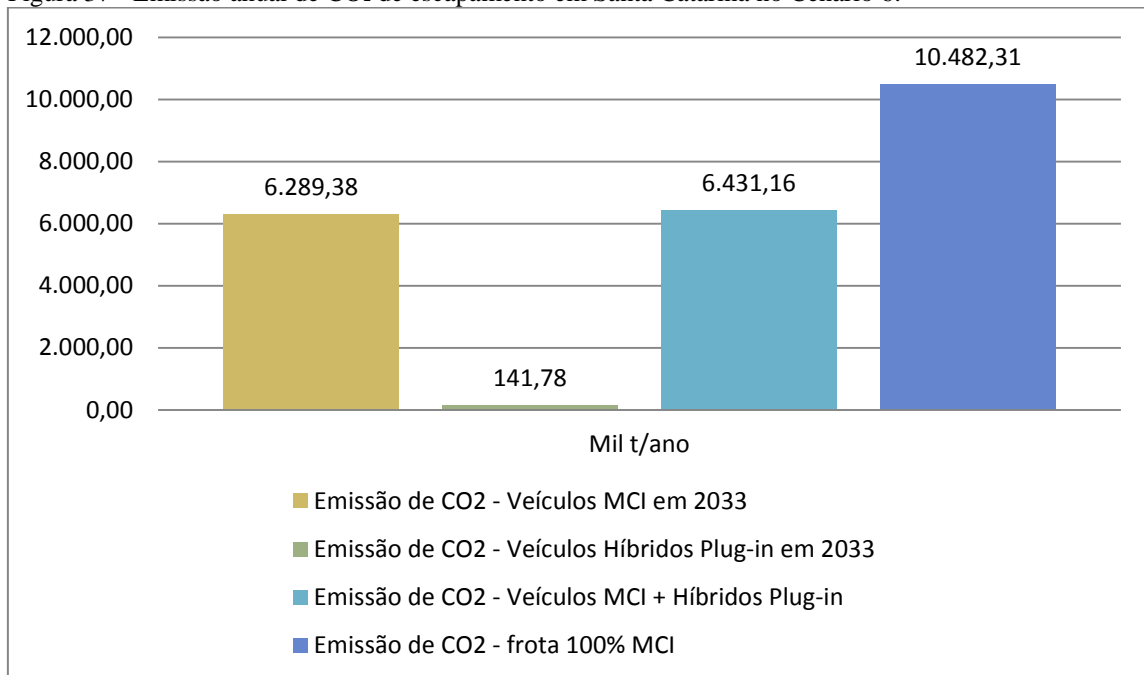


Fonte: Do autor.

De acordo com os dados da CCEE (2017), a geração eólica no Rio Grande do Sul, que possui uma capacidade instalada consideravelmente maior que a observada em Santa Catarina, gerou 533 MW médios em 2017, valor acima dos 489MW médios que toda a frota de veículos deste Cenário consumiria.

No que diz respeito às emissões de dióxido de carbono na atmosfera pelo escapamento dos veículos em 2033, é necessário considerar que embora a quantidade de veículos com MCI tenha se apresentado estagnada em relação a 2028, a quantidade de veículos híbridos plug-in e elétricos aumentou consideravelmente. O resultado dessa mudança representa uma quantidade significativamente mais baixa de emissões de CO₂, sendo aproximadamente 4.051 mil toneladas a menos (Figura 37). E ainda que a parcela da frota de híbridos/elétrica fosse composta inteiramente por veículos híbridos plug-in, a sua parcela de emissão seria de somente 761,89 mil toneladas, enquanto que caso a frota completa de Santa Catarina fosse composta de veículos plug-in, o resultado de suas emissões seriam em torno de 1.904,73 mil toneladas, número significativamente inferior ao composto exclusivamente por veículos MCI.

Figura 37 - Emissão anual de CO₂ de escapamento em Santa Catarina no Cenário 6.

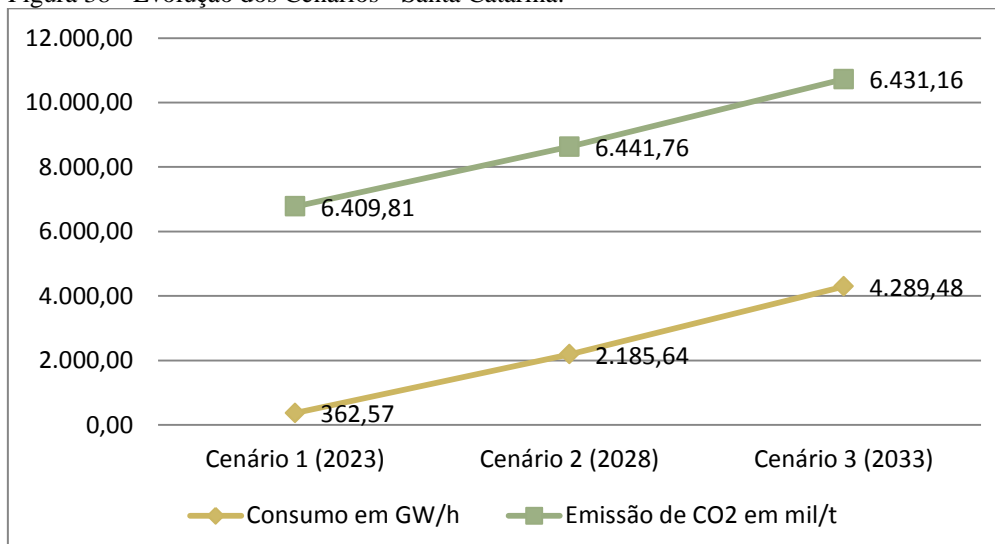


Fonte: Do autor.

4.1.8 Evolução dos Cenários – Santa Catarina

A evolução do consumo energético (Figura 38), assim como o observado no cenário brasileiro, é notória. Uma maior quantidade de veículos que utilizam energia elétrica para seu deslocamento gera um consumo adicional que chega a aumentar em quase 100% entre 2028 e 2033. Por outro lado, a maior quantidade de veículos elétricos resultou em um aumento ínfimo da emissão de CO₂ em dez anos, ainda que a frota de veículos tenha aumentado significativamente.

Figura 38 - Evolução dos Cenários - Santa Catarina.



Fonte: Do autor.

4.2 IMPACTOS MENOS EVIDENTES

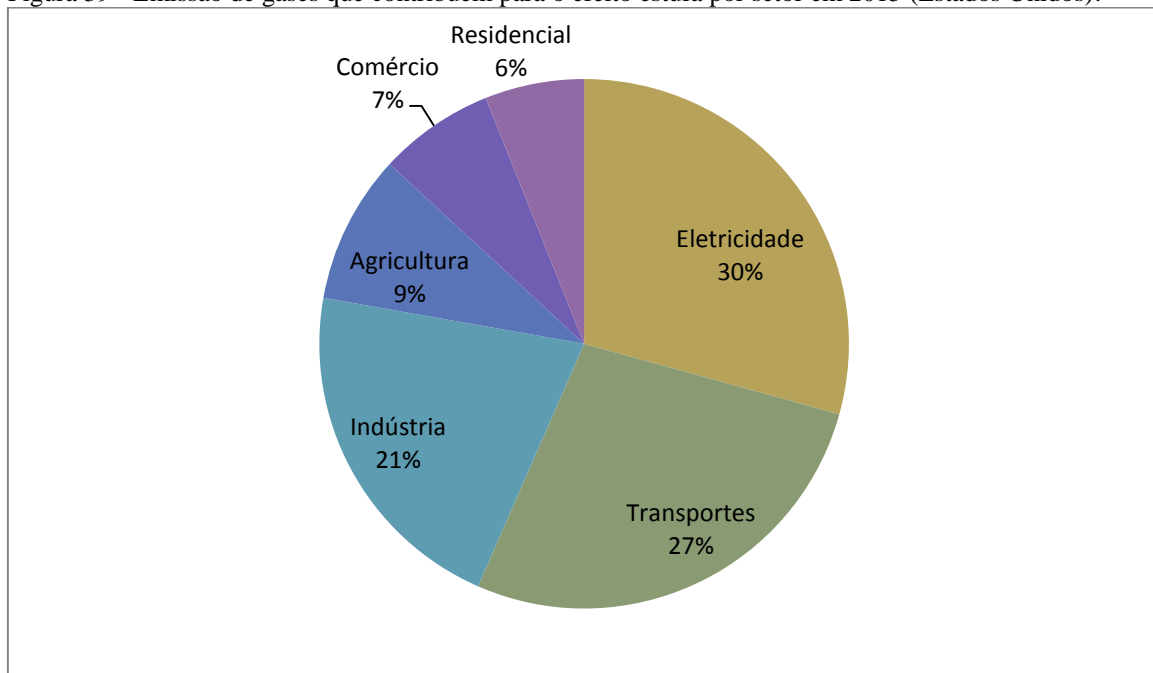
É comum associar a adoção de veículos híbridos e elétricos com impactos causados na matriz energética do país que pretende implantá-los. Porém, cabe ressaltar que poderão ocorrer mudanças em alguns setores de produção, exigindo a adaptação das empresas para tratar de um cenário totalmente novo. Alguns pontos que podem ser enumerados:

- Carros elétricos não possuem escapamento e por conta desse detalhe, diversas empresas especializadas na produção destas peças tendem a perder demanda gradualmente até desaparecerem;
- A utilização da frenagem regenerativa promove um uso menos acentuado por parte dos freios e a produção em massa de peças de freios também passará por mudanças caso a adoção destes veículos se intensifique;
- Empresas que produzem óleos lubrificantes para motores veiculares também serão afetadas, pois veículos elétricos não utilizam óleo ou mangueiras para seu funcionamento;
- Empresas responsáveis por testes de emissão de carbono no meio ambiente não terão mais utilidade devido à política de emissão zero apresentado por esses veículos.

Outras mudanças também deverão ocorrer nas cidades, alterando drasticamente a percepção que os cidadãos possuem do meio em que vivem:

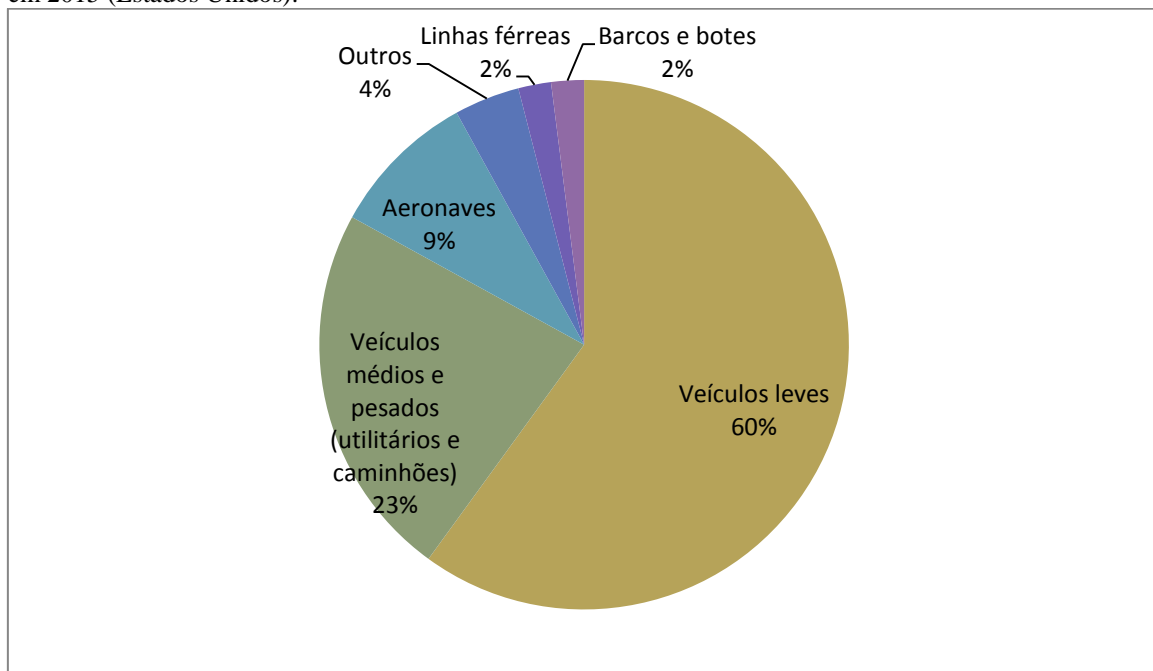
- A política de ZE trará benefícios consideráveis para o ar de grandes centros, favorecendo a saúde das pessoas e gerando economia para os cofres públicos, que precisaram investir cada vez menos nessa área;
- A poluição sonora que é gerada pela frota de veículos movida a MCI também deverá gradativamente desaparecer, proporcionando uma maior qualidade de vida para os habitantes das cidades;
- Possível mudança na temperatura a nível global, postulado que um dos maiores atores no efeito estufa nos dias de hoje (Estado Unidos), tem no setor de transporte, 27% (Figura 39) de contribuição na emissão de gases prejudiciais, conforme a *Environmental Protection Agency* (EPA) (EPA, 2017). Importante salientar que desta porcentagem, mais de metade das emissões são derivadas de veículos leves (Figura 40).

Figura 39 - Emissão de gases que contribuem para o efeito estufa por setor em 2015 (Estados Unidos).



Fonte: Adaptado de EPA (2017).

Figura 40 - Emissão de gases que contribuem para o efeito estufa de acordo com a fonte no setor de transportes em 2015 (Estados Unidos).



Fonte: Adaptado de EPA (2017).

4.3 MANUTENÇÃO E A PREPARAÇÃO PARA O FUTURO

A situação atual do país em relação à presença de veículos híbridos e elétricos, como já levantado neste trabalho, indica uma penetração extremamente limitada. Portanto, a manutenção destes veículos acaba ficando por conta das concessionárias.

Há algumas ações espalhadas no país que visam avaliar o funcionamento e o comportamento destes veículos, como é o caso de São Paulo, que atualmente conta com vinte híbridos (Toyota Prius) e dois elétricos (Nissan Leaf) que atuam com taxistas da cidade (SÃO PAULO, 2012).

No entanto, ao realizar uma pesquisa junto a órgãos como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), fica evidenciado que no presente momento, cursos para preparação dos profissionais para que estejam aptos a fornecer seus serviços para consumidores que adquiram um veículo híbrido ou elétrico ainda são limitados, cenário que poderá mudar nos próximos anos com uma maior adoção destes tipos de veículos pela população.

De acordo com JANKOWSKI e ZBROWSKI (2014), carros híbridos e elétricos por serem equipados com bateria de alta tensão e mecanização elétrica apropriada, necessitam de preparo especializado para sua manutenção. A questão de segurança envolvendo essa questão tem como tendência ser incrementada ao longo dos anos, à medida que sua adoção for crescendo, porém é importante salientar que as altas tensões utilizadas podem por em risco a vida humana em todos os estágios de manutenção do veículo, em caso de pane e acidentes. Estes fatos deverão culminar em medidas de segurança e preparos adicionais para prevenir choques elétricos.

Atualmente, no Brasil, é possível encontrar alguns cursos que abordam diversos aspectos sobre a manutenção e operação dos sistemas de propulsão híbrida e elétrica. O sistema da Federação das Indústrias do Paraná (FIEP), em 2017, lançou a primeira especialização em veículos elétricos e híbridos do Brasil, podendo ser cursada em Curitiba. Adicionalmente, o FIEP investirá R\$ 13 milhões para construir o primeiro Instituto de Veículos Híbridos e Elétricos do Brasil com previsão de conclusão em 2018 (SEGS, 2018).

A associação SAE Brasil, entre outras instituições, também promove cursos especializados para acompanhamento da evolução dos veículos híbridos e elétricos, estudando toda a sua arquitetura, funcionamento da propulsão e os aspectos da geração e armazenagem de energia que são características inerentes da tecnologia utilizada.

Com base nos dados apresentados é possível perceber que o Brasil ainda carece de profissionais especializados na manutenção de veículos híbridos e elétricos e que esta nova tecnologia apresenta mudanças importantes em diversos paradigmas já fixados na cultura e experiência dos profissionais que atuam no mercado atualmente. Fica evidente que com o crescimento da demanda, mais profissionais buscarão atualizar seus conhecimentos, porém é importante citar que essa capacitação demanda algum tempo para seu aperfeiçoamento e é

possível que nem todos os profissionais tenham intenção de buscar essa atualização. E as consequências que esse despreparo acarreta, poderá não só comprometer a integridade física de diversos profissionais que sem o treinamento necessário, não estarão aptos a prestar este tipo de serviço, mas eventualmente culminar na perda de seus empregos e encerramento de suas pequenas oficinas mecânicas.

4.4 BARREIRAS E CUSTO PARA O CONSUMIDOR

As barreiras e custos encontrados pelo consumidor não se estendem unicamente ao ato de adquirir um veículo híbrido ou elétrico. Romm (2006) explica que além do questionamento sobre o custo e benefícios deste tipo de veículos, existem algumas barreiras importantes a serem transpostas: i) custo elevado; ii) autonomia e a armazenagem de energia; iii) confiabilidade e segurança; iv) custo da energia elétrica em relação à gasolina; v) limitações em relação ao abastecimento e; vi) melhorias constantes na eficiência de veículos utilizadores de MCI.

É evidente que estas questões são debatidas em relação a qualquer tipo de combustível alternativo que entra no mercado, em maior ou menor grau. Todavia, os veículos híbridos são capazes de eliminar uma boa parte dessas barreiras e dificuldades, posto que: são mais econômicos por utilizarem eletricidade e *KERS* para regeneração de energia; não necessitam de uma atualização e alteração na rede de abastecimento; a questão da autonomia inerente a veículos puramente elétricos é inexistente, pois ao esgotar a bateria, o MCI entra em ação; veículos híbridos se beneficiam igualmente das melhorias implementadas nos veículos à gasolina. Por fim, Romm (2006), ressalta que híbridos reduzem a emissão de CO₂, pois em trajetos curtos seu funcionamento é baseado no motor elétrico.

Greene (2010) demonstra a existência de barreiras socioculturais durante a inserção de uma nova tecnologia perante outra que está plenamente consolidada. Segundo o autor, os consumidores não calculam o valor da economia de combustível gerada ao adquirir um veículo híbrido plug-in. Outro ponto a destacar, é que os consumidores exigem que o investimento seja ressarcido em apenas cinco meses, ainda que especialistas apontem que pode demorar mais de sete anos para isso ocorrer. Segundo Sovacool e Hirsch (2009), a incapacidade de realizar os cálculos e avaliações necessários para a compra de um híbrido plug-in, pode derivar de um problema de limitação de racionalidade, que é o conceito de que um indivíduo tem sua racionalidade limitada ao realizar uma escolha, delimitando-se somente pela tratativa do problema, pelas limitações cognitivas de suas mentes e pelo tempo

disponível para tomar a decisão. Dentro desse contexto, o consumidor busca uma solução que satisfaça seu ego ao invés de uma solução otimizada. Outro fator sociológico é a associação de veículos médios ou pequenos com carros econômicos, o que os torna mal vistos socialmente. Veículos muitas vezes são definidos como um símbolo de *status*, sendo que no caso de um carro econômico, essa interpretação teria um sentido oposto. O consumidor também pode encontrar dúvidas no que diz respeito à duração e troca das baterias, que atualmente possuem preço bastante elevado e corresponde a grande parte do custo de veículos híbridos e elétricos. E, finalmente, o contato inicial pode ser prejudicado pela falta de familiaridade que os consumidores tem com novas tecnologias.

Estudos realizados por sugerem que o tempo para que um veículo elétrico possa gerar retorno sobre o investimento inicial será de cerca de oito anos, em 2020 e seis anos em 2030 (PERUJO; THIEL; NEMRY, 2011). Esses períodos, por serem relativamente longos, dificultam a adoção em massa, o que sugere a necessidade ímpar de benefícios fiscais, entre outros incentivos governamentais.

De acordo com Van Essen e Kampman (2011), a autonomia, desempenho, preços e vida útil das baterias são questões problemáticas em relação à implementação de veículos elétricos. Entrevistas com especialistas feitas pelos autores sugerem que ocorrerá uma melhoria de 75% acerca da energia específica até 2022 e um potencial para triplicar a energia específica com redução de custo por KW em 70%, em 2030. Conforme estimativas realizadas, foi afastada a possibilidade da falta de insumos para produção de bateria, como o lítio, posto que ainda que 100% dos carros a nível mundial sejam elétricos em 2040, menos de 25% das reservas conhecidas de lítio teriam sido consumidas para esta finalidade.

Estas abordagens demonstram o papel que deve ser desempenhado pelos governantes para eliminação das dificuldades provenientes de uma mudança gradual de tecnologia. Custo elevado para aquisição e necessidade de uma infraestrutura de recarga, por exemplo, são pontos importantes que contribuem com o cenário atual e a produção de veículos convencionais. Por outro lado, é papel do consumidor realizar uma análise mais fria, ponderada e com um olhar para o futuro, no momento da aquisição de um veículo, seja ele convencional, híbrido ou elétrico.

4.5 TRABALHOS CORRELATOS

Na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, foi realizado um estudo sobre o funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Noce (2009)

estudou as dificuldades na inserção do veículo elétrico no mercado nacional. Este estudo comparou o veículo elétrico e o convencional à combustão no que diz respeito às emissões de gases/poluentes no meio ambiente, frota potencial de VEs no país e redução da auto descarga da bateria.

Santos et al. (2014), buscaram identificar as vantagens ecológicas inerentes de veículos utilizadores de MCI e com motores híbridos. Ao abordar cada tecnologia, foi possível enumerar os prós e contras que cada tipo de motor apresenta em relação à emissão de poluentes no meio ambiente. Os resultados apresentados constataam que veículos híbridos são mais ecológicos, mas não se deve desconsiderar toda a sua cadeia de produção, que envolve processos que não são totalmente limpos.

Baran (2012) mensurou o impacto no consumo de gasolina e eletricidade derivado da introdução de VEs no Brasil. A utilização de quatro diferentes cenários permitiu concluir que a redução no consumo de gasolina seria de 40,7% em 2031, com um aumento do consumo de eletricidade de 42,1% em comparação com projeções oficiais. O autor buscou demonstrar que a eletricidade não substituiria o etanol ou gasolina, mas sim atuaria como um complemento, principalmente levando em consideração que o etanol e a eletricidade são derivados de fontes renováveis e com pouca dependência de matéria-prima importada em relação a combustíveis derivados de petróleo.

Gomez (2016), em sua dissertação de mestrado avaliou a potencialidade da inserção do VE no Brasil utilizando a metodologia de Sistemas Tecnológicos de Inovação (STI). Com os resultados obtidos, evidencia-se que o mercado brasileiro possui perspectivas e possibilidade de adotar este tipo de tecnologia, postulado sua relevância no mercado brasileiro. Porém, é notório que o VE encontra-se em um período de transição entre as fases de formação e crescimento, fato atribuído por sua pouca representatividade no mercado.

Na Universidade Federal de Santa Catarina, Farias (2014) desenvolveu um sistema de controle para um veículo elétrico utilizando Lógica Fuzzy. A utilização desta ferramenta teve o objetivo de aperfeiçoar alguns aspectos de um VE, dentre os quais, o seu rendimento energético. Os resultados demonstraram que o sistema de controle desenvolvido foi capaz de manter a estabilidade da velocidade, o que incorre em uma diminuição do consumo da corrente e também da potência que é consumida pelo VE, inclusive em ambientes que apresentaram variações nos cenários de testes utilizados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Os veículos híbridos e elétricos serão uma realidade nos próximos anos, enquanto incentivos governamentais podem incentivar as pessoas a adquirirem carros elétricos. Uma maior consciência ecológica por parte da sociedade a nível mundial, redução de ruídos e a economia em relação a veículos que utilizam motores a combustão interna para deslocar a frota também devem contribuir para essa mudança.

A produção de energia elétrica no Brasil merece destaque dentro do cenário mundial no que diz respeito à sustentabilidade e segurança energética. O Brasil possui uma posição bastante favorável em relação a outros países no que diz respeito a utilização de energia renovável e promoção de independência energética.

Todavia, existe um grande desafio para gerenciar todo esse sistema frente ao esperado crescimento do país. O aumento esperado do Produto Interno Bruto propiciará melhor qualidade de vida ao brasileiro, permitindo a aquisição de uma maior quantidade de bens que consomem mais eletricidade, como ar condicionado, aquecedores e até mesmo residências maiores. Aliar essa condição com o advento de veículos que utilizam eletricidade para sua locomoção certamente exigirá mudanças não só no que diz respeito à geração de energia, mas também na rede de distribuição para suportar o aumento no consumo principalmente em localidades onde a estrutura de distribuição atual já está próxima ao limite.

Dentro dos cenários estudados, a frota estimada em 2023 representa um consumo de energia elétrica que poderá ser gerenciado sem maiores alterações na matriz energética, tanto do Brasil quanto a de Santa Catarina. Contudo, em 2028 o consumo adicional da frota de veículos elétricos representa um acréscimo no consumo estimado de 8,5% e 9,5% para Brasil e Santa Catarina, respectivamente. Ou um aumento de 21,69% e 28,24% levando em consideração o consumo residencial. A situação em 2033 representa uma estimativa de aumento mais considerável, representando um aumento de 14,75% do consumo estimado no Brasil e 16,20% em Santa Catarina no consumo total de energia. Porém em comparação com o gasto energético exclusivamente residencial, o aumento seria de 37,44% e 47,81% para o Brasil e Santa Catarina, respectivamente.

A estimativa de aumento de consumo frente ao consumo residencial tem o intuito de apontar que os veículos elétricos considerados no estudo serão em boa parte de uso pessoal da população, que tem por hábito utilizar uma maior quantidade de energia em horários pré-determinados. Isso leva a crer que a maioria das pessoas tenderá a realizar o carregamento de seu veículo após as 18:00 horas, onde boa parte da população começa a se deslocar para sua

residência após o trabalho. Nesta situação, os governos devem se atentar não somente para a geração, mas também para a capacidade das linhas de distribuição.

No contexto ambiental, o aumento na utilização de veículos capazes de emitir uma menor quantidade de poluentes tem influência direta em todos os cenários propostos no estudo. O aumento da frota de híbridos e elétricos culminaria em 2033 uma redução na emissão CO₂ na atmosfera em cerca de 74.000 mil toneladas no Brasil e 4.000 mil toneladas em Santa Catarina. Nesse caso, o aumento no consumo elétrico teria como vantagens uma redução significativa no uso de combustíveis fósseis e reduções significativas na emissão de gases poluentes gerada pelo deslocamento dos veículos.

A próxima década certamente será marcada por essa mudança, tendo impactos menos evidentes no cotidiano das pessoas. O aumento da frota de veículos com manutenção diferente dos já existentes no mercado exigirá mão de obra especializada capaz de prover os cuidados e reparos necessários para atender uma nova gama de consumidores. E, embora esse cenário seja benéfico para alguns profissionais mais jovens que buscam especialização, poderá trazer uma redução na quantidade de serviços prestados por profissionais que já possuem mais tempo de atuação e que estarão inevitavelmente inseridos neste período transitório. Com uma maior quantidade de veículos híbridos e elétricos circulantes, se estima que ocorra um aumento na oferta de cursos e especializações para preparar novos e antigos profissionais da área. Além disso, alguns setores e fabricantes de peças específicas sentirão a necessidade de alterar ou adaptar sua linha de negócios para manter a competitividade.

Por fim, conclui-se que não há dúvidas quanto aos benefícios que o veículo elétrico pode trazer para a vida das pessoas, principalmente em grandes centros, com maior quantidade de veículos. A redução na emissão de gases e ruídos certamente são fatores significantes e que afetam diretamente a qualidade de vida das pessoas. Entretanto, sem incentivos governamentais para diminuição dos custos e impostos de veículos portadores destas tecnologias, ocorrerá um retardo na sua adoção. O valor de híbridos ou elétricos sem nenhum subsídio, como ocorre em todos os países com adoção massiva destes veículos, fará com que estes sejam considerados um produto de nicho durante as próximas décadas. Talvez uma das maiores dificuldades na adoção de carros elétricos no Brasil resida na concorrência com biocombustíveis e etanol, já que o consumidor brasileiro costuma ser bastante receptivo a novas tecnologias inseridas no setor de transporte e, prova disso, foi a rápida penetração de veículos *flex-fuel* no mercado em meados dos anos 2000.

5.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta seção lista algumas propostas para trabalhos futuros que objetivem aprimorar e/ou complementar o estudo desenvolvido.

1. Analisar o impacto do consumo de energia adicional nas linhas de distribuição.
2. Realizar a relação entre o consumo adicional de energia com a redução no consumo de combustíveis fósseis.
3. Analisar um estudo que aborde um cenário de integração entre *smart grids* e os veículos elétricos no Brasil.
4. Avaliar o impacto causado no consumo de energia elétrica no Brasil considerando a migração da frota de veículos comerciais de MCI para elétricos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Aspectos Institucionais**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/02-aspectos_institucionais.pdf>. Acesso em: 18 mai 2018.

_____. **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 18 mai 2018.

_____. **Informações Técnicas**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introducao-1/656827?inheritRedirect=false>. Acesso em: 18 mai 2018.

_____. **UHE BELO MONTE**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/hotsite_beloMonte/index.cfm?p=3>. Acesso em: 27 mai 2018.

_____. **Consórcio Norte Energia vence o leilão de energia da Usine Hidrelétrica Belo Monte**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14579661&_101_type=content&_101_groupId=656877&_101_urlTitle=consorcio-norte-energia-vence-o-leilao-de-energia-da-usina-hidreletrica-belo-monte&inheritRedirect=true>. Acesso em: 23 de jun 2018.

_____. **Leilão de geração “A-4” termina com deságio de 59,07%**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-geracao-a-4-termina-com-desagio-de-59-07-/656877?inheritRedirect=false>. Acesso em: 26 mai 2018.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **1º inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/1o_Inventario_Nacional_de_Emissoes_Atmosfericas_por_Veiculos_Automotores_Rodoviarios.pdf>. Acesso em: 02 jun 2018.

ANDERSON, C. D.; ANDERSON, J. **Electric and hybrid cars: A history**. 2. ed. [S.l.]: McFarland, 2010.

BAIRD, C; CANN, M. **Química Ambiental**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BALATIM et al. **Custo de Bombas Centrífugas Funcionando como Turbinas em Microcentrais Hidrelétricas**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, Janeiro/Abril 2004.

BARBOSA, J. D. O. et al. **Geração de Energia Elétrica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Cuiabá. 2013.

BARBOSA, Nelson; OLIVEIRA, Dyogo; SOUZA, José Antonio P. **Carro elétrico: desafio e oportunidade para o Brasil**. In: VELLOSO, Joao Paulo dos Reis. Brasil, novas oportunidades: economia verde, pré-sal, carro elétrico, Copa e Olimpíadas. Rio de Janeiro: José Olympio, 2010.

BARAN, R. **A Introdução de veículos elétricos no Brasil: avaliação do impacto no consumo de gasolina e eletricidade.** Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/baran.pdf>>. Acesso em: 05 abr 2018.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil.** 2010.

BATTERY UNIVERSITY. **BU-101: When Was the Battery Invented?** Disponível em: <http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented>. Acesso em: 19 mar 2018.

BESSELAAR, Peter V.D.; BECKERS, Dennis. **Demographics and Sociographics of the Digital City.** Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.66.5813&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 19 nov 2017.

BMW. **Autonomia, carregamento & eficiência do novo BMW i3.** Disponível em: <<https://www.bmw.pt/pt/all-models/bmw-i/i3/2017/autonomia-carregamento-eficiencia.html>>. Acesso em: 19 de mai 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Empresa de pesquisa energética. **Balço Energético Nacional 2017.** Ano Base 2016. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 06 de abr 2018.

_____. **Departamento Nacional de Trânsito. Frota de Veículos. Ano Base 2018.** Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/estatistica/635-frota-2018>>. Acesso em 17 mai 2018.

_____. **Sistema Interligado Nacional atende 98% do mercado brasileiro.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistema-interligado-nacional-atende-98-do-mercado-brasileiro>>. Acesso em: 17 mai 2018.

BUCHMANN, Isidor. **Batteries in a portable world.** 2ed. Richmond: Cadex, 2001. 292p.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Geração de energia eólica cresce 30% em 2017.** Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticia-leitura?contentid=CCEE_392436&_afLoop=44265302524914&_adf.ctrl-state=r5156407_1#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_392436%26_afLoop%3D44265302524914%26_adf.ctrl-state%3Dr5156407_5>. Acesso em: 01 de jun 2018.

CAMPOS, F. G. R. D. **Geração de Energia a partir de Fonte Eólica com Gerador Assíncrono Conectado a Conversor Estático Duplo.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 2004.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toletto. **Veículos Elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades.** Disponível em: <http://www.bndespar.com.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/A%20rquivos/conhecimento/bndes/set32108.pdf>. Acesso em: 26 de mar 2018.

COELHO, José Mauro. **Projeções de Oferta e Demanda de Etanol, Gasolina, Biodiesel e Diesel: O Planejamento Energético da Matriz Veicular do Brasil até 2030.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/EPE_Jos%C3%A9%20Mauro_Proje%C3%A7%C3%B5es%20de%20Oferta%20e%20Demanda_26mar.pdf>. Acesso em: 29 de mai 2018.

COSTA, Karen Beatriz Galdino. **ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DO CONSUMIDOR ESPECIAL PARA O AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE.** 2017. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade de Brasília - Unb, Brasília, 2017.

DAS KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. **Jahresbilanz der Neuzulassungen 2017.** Disponível em: <https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/n_jahresbilanz.html>. Acesso em: 24 de mai 2018.

DELGADO, Fernanda. et al. **Cadernos FGV Energia: Carros Elétricos.** Disponível em: <http://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_carros_eletricos-fgv-book.pdf>. Acesso em: 14 de mai 2018.

ELECTRIC VEHICLE DATABASE. **Toyota Prius Plug-in Hybrid.** Disponível em: <<https://ev-database.uk/car/1059/Toyota-Prius-Plug-in-Hybrid>>. Acesso em: 22 mai 2018.

EMPRESA DE PESQUISA DE ENERGIA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 ano base 2016.** Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 27 mai 2018.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions.** Disponível em: <<https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>>. Acesso em: 20 mai 2018.

FARIAS, Luiz da Rocha. **APLICAÇÃO DE LÓGICA FUZZY NO CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA EM VEÍCULOS ELÉTRICOS.** 2014. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologias da Informação e Comunicação, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2014.

FIA. **BMW confirms Season 5 entry to Formula E.** Disponível em: <<http://www.fiaformulae.com/en/news/2017/july/bmw-confirms-season-5-entry-to-formula-e/>>. Acesso em: 02 jun 2018.

_____. **Porsche set to compete in Formula E from Season 6.** Disponível em: <<http://www.fiaformulae.com/en/news/2017/july/porsche-set-to-compete-in-formula-e-from-season-6/>>. Acesso em: 02 jun 2018.

_____. **Mercedes-Benz to enter Formula E in Season 6.** Disponível em: <<http://www.fiaformulae.com/en/news/2017/july/mercedes-benz-to-enter-formula-e-in-season-6/>>. Acesso em: 02 jun 2018.

GREENE, D. **Why the market for new passenger cars generally undervalues fuel economy.** Disponível em: <<https://www.econstor.eu/handle/10419/68779>>. Acesso em: 30 mai 2018.

GREENE, D.; PARK, S.; LIU, C. **Transitioning to Electric Drive Vehicles: Public Policy Implications of Uncertainty, Network Externalities, Tipping Points and Imperfect Markets.** Disponível em: <https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Greene_Transition-to-Edrive_jan2014.pdf>. Acesso em: 30 mai 2018.

GOMEZ, Juan Pablo España. **O VEÍCULO ELÉTRICO NO BRASIL: ANÁLISE BASEADA NOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE INOVAÇÃO (STI).** 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/22154>>. Acesso em: 12 abr 2018.

JAMES, L.; JOHN, L. **Electric vehicle technology explained.** [S.l.]: Wiley, 2003.

JANKOWSKI, Krzysztof; ZBROWSKI, Andrzej. **Electric Shock Safety in Automotive Electrical Systems.** Technical Transactions Mechanics, 2014. Disponível em: <<https://suw.biblos.pk.edu.pl/downloadResource&id=1137067>>. Acesso em: 20 mai 2018.

LEITMAN, S.; BRANT, B. **Build your own electric vehicle.** 2. ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 2009. ISBN 0071543732., 2009.

MAZON, M. T.; CONSONI, Flávia L.; QUINTÃO, Rubia. **Perspectivas para a implantação do veículo elétrico no Brasil: uma análise a partir do Sistema Nacional de Inovação e das redes colaborativas de C&T.** XV ALTEC 2013 - Congresso da Associação Latino-Americana de Gestão de Tecnologia. Políticas e Gestão de Ciência e Tecnologia nos espaços Latino-Iberoamericanos., Vol. 1, pp.4140-4155, Porto, Portugal, 2013.

MOREIRA, Álvaro Fagundes. **Avaliação do requisito de tempo de medição anemométrica para autorização e contratação de novos parques eólicos no Brasil.** 2016. v, 62 f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Economia do Setor Público). Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MOTOR, M. **Motor Otto: O resgate de uma era.** 2014. Disponível em: <<http://www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/otto.htm>>. Acesso em: 03 de mar 2018.

NAVEEN, Pottabattini. et al. **Kinetic Energy Recovery System.** International Journal Scientific & Engineering Research, Volume 5, Issue 1. 2014. Disponível em: <<https://www.ijser.org/researchpaper/Kinetic-Energy-Recovery-System.pdf>>. Acesso em: 18 mai 2018.

NISSAN. **Nissan in Formula E.** Disponível em: <<https://newsroom.nissan-global.com/releases/about-nissan-formula-e>>. Acesso em: 02 jun 2018.

NOCE, Toshizaemom. **Estudo do Funcionamento de Veículos Elétricos e Contribuições ao seu Aperfeiçoamento.** 2009. 129 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngMecanica_NoceT_1.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **O que é SIN – Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 17 mai 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Boletim Mensal de Geração Eólica Julho/2017**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Boletim_Eolica_jul_2017.pdf>. Acesso em: 22 de mai 2018.

PECORA, V. **Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da ISP**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

PIAU. **Inaugurado no Piauí maior parque de energia solar da América do Sul**. Disponível em: <<http://www.pi.gov.br/materia/energias-renovaveis/inaugurado-no-piaui-maior-parque-de-energia-solar-da-america-do-sul-3972.html>>. Acesso em: 02 jun 2018.

RASKIN, A., SHAH, S. (2006). **The Emergence of Hybrid Vehicles: Ending Oil's Stranglehold on Transportation and the Economy**. AllianceBernstein, 2006. 50p.

REIS, L. B. D. **Geração de Energia Elétrica**. 2. ed. Barueri: Manole Ltda., 2011.

REIS, L. B. D.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Barueri: Manole Ltda., 2005.

ROCHA, L. H. (2013). **Carro Elétrico: Desafios para sua Inserção no Mercado Brasileiro de Automóveis**. Tese Doutoral. USP.

ROMM, J. **The car and fuel of the future**. Energy Policy, n. 34, p. 2609-2614, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421505001734>>. Acesso em: 29 mai 2018.

SAE Brasil. **Curso Veículos Elétricos e Híbridos**. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/educacao-continuada/agenda/curso/curso-veiculos-eletricos-e-hibridos-c1706>>. Acesso em: 02 jun 2018.

SANTOS, Nilceia C. et al. **Análise das vantagens ecológicas de veículos automotivos com motores: flex e híbrido**. Disponível em: <<http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/123>>. Acesso em: 26 mar 2018.

SÃO PAULO, Prefeitura Municipal. **Prefeitura entrega 20 táxis híbridos e amplia política de redução de poluentes em SP**. Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/comunicacao/noticias/?p=108754>>. Acesso em: 19 de mai 2018.

SEGS. **Sistema Fiep lança primeira especialização em veículos híbridos e elétricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.segs.com.br/veiculos/93233-sistema-fiep-lanca-primeira-especializacao-em-veiculos-hibridos-e-eletricos-do-brasil.html>>. Acesso em: 24 mai 2018.

SHUKIA, P.R. et al. **Electric Vehicles Scenarios and a Roadmap for India**. Disponível em: <http://orbit.dtu.dk/files/104752085/Electric_Vehicle_Scenarios_and_a_Roadmap_for_India_upload.pdf>. Acesso em: 15 de mai 2018.

SOVACOOOL, B.; HIRSH, R. **Beyond batteries: An examination of the benefits and barriers to plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) and a vehicle-to-grid (V2G) transition**. Energy Policy, n. 37, p. 1095-1103. 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421508005934>>. Acesso em: 30 mai 2018.

TOYOTA. **Especificações Técnicas: Prius**. Disponível em: <<https://www.toyota.com.br/modelos/prius/comparativo/>>. Acesso em: 19 de mai 2018.

UNITED STATES. **Bureau of Transportation Statistics**. Department of Transportation. Disponível em: <<https://www.bts.gov/newsroom/2000-statistical-releases>>. Acesso em: 16 de mai 2018.

VAN ESSEN, H; KAMPMAN, B. **Impact of electric vehicles**. Summary report. Disponível em: <https://www.cedelft.eu/publicatie/impact_of_electric_vehicles/1153>. Acesso em 29 mai 2018.