

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

RAFAEL BARROS DE PAULA FERNANDES

Automóveis elétricos: tipos, mercados, tecnologias e políticas  
públicas de incentivo

São Paulo

2018

RAFAEL BARROS DE PAULA FERNANDES

Automóveis elétricos: tipos, mercados, tecnologias e políticas  
públicas de incentivo

Dissertação apresentada a Escola  
Politécnica da Universidade de São Paulo  
para obtenção do título de Especialista em  
Energias Renováveis

Área de Concentração:  
Engenharia elétrica

Orientador:  
Prof. Dr. Roberto Castro

São Paulo  
2018

## FOLHA DE CATALOGAÇÃO

### Catalogação-na-publicação

Fernandes, Rafael Barros de Paula

Automóveis elétricos: tipos, mercados, tecnologias e políticas públicas de incentivo / R. B. P. Fernandes -- São Paulo, 2018.  
p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Centro de Engenharia Automotiva.

1.Veículos Automotores 2.Conversão Eletromecânica de Energia 3.Transportes Rodoviário  
4.Energia Elétrica 5.Engenharia de Transportes I. Universidade de São Paulo. Escola  
Politécnica. Centro de Engenharia Automotiva II. t.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, Senhor e Salvador da minha vida, aquele que me redime do pecado e da morte e que no momento certo me conduzirá a vida eterna por meio do seu Filho Jesus Cristo.

A minha esposa Isabella, por acreditar em mim, me apoiar e me incentivar em todos os momentos.

Aos meus pais João e Olinda, por todo amor, carinho e por me ensinarem que a educação é a base para tudo nesta vida.

As minhas sobrinhas lindas, que me inspiram a pensar em um futuro melhor para mim e para elas.

Ao meu orientador, Professor Dr. Roberto Castro, pela disposição na elaboração desta monografia e pelos diversos conhecimentos e experiências compartilhadas.

Aos demais professores e amigos do PECE por partilharem seus conhecimentos e me ajudarem a completar mais esta jornada.

## EPÍGRAFE

**Veículos elétricos não vão tomar o mercado  
como se fossem uma rápida tempestade,  
mas de forma lenta e gradual.**

**(Carlos Ghosn)**

## RESUMO

Este trabalho de graduação tem por objetivo apresentar de maneira concisa como a indústria de carros elétricos está se desenvolvendo em todo o mundo. Serão analisados dados e informações sobre a indústria automobilística a nível global, apresentando também particularidades em países onde o mercado de veículos elétricos está mais maduro. Serão analisados itens como: tipos de veículos, quantidades, tecnologias, infraestrutura necessária, etc. Tem como público-alvo o indivíduo comum, não sendo necessários conhecimentos específicos nas áreas de energia, automobilística ou até mesmo engenharia para o entendimento desta publicação. Pretende-se também discutir quais políticas de incentivos devem ser adotadas para que em países como o Brasil, o mercado de automóveis cresça de maneira rápida e sustentável, gerando riqueza, economia e redução dos níveis de emissão de CO<sub>2</sub>.

Palavras-chave: Engenharia, Energia Elétrica, Energia Sustentável, Veículos Elétricos, Carros Elétricos.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to present in a concise way in which the electric car industry is developing around the world. Data and information of the automotive industry will be analyzed globally, also presenting particularities in countries where the market for electric vehicles is more mature. It will discuss items such as types of vehicles, quantities, technologies, necessary infrastructure, etc. Its target audience is the common individual, not requiring specific knowledge in the areas of energy, automotive or even engineering for the understanding of this publication. In this context, it is also intended to discuss which incentive policies should be adopted so that in countries such as Brazil the automobile market grows rapidly and sustainably, generating wealth, saving and reducing levels of CO<sub>2</sub> emissions.

Keywords: Engineering, Electric Energy, Sustainable Energy, Electric Vehicles, Electric Cars.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PROPAGANDA DE CARRO ELÉTRICO NOS EUA EM 1908 .....	16
FIGURA 2. MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA INVENTADA POR OTTO.....	17
FIGURA 3. REAÇÃO QUÍMICA EM UMA CÉLULA-COMBUSTÍVEL.....	21
FIGURA 4. ESQUEMA DE MOTORIZAÇÃO DE CARRO HÍBRIDO .....	22
FIGURA 5. BMW I3 .....	24
FIGURA 6. TIPOS DE CARREGADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS .....	34
FIGURA 7. ELETRO-POSTOS AO LONGO DA BR-277 .....	38
FIGURA 8. TECNOLOGIAS DOMINATES PARA A PRÓXIMA DÉCADA.....	51
FIGURA 9. PROJETOS E FABRICANTES DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018).....	52
FIGURA 10. PONTOS DE REGARGA DA TESLA NOS EUA .....	55
FIGURA 11. PONTOS DE REGARGA DA TESLA NA EUROPA E ÁSIA .....	56
FIGURA 12. PRESENÇA DE MERCADO DOS VE EM 2030 .....	69

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. CENÁRIO DE VEÍCULOS DE CARGA DE GRANDE PORTE .....	26
GRÁFICO 2. CRESCIMENTO DO MERCADO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS 2013-2017.....	27
GRÁFICO 3. COMPARAÇÃO DE VE PLUG-IN NO PERÍODO 2015-2018.....	28
GRÁFICO 4. QUANTIDADE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO MUNDO EM 2018 .....	29
GRÁFICO 5. EVOLUÇÃO DOS PONTOS DE RECARGA EM ESCALA GLOBAL .....	35
GRÁFICO 6. PONTOS DE RECARGA PÚBLICOS X VEÍCULOS ELÉTRICOS .....	39
GRÁFICO 7. CONSUMO DE ELETRICIDADE POR VEÍCULOS ELÉTRICOS .....	41
GRÁFICO 8. EMISSÃO DE GASES - CICLO DE VIDA VE X VCI .....	44
GRÁFICO 9. REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO2.....	45
GRÁFICO 10. DENSIDADE DE ENERGIA EM DIFERENTES BATERIAS E COMBUSTÍVEIS .....	47
GRÁFICO 11. CUSTO BATERIA X VEÍCULO ELÉTRICO .....	48
GRÁFICO 12. CUSTO MÉDIO DE BATERIAS POR TECNOLOGIA.....	50
GRÁFICO 13. RELAÇÃO VE X PONTOS DE RECARGA.....	54

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: COMPARATIVO ENTRE CUSTOS DE COMBUSTÍVEL .....	32
TABELA 2. TABELA DE INCIDÊNCIA DE IMPOSTO SOBRE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS (TIPI) 2017 .....	61
TABELA 3. ANEXO AO DECRETO N° 9.442, DE 5 DE JULHO, DE 2018 .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC - Corrente alternada

AFI - Alternative Fuel Infrastrucutre

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BPM - Bijzondere Verbruiksbelasting van Personenauto's

CO - Monóxido de carbono

CO2 - Dióxido de Carbono (Gás Carbônico)

CSLL - Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

DC - Corrente contínua

DC - Corrente contínua

EE – Eficiência Energética

EUA - Estados Unidos da América

Gr - Grafite

GWh - Giga Watt hora (unidade de potência elétrica)

IEA - International Energy Agency

IEC - International Electrotechnical Commission

IPI - Imposto sobre Produtos Industrializados

IPVA - Imposto Sobre Veículos Automotores

IRPJ - Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas

IVA - Imposto sobre Valor Agregado

KERS - Kinetic Energy Recovery System

KVA - Quilo Volt Ampére (unidade de energia elétrica)

KW - Quilo Watt (unidade de medida de potência elétrica)

KWh - Quilo Watt hora (unidade de potência elétrica)

LFP - Lítio e Fosfato de Ferro

LMO - Lítio e Óxido de Manganês

LTO - Lítio Óxido de Titânio

MOM - Massa de Ordem em Marcha

MCI – Motor a Combustão Interna

MJ/kg - Mega Joule por Quilo

MJ/L - Mega Joule por Litro

NCA - Lítio, Níquel, Cobalto e Óxido de Alumínio.

NMC - Lítio, Níquel, Manganês e Cobalto;

PLC - Projeto de Lei da Câmara

PRODIST - Procedimentos de Distribuição

PSD - Partido Social Democrático

SO - Monóxido de Enxofre

SUV - sport utility vehicle

TWh - Tera Watt hora (unidade de potência elétrica)

USD - United States Dolar

VCI – Veículos a Combustão Interna

VE – Veículos Elétricos

VEB – Veículo Elétrico à Bateria

VEBV – Veículo Elétrico de Baixa Velocidade

VECC – Veículo Elétrico a célula de combustível

VHE – Veículo Híbrido Elétrico

VLC – Veículo Leve Comerciais

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE GRÁFICOS.....	9
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	11
1. INTRODUÇÃO E BREVE HISTÓRICO DO VEÍCULO ELÉTRICO .....	15
2. TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	20
2.1. Tecnologias.....	20
2.1.1. FCEV: Fuel-cell Electric Vehicle – Veículo Elétrico a célula de combustível (VECC) .....	20
2.1.2. HEV: Hybrid Electric Vehicle – Veículo Híbrido Elétrico (VHE) .....	21
2.1.3. PHEV: Plu-in Hybrid Electric Vehicle – Veículo Hibrido Elétrico Plug-in (VHEP).....	23
2.1.4. BEV: Battery Electric Vehicle – Veículo Elétrico à Bateria (VEB) .....	24
2.1.5. Veículos de duas e três rodas.....	24
2.2. Veículos de médio e grande porte .....	25
2.3. Veículos elétricos no mercado mundial de automóveis .....	26
2.4. Fatores que impulsionam a venda de veículos elétricos .....	29
2.5. Veículos movidos a hidrogênio .....	30
2.5.1. Tecnologias de produção de Hidrogênio.....	31
2.5.1.1. Eletrólise .....	31
2.5.1.2. Reforma de metano (CH4) através de vapor a altas temperaturas .....	31
2.5.1.3. Gaseificação .....	32
2.5.2. Comparativo com outras fontes de energia em veículos para transporte .....	32
3. INFRAESTRUTURA E PONTOS DE RECARGA.....	33
3.1. Tipos de carregadores .....	33
3.2. Pontos de recarga.....	35

3.3.	Pontos de recarga privados .....	37
3.4.	Pontos públicos de recarga.....	38
4.	DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA, EMISSÕES DE GASES E POLUIÇÃO .....	41
4.1.	Demanda de Energia .....	41
4.2.	Impactos na rede de distribuição .....	42
4.3.	Emissão de Gases CO, CO2 e outros.....	43
5.	BATERIAS .....	46
5.1.	Definições .....	46
5.2.	Densidade de energia.....	46
5.3.	Custos.....	47
5.4.	Tipos e componentes de baterias .....	49
5.5.	Capacidade de fabricação.....	52
6.	POLÍTICAS DE INCENTIVO A ADOÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS .....	53
6.1.	Políticas para a implantação de pontos de recarga .....	53
6.2.	Políticas de redução de preço e aumento de competitividade dos VE .....	57
7.	REGULAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA PARA OS VE.....	60
7.1.	Disposições gerais.....	60
7.2.	Projeto de Lei de Conversão nº 27, de 2018 .....	60
7.3.	Regulação ANEEL sobre comercialização de energia para recarga de VE .....	64
8.	O FUTURO DO VEÍCULO ELÉTRICO E MELHORIAS NA LEGISLAÇÃO ATUAL .....	67
8.1.	O Futuro dos veículos elétricos .....	67
8.2.	Propostas para melhoria na legislação sobre os veículos elétricos .....	70
9.	CONCLUSÃO .....	71
	BIBLIOGRAFIA .....	73

## 1. INTRODUÇÃO E BREVE HISTÓRICO DO VEÍCULO ELÉTRICO

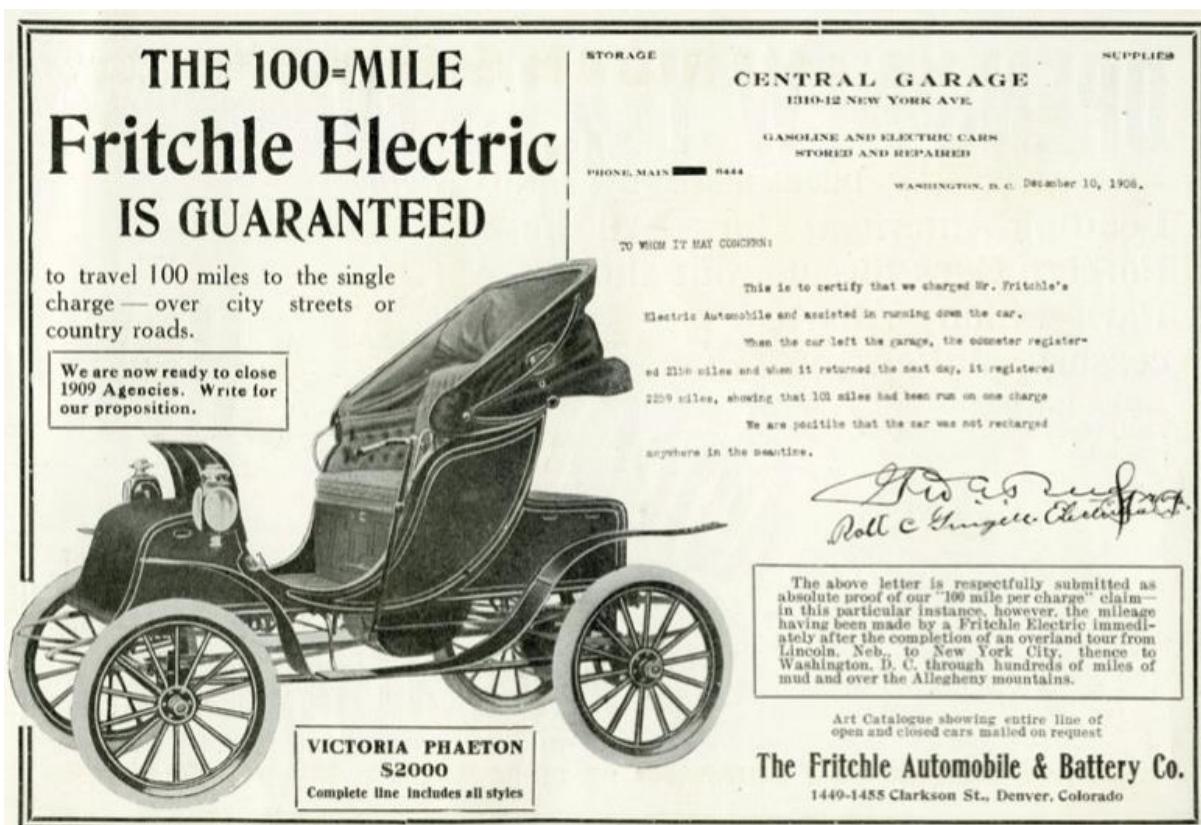
Veículos elétricos (VE) são a grande aposta da indústria automobilística para as próximas décadas. Se comparados aos veículos a combustão interna (VCI), os VE são mais eficientes em termos de transformação de energia, ou seja, utilizam uma quantidade menor de energia para percorrer a mesma distância, são em sua essência menos poluentes, tem baixa emissão de ruídos, seus motores têm vida útil bem maior, com menor manutenção e utilizam um número inferior de peças em sua composição. Para efeitos comparativos, veículos elétricos são de duas a quatro vezes mais eficientes que os veículos com motor a combustão quando se trata de transformar energia química em energia cinética. Motores elétricos são mais eficientes que os motores a combustão e a utilização do sistema de freio regenerativo nos VE aumenta a quantidade de energia disponível para a utilização nos motores elétricos.

Por serem elétricos e não utilizarem combustíveis fósseis para seu funcionamento, não emitem gás carbônico CO<sub>2</sub> ou monóxido de carbono CO, sendo esta uma grande vantagem do ponto de vista do meio ambiente. Outro fator determinante em relação ao CO e CO<sub>2</sub> que está a favor dos VE em relação aos VCI, é a necessidade de melhoria da qualidade do ar nas grandes cidades, principalmente em cidades com alta densidade demográfica, como é comum em países como China, Índia e até mesmo no Brasil, sendo este em alguns casos, fato preocupante em termos de saúde pública. Outro ponto a se considerar é que a redução de emissão de gases do efeito estufa faz parte do protocolo de Kyoto, tratado internacional firmado entre as principais potências mundiais em termos econômicos, que tem o intuito de atuar nas possíveis causas do aquecimento global.

Acreditando ser isto uma surpresa para a maioria das pessoas, os veículos elétricos não são uma invenção de nosso século, pois os primeiros VE de qual se tem registro são datados do início da década de 1880, em países como França, Reino Unido e Estados Unidos. De acordo com Renato Baran e Luiz Fernando Loureiro Legey (2010), os VE têm intrínseca ligação com o surgimento e desenvolvimento de

baterias de chumbo e ácido, que ocorreu também nesta mesma época. Ainda nos anos de 1880. Tanto as baterias como os motores elétricos tiveram o seu desenvolvimento sendo realizado durante os anos seguintes com avanços importantes, principalmente no aumento da capacidade de carga das baterias que com Edison e sua bateria de níquel-ferro, chegaram a ter uma densidade de carga cerca de 40% maior que as já conhecidas até o momento baterias de chumbo e ácido. É de se espantar também que a tecnologia de frenagem regenerativa também tenha surgido nesta época e não na Fórmula 1 com o aparecimento na temporada de 2009 do famoso KERS, sigla em inglês para Kinetic Energy Recovery System, ou em português, Sistema de Recuperação de Energia Cinética. Esta tecnologia, junto com a melhoria das baterias foram essenciais para a contribuir com a melhora no desempenho dos carros elétricos.

FIGURA 1. PROPAGANDA DE CARRO ELÉTRICO NOS EUA EM 1908

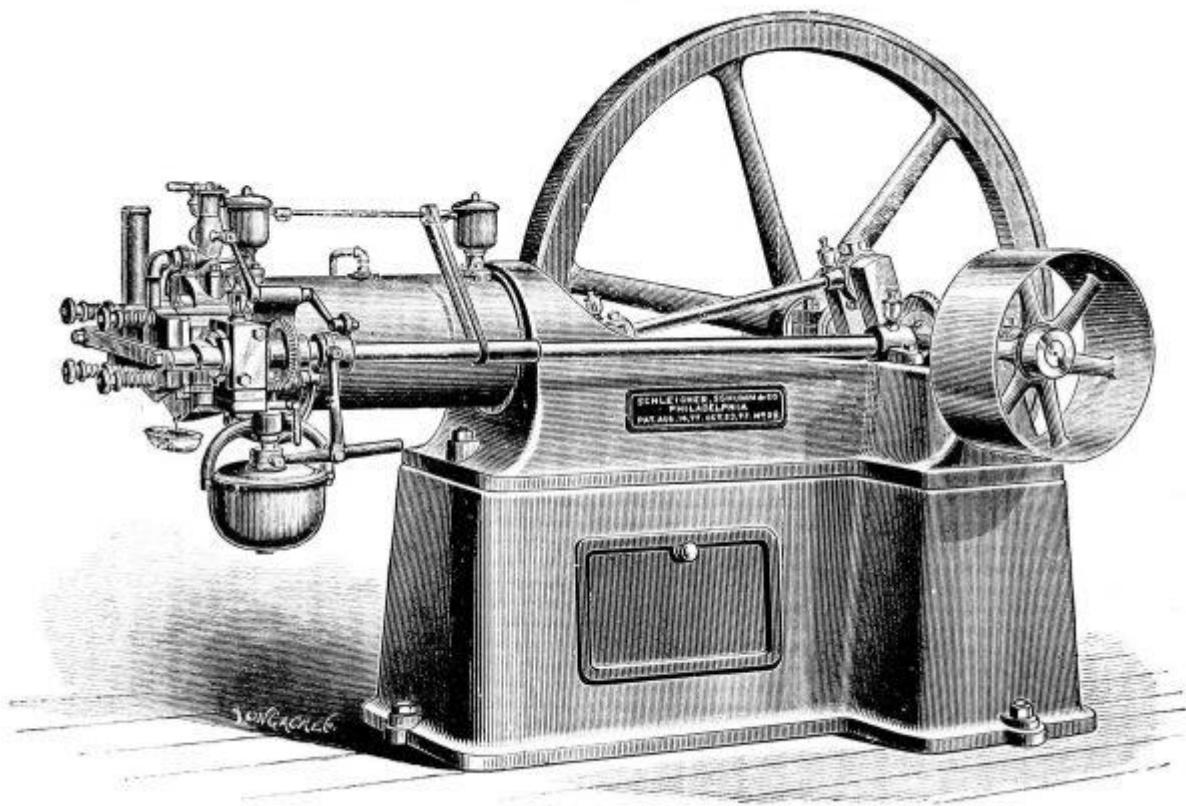


Fonte: <http://climainfo.org.br/2017/09/25/uma-breve-historia-dos-veiculos-eletricos/>

Já os carros com motor a combustão interna, tem uma história um pouco mais antiga, pois os motores de explosão de quatro tempos, são datados de meados de 1860, com a invenção e patente destes motores por Nikolaus August Otto (1832-

1891). A partir desta época, muitas foram as inovações nos MCI até que em 1888, após uma série de protótipos, Benz construiu o primeiro veículo com MCI, e como obteve sucesso em sua criação, é considerado o inventor de veículo a combustão interna.

FIGURA 2. MOTOR A COMBUSTÃO INTERNA INVENTADA POR OTTO



Fonte: <https://autocarup.com.br/historia-motor-a-combustao>

No início do século passado, haviam 3 tecnologias de motores concorrentes no mercado de carros: motores a vapor, motores a gasolina e motores elétricos.

De acordo com Struben e Sterman (2006), em 1903 existiam aproximadamente quatro mil automóveis registrados na cidade de Nova Iorque, sendo divididos da seguinte forma: 53% movidos a vapor, 27% a gasolina e 20% com motores elétricos. Em menos de 10 anos depois a frota nacional de carros elétricos já superava a quantia de 30 mil unidades, sendo que nesta época a quantidade de carros a gasolina já era cerca de 30 vezes maior, algo próximo de 90 mil unidades.

Mas por que em tão pouco tempo, os automóveis elétricos perderam tanto espaço para os veículos com motor a combustão interna? Segundo Kirsch (2000 apud,

Struben e Sterman, 2006), os principais fatores foram o apelo e a necessidade dos condutores utilizarem os carros em longas e aventureiras viagens ao interior das cidades. Da mesma que hoje, o apelo do carro elétrico era mais forte nos grandes centros e uso em pequenas distâncias. Além disso, a escassa estrutura de recarga de baterias em áreas afastadas dos centros de maior circulação também contribuiu para que os veículos elétricos fossem preteridos em relação aos movidos a gasolina. Struben e Sterman (2006) ainda pontuam que embora a quantidade de postos de gasolina no começo também era pequena, o número de pontos de abastecimento cresceu rapidamente dando todo o suporte necessário para o desenvolvimento dos veículos a combustão interna.

A partir dos anos 1930, os veículos elétricos passaram a ser produzidos em escala cada vez menor, sendo utilizados em algumas cidades dos EUA e Reino Unido, basicamente, para coleta de lixo, serviço de entregas e para distribuição de leite. Foram observados alguns picos de produção nesses dois países durante a primeira e a segunda guerras mundiais, quando o racionamento de gasolina e diesel forçou a busca por fontes de energia alternativas ao petróleo. No Japão do pós-guerra, o carro elétrico tornou-se também bastante popular, por causa do racionamento de combustíveis, mas sua produção foi descontinuada na década de 1950 quando o racionamento cessou. (Renato Baran e Luiz Fernando Loureiro Legey, 2010, p.9)

Devido ao período histórico relacionado ao mercado de VE e VCI, é raro encontrarmos números precisos sobre o mercado de carros no início do século passado, entretanto podemos deduzir com base no que vemos hoje no mundo que os carros elétricos perderam por completo o espaço ao longo dos anos no mercado automobilístico. Esta tendência de mercado passou a sofrer alterações com mudanças demográficas e até mesmo culturais nas quais países europeus e asiáticos vêm sofrendo ao longo das últimas décadas.

Cada vez mais, o uso de veículo rodoviários para transporte de passageiros é realizado para deslocamentos curtos e dentro das grandes cidades, e com isso, o apelo pelo carro elétrico cresceu nos últimos anos e vai crescer ainda mais com a redução dos custos de produção e tecnologia que são necessárias para a sua

fabricação em massa. É fato que todas as grandes montadoras do mercado automobilístico têm destinado milhões de dólares ao ano em pesquisas e projetos de carros elétricos. Por isso o interesse de muitos neste mercado, que a cada se torna mais pujante a nível mundial sendo liderado por países como os EUA, China e os escandinavos.

Hoje existem diversos tipos diferentes de veículos elétricos, com variações em relação ao tipo de motor, tamanho, potência e tecnologia. Abaixo, apenas alguns exemplos de veículos elétricos que existem no mercado ou em projeto considerando o ano de 2018. Pelo fato da maioria deles serem projetados, fabricados e estarem presentes apenas em outros países, e grande maioria da literatura sobre os mesmos estarem na língua inglesa, mencionarei alguns dos diferentes modelos em inglês e suas traduções para a língua portuguesa:

BEV: Battery Electric Vehicle – Veículo Elétrico a Bateria (VEB)

FCEV: Fuel-cell Electric Vehicle – Veículo Elétrico a célula de combustível (VECC)

HEV: Hybrid Electric Vehicle – Veículo Híbrido Elétrico (VHE)

PHEV: Plu-in Hybrid Electric Vehicle – Veículo Hibrido Elétrico Plug-in (VHEP)

LCV: Light Commercial Vehicle – Veículo Comercial Ligeiros (VCL)

LDV: Light-duty Vehicle – Veículo Leve (VL)

LSEV: Low Speed Electric Vehicle – Veículo Elétrico de Baixa Velocidade (VEBV)

PLDV: Passenger Light-duty Vehicle – Veículo Leve de Passageiros (VLP)

O próximo capítulo trará informações técnicas, características construtivas e outros detalhes sobre alguns dos diferentes tipos de veículos elétricos mencionados acima.

## 2. TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Neste capítulo discorremos sobre os diferentes tipos de veículos elétricos, suas principais tecnologias, modelos, potências, etc.

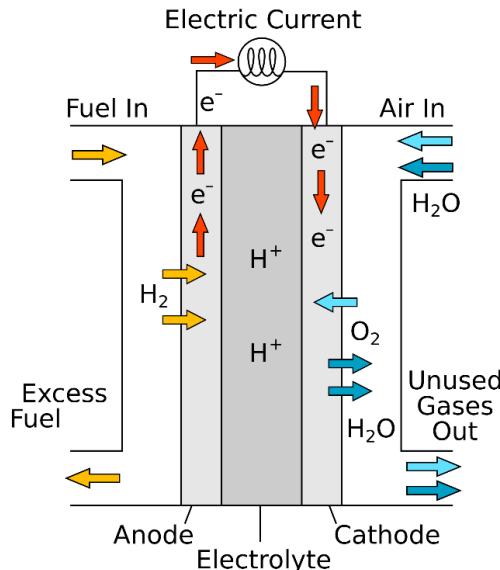
### 2.1. Tecnologias

#### 2.1.1. FCEV: Fuel-cell Electric Vehicle – Veículo Elétrico a célula de combustível (VECC)

As células-combustível nada mais são que equipamentos que transformam energia química em energia elétrica. Da mesma forma que as conhecidas baterias, as células-combustível armazenam energia em seus componentes químicos, que são transformados em energia elétrica para ser utilizada na geração de trabalho e consequentemente, movimento. As baterias mais antigas são a base de chumbo e ácido, ao passo que as mais novas são de lítio e outros componentes em menor escala. Já as células-combustível como hoje conhecemos tem o hidrogênio, um dos elementos mais abundantes da natureza, como a sua principal matéria-prima.

No processo de obtenção de energia elétrica através das células-combustível, íons de Hidrogênio em reação com íons de oxigênio, formam água e como subproduto liberam elétrons que fluem através de um circuito elétrico externo, gerando corrente elétrica. A figura 3 mostra de maneira simples, como a reação ocorre:

FIGURA 3. REAÇÃO QUÍMICA EM UMA CÉLULA-COMBUSTÍVEL



Fonte: <https://www.zigya.com/share/Q0hFTjEyMDQ1MDE3>

Como os produtos da reação são eletricidade e água, diz-se que os veículos movidos a célula-combustível têm zero emissão de poluentes. A energia elétrica é utilizada para fazer o veículo funcionar ao passo que a água produzida pela reação e os gases não utilizados na reação são expelidos para o exterior do veículo através do cano de exaustão.

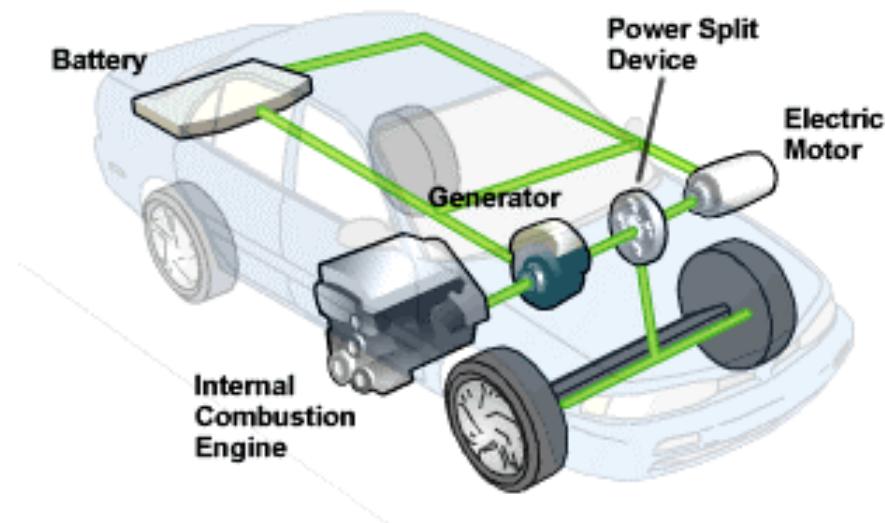
Os VECC são em sua concepção utilizam uma pequena bateria para receber, armazenar e enviar eletricidade da célula-combustível para o veículo. A bateria neste caso é utilizada como um “buffer”, sendo carregada continuamente pela célula- combustível enquanto houver Hidrogênio disponível.

Em 2017 os VECC chegaram ao total de mais de 7200 unidades vendidas em todo o mundo, sendo que a maior parte delas, quase 50%, encontra-se nos Estados Unidos. O segundo país com maior número de unidades é o Japão com 2300 unidades seguido por países como Alemanha e França no continente europeu.

#### 2.1.2. HEV: Hybrid Electric Vehicle – Veículo Híbrido Elétrico (VHE)

Nesta classe de veículo, estão presentes veículos com utilizam 2 ou mais formas diferentes de energia para se locomoverem. Os mais comuns são os veículos com motores a combustão e motor elétrico que trabalham em conjunto para suprir a energia que o veículo precisa para funcionar e se locomover. Estes tipos de veículos têm um sistema chamado sistema de frenagem regenerativa, responsável por aproveitar a energia da frenagem do carro, para abastecer a bateria do motor elétrico, aumentando assim, a eficiência do sistema como um todo.

FIGURA 4.ESQUEMA DE MOTORIZAÇÃO DE CARRO HÍBRIDO



Fonte: <https://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml>

O Brasil tem em sua frota diversos veículos híbridos, entretanto os mais comuns são o Toyota Prius, com consumo médio de 18,9 Km/l, e o Ford Fusion Hybrid com consumo médio de 16,8 Km/l. Ambas os consumos são referentes ao ambiente urbano, ou seja, consumo medido dentro da cidade. Já na estrada, por utilizarem uma potência maior, devido à velocidade média maior, o consumo de combustível aumenta, fazendo que o motor a combustão interna (MCI), trabalhe muito mais que o motor elétrico. Na cidade como a velocidade é reduzida e quantidade de frenagens é grande, o motor elétrico é o mais utilizado, melhorando a eficiência do conjunto. Ainda existem muitos outros modelos híbridos que já trafegam em terras brasileiras, entretanto o custo elevadíssimo de importação e impostos fazem com estes modelos sejam raros em nossas estradas, ruas e avenidas. Dentre estes, podemos destacar o Lexus CT200h, com consumo médio de 15,2 Km/l, o seu irmão maior o Lexus CT500h, que embora tenha um motor V6, tem o seu consumo médio na casa dos

10,2 Km/l e ainda o Porsche Panamera E-Hybrid com 482 CV de potência e que, segundo a montadora, tem o consumo de até 40 Km/l, e também o Porsche Cayenne S E-Hybrid com motor 3.0 L e consumo médio de aproximadamente 12 Km/l.

**2.1.3. PHEV: Plu-in Hybrid Electric Vehicle – Veículo Hibrido Elétrico Plug-in (VHEP)**  
OS VHEP são veículos elétricos que também possuem 2 motores, assim como os VHE, entretanto podem ter suas baterias carregadas diretamente com energia elétrica por meio de tomadas e adaptadores entre o carro e uma casa ou pontos de recarga por exemplo.

No Brasil, o primeiro VHEP em quantidade significativa a rodar em nossas estradas é o BWM I3. Este veículo tem um motor a combustão que funciona exclusivamente para gerar energia elétrica e carregar o banco de baterias do I3 e também para injetar eletricidade diretamente no motor elétrico. Além do abastecimento através do motor a combustão, a bateria também é carregada através da conexão do veículo com a rede elétrica. Segundo o fabricante, o I3 é vendido em nosso país em 2 versões diferentes, sendo a versão mais barata comercializada por R\$ 199.950,00 e a versão topo de linha chegando aos impressionantes R\$ 239.950,00.

Existem ainda sendo comercializados por importação em nosso país outras modelos e marcas, entretanto em quantidade extremamente reduzida e com preços exorbitantes, apenas como exemplo, podemos citar o Tesla S, da fabricante Tesla, marca americana de veículos que produzem apenas veículos elétricos. A figura 5, mostra o BMW I3 Modelo 2018.

FIGURA 5.BMW I3



Fonte: <https://www.autoblog.com/buy/2015-BMW-i3/>

#### 2.1.4. BEV: Battery Electric Vehicle – Veículo Elétrico à Bateria (VEB)

Os VEB é como são chamados de maneira geral, todos os veículos elétricos que possuem baterias, sejam eles puramente elétricos, híbridos simples ou híbridos plug-in. Além dos mais de 3 milhões de veículos de passageiros mencionados acima, existe uma frota de aproximadamente 250 mil Veículos Leves Comerciais (VLC), e nesta categoria quase 100% destes veículos são do tipo VEB.

#### 2.1.5. Veículos de duas e três rodas

De acordo com a ASEA (Associação da Nações do Sudeste da Ásia), existem hoje cerca de 900 milhões de veículos de duas rodas nesta região, sendo a China o país com maior número destes veículos. Desde 1999 o governo chinês tem tratado os veículos elétricos de 2 rodas como bicicletas, permitindo-os a andar nas ciclovias, outro ponto que auxilia muito o aumento das motocicletas elétricas é que o custo de produção delas na China é inferior à das motocicletas com motor a combustão.

No Brasil já existe uma empresa no estado de Goiás que fabrica motocicletas elétricas. No mercado com o nome de Electro Motors do Brasil, esta empresa

localizada na cidade de Goianésia terá em sua linha de produção 4 modelos de motos elétricas. A chegada destes produtos ao mercado está nacional está prevista para ocorrer em agosto de 2018.

## 2.2. Veículos de médio e grande porte

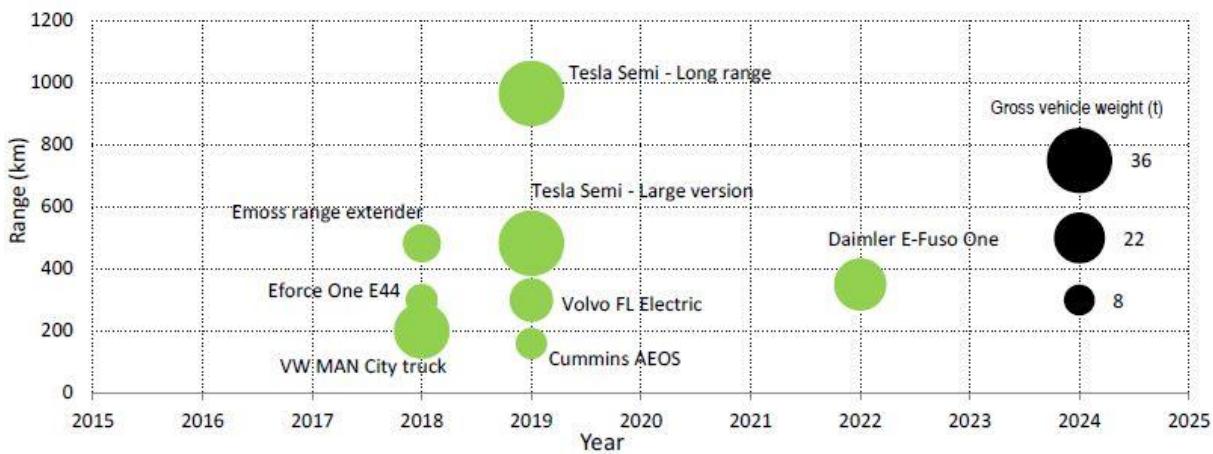
A eletrificação dos veículos rodoviários atinge todos os tipos, tamanhos e modelos.

No caso dos veículos de médio e grande porte como caminhões e ônibus, as oportunidades que surgem, assim como os desafios são enormes.

Caminhões de pequeno porte, vans de carga e passageiros que circulam em limites urbanos, têm serão competitivos economicamente em breve com os tradicionais veículos movidos a gasolina ou diesel. Além do desenvolvimento de tecnologias e dos aspectos econômicos a eletrificação destes tipos de veículos impacta positivamente na melhora da qualidade do ar nas grandes cidades, reduz a poluição sonora e também a produção de CO e CO2.

Os caminhões de grande porte que viajam distâncias interestaduais, tendem a ter as suas eletrificações viabilizadas em um futuro mais distante, pois a infraestrutura de recarregamento das baterias fora dos ambientes urbanos tende a ocorrer de forma mais lenta do que nas cidades. Outro ponto a ser levar em consideração, é que os custos de produção e a tecnologia necessária para a produção de baterias com carga elevada ainda está nos primeiros estágios de pesquisas e os seus custos extremamente elevados, inviabilizaria a eletrificação de veículos rodoviários de grande porte. O gráfico 1, mostra o que existe hoje em teste e que o temos em fase de projeto e estudos para os próximos anos em relação a autonomia (range) de veículos de carga elétricos.

GRÁFICO 1. CENÁRIO DE VEÍCULOS DE CARGA DE GRANDE PORTE



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

Já os ônibus de frotas urbanas têm apresentado importantes e positivos resultados em testes em diversas cidades na China e também em algumas cidades da Europa. Ônibus com itinerários constantes e definidos, têm facilidade e previsibilidade em realizar o carregamento de suas baterias, e com isso, alta disponibilidade.

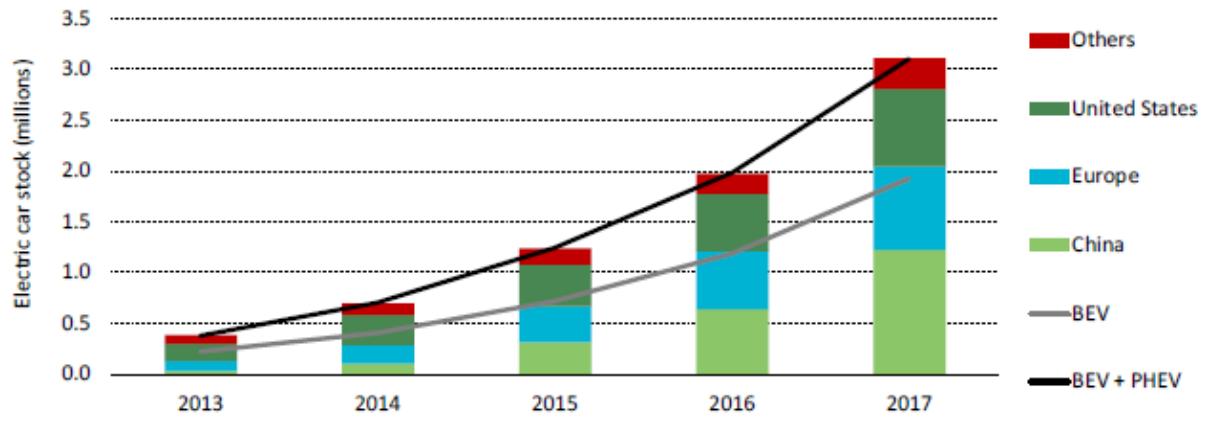
Cidades como Oslo, e Gothenburg nos países nórdicos estão operando ônibus elétricos da montadora Volvo em fase de testes e tem como meta realizar a eletrificação de suas frotas até 2030. Considerando outras cidades no continente europeu, é notório o espaço que projetos para eletrificação das frotas de ônibus urbanas está recebendo, diversas cidades estão investindo em tecnologia, pesquisas com o intuito de aumentar a performance operacional de ônibus urbanos elétricos.

### 2.3. Veículos elétricos no mercado mundial de automóveis

Embora no Brasil os veículos elétricos ainda tenham pouca penetração no mercado, no mundo a demanda por este tipo de veículo vem crescendo significativamente. De acordo com o Global EV Outlook (IEA, 2018), o mercado global de veículos elétricos no ano de 2017 alcançou a significativa marca de 3 milhões de unidades, 1 milhão a mais do que o número registrado em 2016, ou seja, um crescimento de

aproximadamente 56% em apenas 1 ano. O gráfico 2, que segmenta os números aqui informados por região geográfica, pontuando alguns dos países mais importantes como China e Estados Unidos.

GRÁFICO 2. CRESCIMENTO DO MERCADO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS  
2013-2017



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

Nota 1: os valores acima mencionados referem-se somente a carros de passeio e pequenos utilitários, não levam em conta veículos de transporte de passageiros ou motocicletas.

Como podemos notar no gráfico acima, a maior parte da frota de veículos elétricos encontra-se concentrada na China, com aproximadamente 40% do total da frota mundial, e embora este número seja expressivo, os VE na China ainda são minoria no mercado interno.

Já na Noruega, país onde a eletrificação de veículos começou a mais tempo, a porcentagem de veículos elétricos registrados no país em 2017 atingiu 6,7% do mercado nacional, número este diversas vezes superior à média global ou até mesmo de outros países europeus como por exemplo a Holanda e Suécia com 1,6% e 1,0% respectivamente.

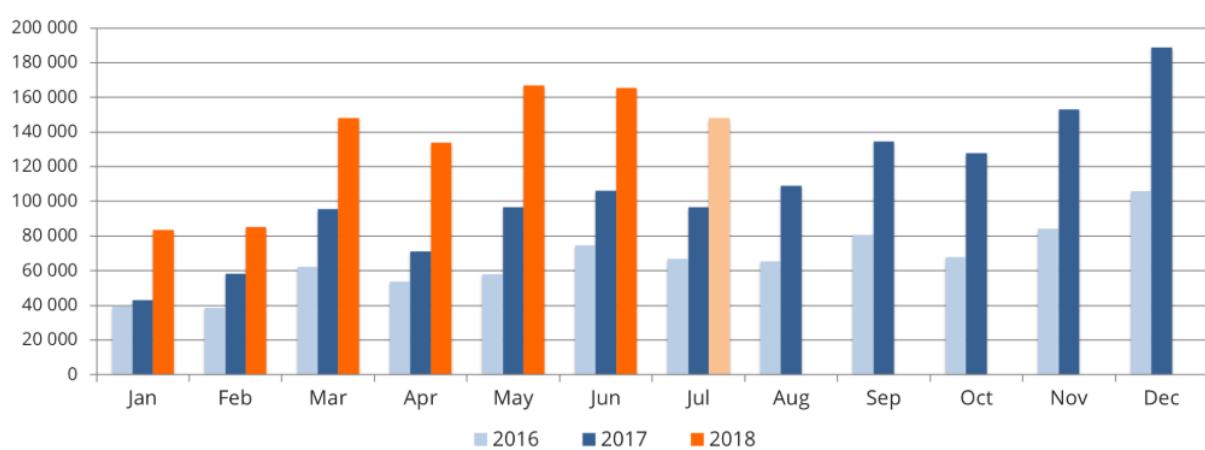
Em números de venda de novos veículos, novamente, a China vem liderando o mercado com cerca de 580 mil unidades vendidas no ano de 2017, um crescimento de mais de 70% em relação ao ano anterior. Entretanto, o país no qual a venda de VE é mais expressiva em termos totais é na Noruega, com os VE representado cerca de 39% da venda total de novos veículos neste país. Um outro ponto relevante

a ser mencionado é que outros países em menor escala tem aumentado muito a sua demanda por veículos elétricos, dentre estes podemos citar a Alemanha e também o Japão que dobraram a fatia de mercado de vendas de VE entre os anos de 2016 e 2017.

Nota 2: os países que lideram o ranking de unidades vendidas de VE apresentam políticas públicas implementadas por seus governos que beneficiam, promovem e incentivam o crescimento de carros elétricos em seus mercados. Estas políticas públicas têm como objetivos principal desenvolver novas tecnologias, criar empregos, melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos e diminuir o impacto do ser humano na natureza, com a consequente diminuição da produção de gases do efeito estufa nos meios de transporte.

*Dados colhidos nos primeiros meses do ano de 2018 que comparam vendas de veículos elétricos entre 2016-2018, mostram que a venda de veículos do tipo plug-in cresceu expressivamente neste período. Comparando-se o primeiro semestre de 2017 e 2018 houve um aumento de 65% nas vendas, e de um total de 783.000 unidades vendidos até junho de 2018, os veículos puramente elétricos abocanharam cerca de 2/3 das vendas ao passo que os veículos híbridos ficaram com apenas 1/3 do mercado.*

**GRÁFICO 3. COMPARAÇÃO DE VE PLUG-IN NO PERÍODO 2015-2018**

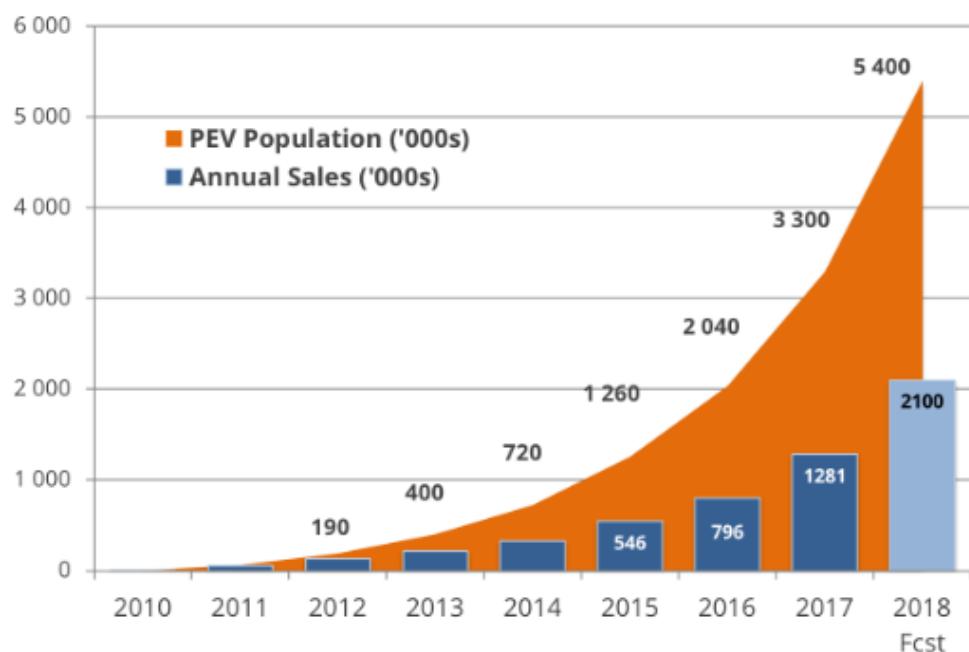


Fonte: <http://www.ev-volumes.com/>

Analistas do grupo EV-volumes acreditam que o número total de unidades vendidas mundialmente em 2018 será superior a 2 milhões, sendo o mercado chinês responsável por cerca de 50% deste total. Ainda de acordo com a pesquisa da EV-

volumes os mercados que mais cresceram no primeiro semestre de 2018 foram: China (+105 %), Canada (+168 %), Holanda (+126 %), Coréia do Sul (+169 %), Espanha (+99 %,) Finlândia (+148 %), Dinamarca (+691 %), Portugal (+119 %) e Austrália (+98 %).

GRÁFICO 4. QUANTIDADE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO MUNDO EM 2018



Fonte: <http://www.ev-volumes.com/>

Com os quantitativos previstos para o ano de 2018, estima-se que ao final deste ano a população de VE no mundo deve chegar a quase 5.4 milhões nas ruas dos principais centros urbanos, entretanto a fatia de mercado dos veículos elétricos de pequeno porte em relação ao total de veículos em operação não chega a 0,5%.

#### 2.4. Fatores que impulsionam a venda de veículos elétricos

O principal fator que alavanca a venda de carros elétricos no mundo é ligado a políticas de meio-ambiente. Se levarmos em conta os principais países nos quais os VE têm maior penetração, fica clara a relação entre a adoção de políticas públicas pró veículos elétricos e aumento na produção e venda destes tipos de veículos.

Cada governo tem atuado de forma diferente, com medidas no sentido de encorajar o consumo, a produção e o investimento neste setor e as ações que estão sendo implementadas no mercado têm sido bastante distintas entre si. Alguns países focam na redução de impostos para reduzir o preço final veículos e assim tornar mais atrativa a compra dos VE, outros focam na ampliação de da rede de recarga, oferecendo o serviço de recarregamento das baterias com custo zero para o proprietário. Outros países ainda excluem os VE de pagar taxas de registros ou isenção de outras taxas específicas para veículos. O governo brasileiro também tem tomado medidas para incentivar a compra de veículos elétricos e híbridos no país e aumentar sua competitividade em relação aos veículos com motor a combustão interna. Umas descrições mais detalhadas destas políticas de incentivos serão vistas no capítulo 6 desta monografia.

## 2.5. Veículos movidos a hidrogênio

Embora os veículos movidos a hidrogênio não sejam o ponto principal deste estudo, a título de comparação com os veículos elétricos, mostraremos a seguir algumas informações sobre esta tecnologia.

Hidrogênio é o primeiro elemento da tabela periódica, e sendo este um gás, é extremamente leve e devido a esta característica é raramente encontrado em sua forma mais pura o H<sub>2</sub>. A molécula de H<sub>2</sub> é inflamável e na combinação com oxigênio (O<sub>2</sub>), gerar energia na forma de calor, tendo como subproduto a água H<sub>2</sub>O. Por estas características o hidrogênio pode ser utilizado como um combustível. O hidrogênio tem a mais alta concentração de energia em um combustível por massa, mas a menor por volume, sendo um combustível altamente eficiente e pouco poluente;

A principal fonte de obtenção do hidrogênio é o gás natural (CH<sub>4</sub>), seguido pelo petróleo, carvão e eletricidade (através do processo de eletrólise). Infelizmente, até o momento uma quantidade muito pequena de hidrogênio é gerada a partir de fontes de energia renováveis.

## 2.5.1. Tecnologias de produção de Hidrogênio

### 2.5.1.1. Eletrólise

Processo no qual através de utilização de energia elétrica moléculas de água ( $H_2O$ ), são separadas em 2 elementos químicos, hidrogênio  $H_2$  e oxigênio  $O_2$ . Se a energia elétrica a ser utilizada for proveniente de energias renováveis este processo se torna não poluente.

Vantagens:

- Comercialmente disponível com tecnologia comprovada;
- Processo industrial bem compreendido e modular;
- Alto índice de pureza;
- Conveniente para produzir  $H_2$  de eletricidade renovável, pois compensa a natureza intermitente de algumas energias renováveis

Desvantagens:

- Concorrência com uso direto de recursos renováveis para o uso de eletricidade.

### 2.5.1.2. Reforma de metano ( $CH_4$ ) através de vapor a altas temperaturas

Produção de hidrogênio através da reforma de metano ( $CH_4$ ), utilizando-se o vapor como agente oxidante da reação, causando a produção de hidrogênio a partir do hidrocarboneto  $CH_4$ .



Vantagens:

- Domínio da tecnologia e produção em larga escala;
- Bastante difundido;
- Baixo custo de hidrogênio a partir do gás natural;
- Oportunidade para combinar com o "sequestro" de  $CO_2$  em larga escala
- (Armazenamento de carbono)

Desvantagens:

- Unidades de pequena escala não comerciais;

- Hidrogênio proveniente dos hidrocarbonetos contém algumas impurezas e a limpeza do gás pode ser necessária;
- O sequestro de CO<sub>2</sub> aumenta os custos;

#### 2.5.1.3. Gaseificação

É a separação de hidrocarbonetos pesados e biomassa em hidrogênio e gases para reforma.

Vantagens:

Tecnologia estabelecida para os hidrocarbonetos pesados em geral;

- Produção em grande escala;
- Pode ser usado para combustíveis sólidos e líquidos;
- Possíveis sinergias com os combustíveis sintéticos de biomassa - gaseificação da biomassa.

Desvantagens:

- Pequenas unidades muito raras;
- Hidrogênio geralmente requer alto grau de pureza antes de sua utilização;
- A gaseificação de biomassa ainda se encontra nos estágios de pesquisa;
- A concorrência com combustíveis sintéticos da biomassa é desfavorável.

#### 2.5.2. Comparativo com outras fontes de energia em veículos para transporte

Os dados da tabela 1 foram colhidos com base em informações do mercado americano para os preços de energia, gasolina e hidrogênio:

TABELA 1: COMPARATIVO ENTRE CUSTOS DE COMBUSTÍVEL

	<b>Veículo movido a eletricidade</b>	<b>Veículo movido a hidrogênio</b>	<b>Veículo movido a gasolina</b>
Custo de	\$ 10 - \$ 12	\$ 85	\$ 34,5
Autonomia	500 Km	480 Km	500 Km
Valor (USD) do Km rodado	2,0 - 2,4 centavos/Km	17,0 - 18,0 centavos/Km	7,0 - 8,0 centavos/Km
Tempo de abastecimento/recarga	1,0 - 2,0 horas (Super Carregadores)	5 minutos	5 minutos

Fonte: [própria](#)

### 3. INFRAESTRUTURA E PONTOS DE RECARGA

#### 3.1. Tipos de carregadores

A tarefa de transformar a frota de veículos com motor a combustão para veículos elétricos tem diversos desafios, entre os maiores deles está a criação de infraestrutura suficiente para que este mercado se desenvolva de maneira sustentável, sem gerar gargalos nos pontos de recarga ou nas redes e suprimentos de energia.

De maneira geral, pode-se dizer que os pontos de recarga podem ser de 2 diferentes tipos: públicos ou privados. Um ponto de recarga em um shopping é um bom exemplo de ponto de recarga público, ao passo que uma tomada em na garagem de sua casa, seria um ponto de recarga privado. Ainda, podemos dividir estes pontos com relação a potência de saída, o tipo de soquete e também com relação aos seus protocolos de comunicação.

A figura 06 a seguir, sumariza os principais tipos de pontos de carregamento por tecnologia, região e potência de saída. Nesta figura os carregadores são divididos em 3 principais categorias de potência: Nível 1 (*Level 1*), Nível 2 (*Level 2*) e Nível 3 (*Level 3*). É válido notar que, apenas para a potência acima de 200KW a corrente de alimentação é contínua (DC) ao passo que para todas as outras potências menores, a corrente de alimentação é alternada (AC). Outro ponto importante a ser considerado é que apesar de esforços iniciais ainda não existe uma padronização definida, pois cada região/país tem adotado um padrão diferente. Ainda, é relevante observar que embora a norma IEC 62196 que trata de plugues, tomadas e

acopladores para carregamento de veículos elétricos tenha a sua primeira versão lançada em 2004, ainda hoje ela não é um padrão único no mercado.

FIGURA 6. TIPOS DE CARREGADORES DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

	Conventional plugs	Slow chargers		Fast chargers	
Level	Level 1	Level 2		Level 3	
Current	AC	AC		AC, triphase	DC
Power	≤ 3.7 kW	> 3.7 kW and ≤ 22 kW	≤ 22 kW	> 22 kW and ≤ 43.5 kW	Currently < 200 kW
China	Type I	GB/T 20234 AC		GB/T 20234 DC	
Japan	Type B	SAE J1772 Type 1	Tesla	Accepts all IEC 62196-3 standards	
Europe	Type C/F/G	IEC 62196-2 Type 2		IEC 62196-2 Type 2	CCS Combo 2 (IEC 62196-3)
North America	Type B; SAE J1772 Type 1	SAE J1772 Type 1	Tesla	(Under development) SAE J3068	CCS Combo 1 (SAE J1772 & IEC 62196-3)
Australia	Type 1	IEC 62196-2 Type 2		Accepts all IEC 62196-3 standards	
Korea	Type A/C	IEC 62196-2 Type 2		CCS Combo 1 (IEC 62196-3)	
India	Type C/D/M	(Draft) IEC 60309 industrial socket (two wheelers) and IEC 62196-2 Type 2 (other vehicles)		(Draft) IEC 62196-2 Type 2	(Draft) GB/T 20234 DC (< 20 kW) and CCS Combo 2 (IEC 62196-3) (≥ 20 kW)
					(Draft) CHAdeMO allowed

Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

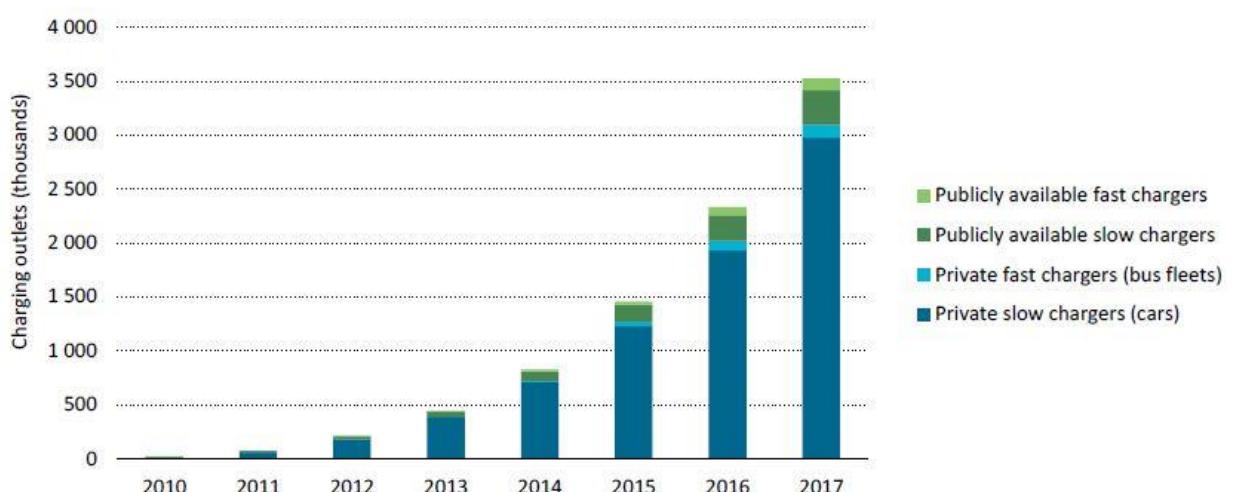
Abaixo, pontos importantes relacionados aos veículos elétricos e seus padrões de carregadores:

- Veículos de duas rodas geralmente utilizam carregadores de nível 1, ao passo que veículos de três rodas podem utilizar carregadores de nível 2;
- Existem duas formas distintas para carregar ônibus atualmente: carregamento noturno, quando os mesmos estiverem fora do horário de serviço em suas garagens. Nesta situação utilizam-se carregadores de carga rápido com potência acima de 22kW. A segunda opção é realizar diversas cargas parciais ao longo do dia, quando os mesmos estiverem nos pontos iniciais e finais de suas rotas;
- Assumindo que a eletrificação de veículos seja um caminho sem volta, é importante que padrões sejam definidos o mais breve possível, principalmente quando se trata de carregadores de grande porte, pois o custo de instalação destes tipos de carregadores ainda é muito alto.

### 3.2. Pontos de recarga

O gráfico 5 mostra a evolução do número de pontos de recarga entre 2010 e 2017.

GRÁFICO 5. EVOLUÇÃO DOS PONTOS DE RECARGA EM ESCALA GLOBAL



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

Pontos públicos de recarga com carregamento rápido (verde claro) e de carregamento lento (verde escuro), representam a menor fatia neste processo, ao passo que os pontos de recarga rápida (azul claro), e de recarga lente (azul escuro), são a grande maioria. Estas quantidades estão em consonância com a demanda do mercado, pois os veículos elétricos de pequeno porte são carregados em residências e/ou garagens e estacionamentos de empresas privadas. Embora os números acima sejam calculados indiretamente, fica claro que a quantidade de pontos de recarga está crescendo de maneira consistente para atender a demanda, também crescente, de veículos elétricos.

No Brasil, o projeto de Lei da câmara PLC 65/2014 foi criado para instituir a obrigatoriedade de instalação de pontos de recarga para veículos elétricos em vias públicas e em ambientes residenciais e comerciais. De autoria do deputado Heuler Cruvinel (PSD-GO), de acordo com o site do senado federal, este PLC ainda tramita no poder legislativo aguardando deliberação do plenário desde 06/02/2018. Abaixo, o artigo primeiro deste PLC:

Art. 1º As concessionárias de serviços de distribuição de energia elétrica serão obrigadas a instalar pontos de recarga de baterias de carros elétricos junto às vagas de estacionamentos públicos que venham a ser disponibilizadas para este fim pelas autoridades locais.  
(Projeto de Lei da Câmara, N° 65, 2014).

Este projeto teve como base o projeto de Lei Original N°4.751, de 2012 de autoria dos deputados Heuler Cruvinel PSD/GO e do deputado Onofre Santo Agostini PSD/SC. A motivação deste projeto de lei, segundo seus autores, foi de evitar que o Brasil ficasse a margem das mudanças no setor de transportes urbanos, uma vez que já no ano de 2012 diversos países na Europa e na América do Norte já contavam com redes de quilômetros de extensão para a recarga de veículos elétricos.

No Brasil, ainda em 2012, uma parceria entre a USP (Universidade de São Paulo) e a EDP (Energias de Portugal), empresa de distribuição de energia elétrica, firmaram uma parceira e instalaram um ponto de recarga para a frota de veículos elétricos em São Paulo.

### 3.3. Pontos de recarga privados

Os dados no gráfico 5, por serem calculados de forma indireta como por exemplo assumindo que para cada veículo de pequeno porte, existe um ponto de recarga privado de carga lenta, trazem um razoável nível de incerteza. Isso também é valido quando consideramos os pontos de recarga privados de carga rápida, pois os dados disponíveis para estes tipos de pontos de recarga são escassos. Abaixo, pontos considerados no cálculo de quantidade dos pontos de recarga privados:

Nos países nórdicos, pesquisas mostram que cerca de 90% dos proprietários de veículos elétricos recarregam seus veículos em casa e carga de 20%-40% deles também realizam recargas em seus locais de trabalho (IEA, 2018b).

Nos Estados Unidos, estima-se que para cada 10 carros elétricos, existam 9 pontos de recarga residenciais e 3,2 pontos no trabalho, ou seja, para cada 1 carro elétrico existe aproximadamente 1,2 ponto de recarga lenta.

Entende-se, portanto que a consideração de que para cada 1 carro elétrico nas existe cerca de 1,1 pontos de recarga é razoável e próxima ao real. Vale ressaltar, entretanto, que a taxa de 1,1 é utilizada para os países europeus e os Estados Unidos somente. Já para o Japão e a China, a taxa a ser considerada para cálculo de pontos de carregamento privados é de 9 pontos de recarga para cada 10 veículos.

Segundo o site da hidrelétrica ITAIPU BINACIONAL, o estado do Paraná irá receber através de cooperação entre a Itaipu Binacional e Copel energia a primeira eletro-via do país, com a instalação de 10 postos de abastecimento de veículos elétricos. Os postos, também chamados de Eletro-postos serão instalados na rodovia BR-277 que corta o estado do Paraná de leste a oeste e com um total de 700 quilômetros de extensão.

Cada um dos Eletro-postos terá capacidade de 50kVA (kilovoltampere), de potência e a energia para a recarga das baterias será fornecida sem custos para os usuários. Para atender o maior número de usuários possíveis serão instalados 3 tipos diferentes de plugues, que se adaptam aos modelos de veículos elétricos ou híbridos plug-in vendidos no país. A figura 7 mostra onde serão instalados os Eletro-postos ao longo da BR-277 nos próximos meses.

FIGURA 7. ELETRO-POSTOS AO LONGO DA BR-277

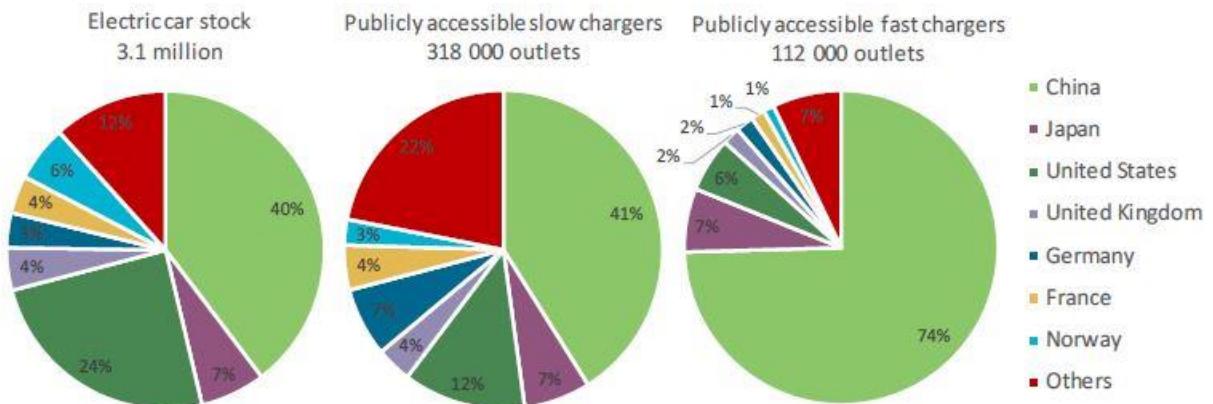


Fonte: <https://www.noticiasautomotivas.com.br/>

### 3.4. Pontos públicos de recarga

Com dados de 2017, é possível estratificar os dados referentes a unidades de pontos públicos de recargas e compará-los com a quantidade de veículos elétricos. Além disso, pode-se também dividir estes números entre os países nos quais encontram-se as maiores frotas de veículos elétricos. O gráfico 6 compila estes números estratificando-os por países.

## GRÁFICO 6. PONTOS DE RECARGA PÚBLICOS X VEÍCULOS ELÉTRICOS



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

As quantidades de pontos públicos de recarga são diretamente ligadas as políticas públicas em âmbito municipal, estadual, nacional ou até supranacional. Diversos países nos últimos anos têm criado metas em relação a pontos de recargas.

Abaixo, 3 exemplos de políticas públicas com metas definidas:

- A China tem planos de construir cerca de 500.000 estações de recarga públicas e 4.3 milhões de pontos de recarga privados, além de criar 12.000 estações de troca de bateria até 2022.
- A Comissão Europeia tem planos de criar metas para específicas para 2020, 2025 e 2030 em relação a quantidade de pontos de recarga em seu território. Embora nem todos os países membros estão se comprometendo a estas metas, está claro que o continente europeu em poucos anos terá uma rede robusta e muito desenvolvida para recarga de veículos elétricos nos próximos anos.
- O estado da Califórnia nos Estados Unidos revisou neste ano o seu compromisso para 2025, subindo para cerca de 900 milhões de dólares os investimentos em infraestrutura para atender veículos elétricos, com o objetivo de construir cerca de 250 mil pontos de recarga ao longo de sua extensa malha viária.

No Brasil não existe um plano diretor para o fomentar o desenvolvimento de infraestrutura de Eletro-postos no país, entretanto por regulação da própria Aneel,

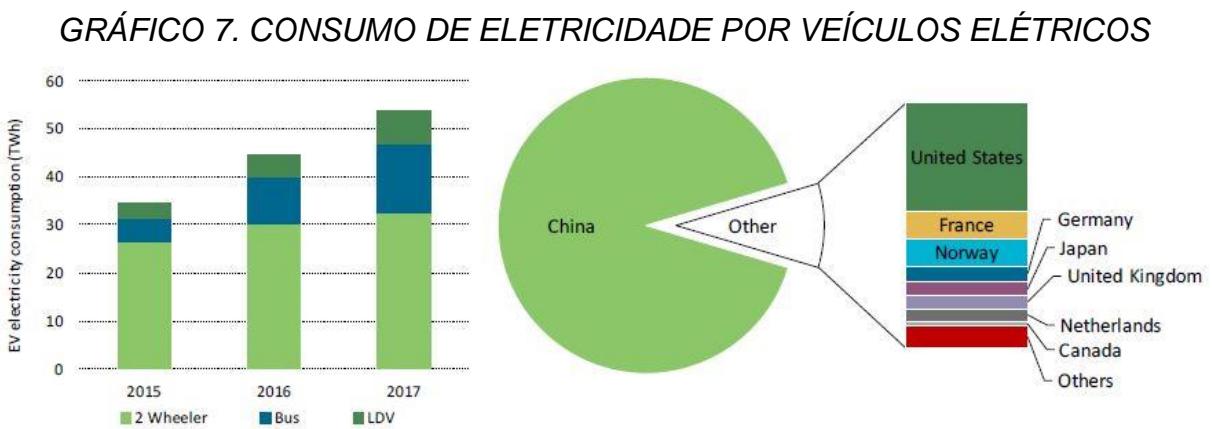
qualquer empreendedor poderá instalar um ponto de recarga no país, seja ele um shopping, posto de gasolina, concessionária de energia, etc.

Extraoficialmente, de acordo com o aplicativo de celular "Plugshare", temos no Brasil cerca de 120 pontos de recarga pública. Se compararmos aos demais países anteriormente citados, o Brasil está bastante defasado quanto a infraestrutura de pontos de recarga.

## 4. DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA, EMISSÕES DE GASES E POLUIÇÃO

### 4.1. Demanda de Energia

Com a eletrificação da frota de veículos, a demanda por energia elétrica irá aumentar. A Agência Internacional de Energia dos Estados Unidos (IEA), estimou que em 2017 a demanda por energia elétrica em escala mundial dos VE chegou a 54TWh (terawatt hora), demanda próxima a de países como a Grécia. Deste total, cerca de 91% é consumido pela China, principalmente por veículos duas e três rodas. No gráfico 07, temos a comparação de consumo de energia entre 2015 e 2017 para os veículos de 2 rodas (verde claro), ônibus (azul) e veículos comerciais leves (verde escuro), além da estratificação de demanda por país em relação total mundial. Notar que, embora ainda seja pequena a demanda proveniente de veículos comerciais leves, ela mais que dobrou nos últimos 3 anos.



Além da China ter em 2018 a maior demanda por energia elétrica no mundo gerada por VE, é também neste país que a demanda cresce mais rapidamente.

Comparando-se os dados de 2017 e 2016 nota-se que a demanda por eletricidade cresceu cerca de 20% e embora este crescimento seja expressivo levando-se em conta o período de apenas um ano, é importante frisar que o consumo de energia elétrica por VE é equivalente a apenas 0,2% da demanda de energia mundial, mesmo em países como China e Noruega onde a frota de veículos elétricos é considerável, a demanda de energia não chega a 0,8% do total.

#### 4.2. Impactos na rede de distribuição

Sabemos que em termos de demanda elétrica, a contribuição total dos VE em 2018 é pequena, o que não oferece muitos riscos de sobrecarga nos sistemas de geração. Entretanto, a inserção de mais uma variável no sistema elétrico deve ser estudada de forma mais abrangente.

Considere que os picos de demanda de energia, de forma geral, ocorrem no início da manhã e no fim da tarde de cada dia. Nestes horários, o sistema elétrico está em seu potencial máximo ou próximo do máximo, e qualquer carga adicional pode sobrecarregar o sistema e consequentemente causar problemas de fornecimento de energia. Para que os VE não causem uma sobrecarga no sistema elétrico, nos horários entre 08:00hs e 20:00hs, o carregamento de VE não é recomendado. Como a demanda varia de maneira previsível ao longo das 24 do dia, é sabido que a menor demanda de energia ocorre entre o final da noite e o início da manhã, portanto, o período recomendável para realizar o carregamento das baterias de um VE é o período entre 22:00hs e 06:00hs. Este gerenciamento pelo lado da demanda é de suma importância e deve ser levado em consideração, quando da adoção de VE em massa em qualquer país. Entre os benefícios deste gerenciamento de carga relacionado ao carregamento das baterias dos VE temos:

- Redução da necessidade de geração de carga adicional para atender a carga “extra” dos VE;
- Melhor uso da utilização da energia eólica, que historicamente produz mais durante a noite, ou seja, o pico da produção de energia eólica deve ocorrer ao mesmo tempo que o pico de demanda no carregamento dos VE;
- Redução dos níveis de demanda na rede nos horários de pico, evitando-se sobrecargas e aumento a vida útil dos equipamentos da rede elétrica, reduzindo o custo de manutenção e, posteriormente o valor do KWh.

Interessante notar que este gerenciamento pelo lado da demanda requer diversas outras ações conjuntas em termos de melhoria, desenvolvimento e instalação de equipamentos na rede elétrica.

*Smart meters* são um bom exemplo de equipamentos necessários para o sucesso de um gerenciamento pelo lado da demanda. Estes equipamentos têm condições de acompanhar, registrar e gerenciar a utilização de energia em tempo real em um ponto de consumo. Com ele pode-se acompanhar as horas em que se utiliza mais energia, e com isso, alterar o perfil de consumo evitando os horários de pico.

#### 4.3. Emissão de Gases CO, CO2 e outros

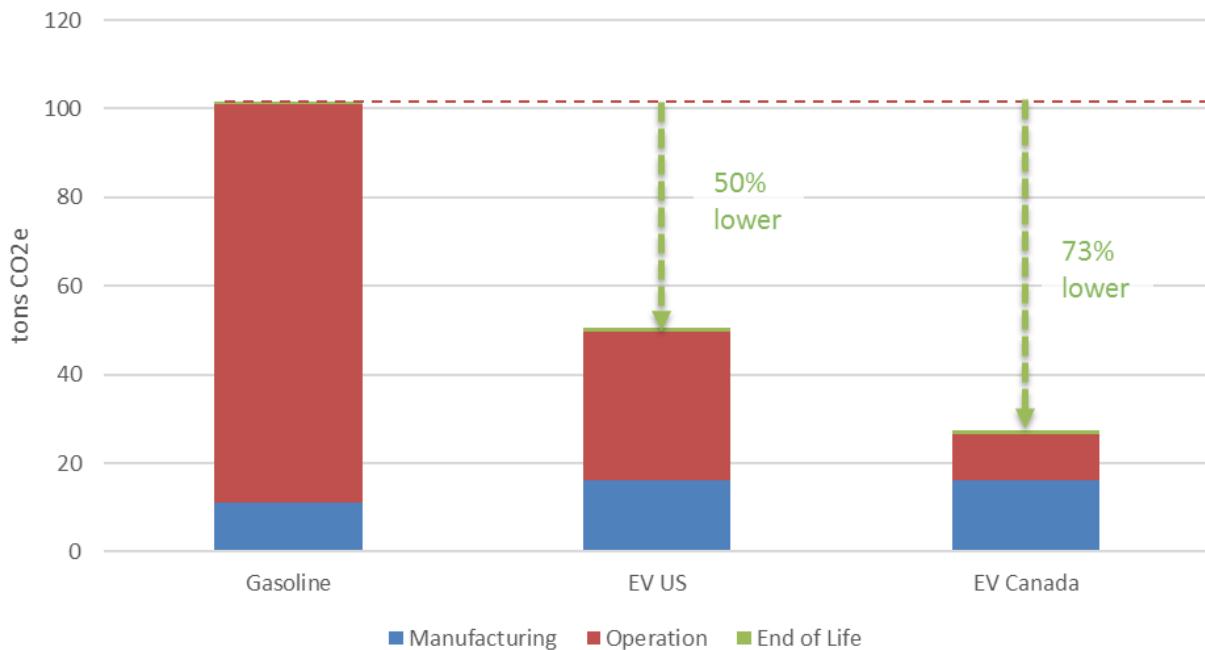
Embora a emissão de gases do efeito estufa e outros gases seja zero em veículos elétricos, para efeitos comparativos com os veículos a combustão interna deve-se levar em consideração diversas variáveis, entre elas as duas principais são:

- Quantidade de emissão de gases na produção dos principais componentes do motor elétrico e das baterias.
- Matrix energética: dependendo de qual a método de geração de energia utilizada para gerar eletricidade no uso dos motores elétricos;

A quantidade de emissão de gases na produção de motores elétricos e baterias está intrinsecamente ligada a produção de seus principais produtos, o cobre no caso dos motores e em relação as baterias o lítio, o cádmio e o níquel. Em ambos os casos, a obtenção destas matérias-primas é realizada através da mineração, atividade econômica que gera quantidades excessivas de emissão de gases nocivos.

O segundo ponto importante a ser considerado quando contabilizamos a emissão de gases no ciclo de vida de um VE, é qual a fonte geradora da energia elétrica utilizada em seus motores. Em países que tem sua matriz elétrica baseada em usinas termoelétricas, como é o caso dos EUA, o balanço final de emissão de gases nocivos aumenta consideravelmente, ao passo que em países como o Canadá e Brasil, que tem como principal fonte de geração usinas hidrelétricas este balanço é reduzido consideravelmente. O gráfico 08, mostra estas diferenças comparando as emissões de VE nos Estados Unidos e no Canadá com as emissões de veículos a combustão interna (VCI).

GRÁFICO 8. EMISSÃO DE GASES - CICLO DE VIDA VE X VCI

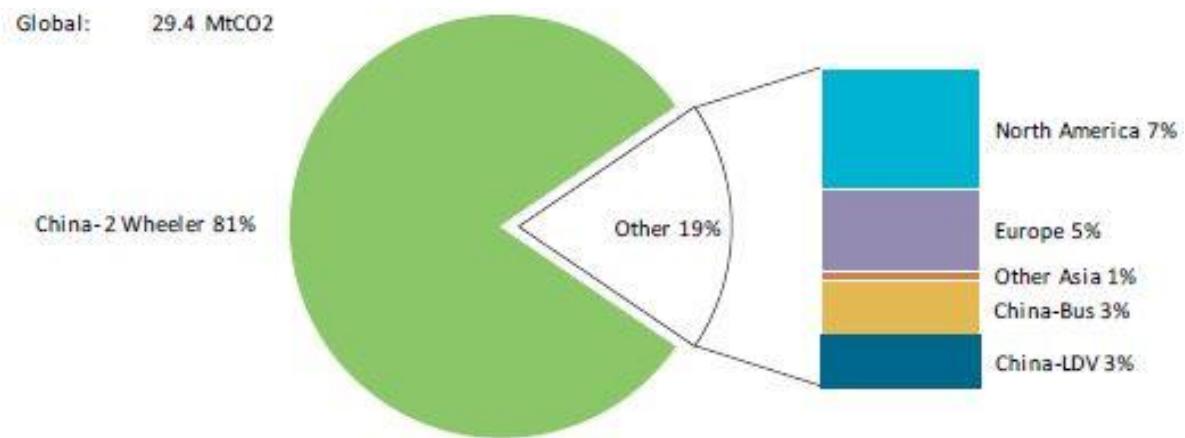


Fonte: <http://tesla.stractest.org>

O gráfico demonstra que embora a etapa de fabricação (azul) dos VE emite uma maior quantidade de gases, estes valores são compensados durante a utilização dos mesmos (marrom). Os valores acima apresentados utilizam como premissas um sedã médio com bateria de 85KWh e a quilometragem total de aproximadamente 290.000 quilômetros rodados.

Estudos conduzidos pela *International Energy Agency - IEA* (2017b) através de dados fornecidos pelos próprios países, contabilizam a quantidade não emitida de CO<sub>2</sub> em 2017 devido a utilização de motores elétricos, ao invés de motores a combustão interna em veículos leves de carga. O gráfico 09, faz uma estratificação percentual por país dos 29.4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> não emitidos devido ao uso dos VE.

GRÁFICO 9. REDUÇÃO DE EMISSÃO DE CO2



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

O gráfico mostra que dos 29.4 milhões de tonadas de CO<sub>2</sub> não emitidas para atmosfera, a China foi a responsável por 24.3 milhões deles. Este, mais uma vez, é o claro resultado dos investimentos maciços que o governo chinês vem fazendo para reduzir os níveis de poluição do ar em seu país. Além da diminuição de emissão de CO<sub>2</sub> e CO, a eletrificação de veículos de transporte reduz também a emissão de outros gases nocivos aos seres humanos, como é o caso do dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e monóxido de enxofre (SO), gases responsáveis pela chamada chuva ácida.

Um ponto negativo da eletrificação de veículos de transporte refere-se ao aumento de particulados no ar (poeira e outras partículas) que os VE causam por serem mais pesados em relação aos VCI se compararmos modelos equivalente de veículos.

Outro ponto a ser considerado como negativo é que por serem mais pesados, os VE tendem a causar maiores taxas de manutenção de vias, principalmente em países cujas vias temcapeamento com qualidade inferior, como é o caso do Brasil.

## 5. BATERIAS

### 5.1. Definições

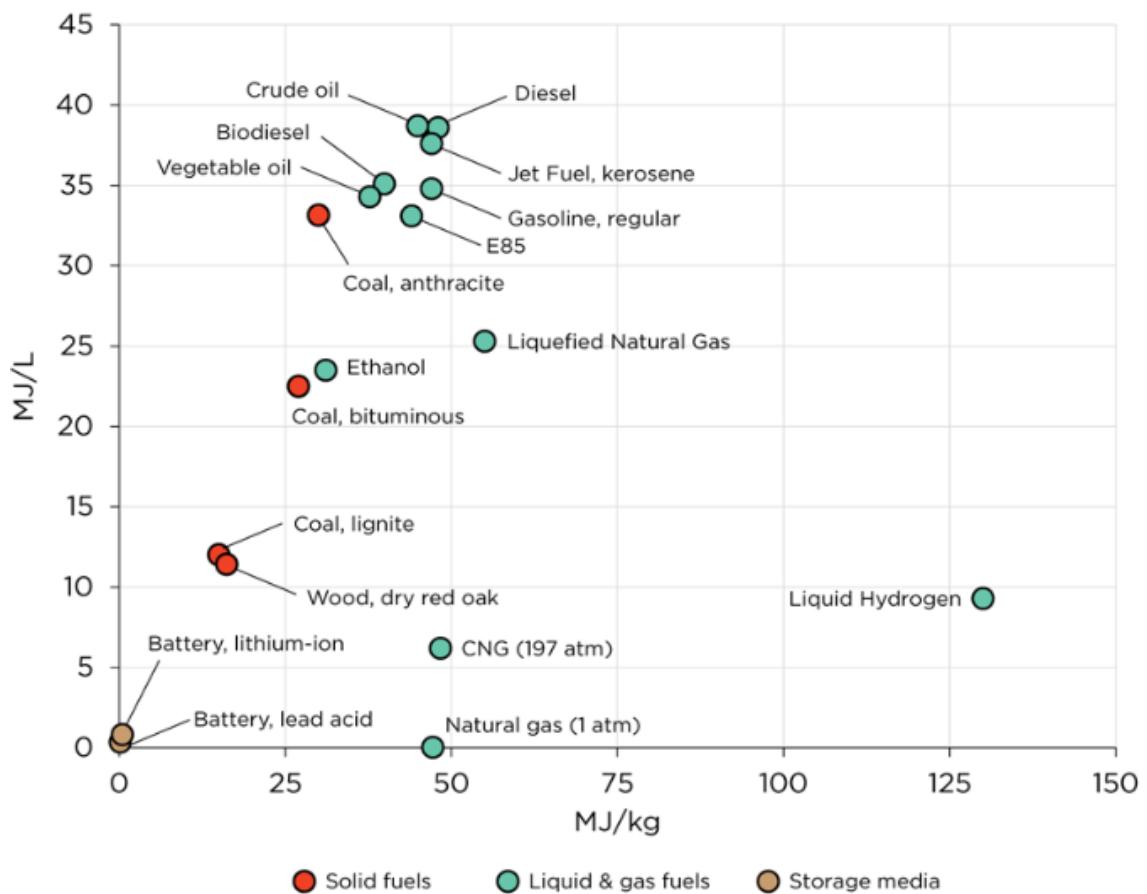
As baterias são para os veículos elétricos o que o tanque de combustível é para os veículos a combustão interna. É das baterias que o motor elétrico retira energia para produzir movimento.

Em linhas gerais, enquanto os motores a combustão têm uma taxa de conversão de energia em torno de 25% a 30%, os motores elétricos atingem taxas de conversão superiores a 90%. Por isso, para uma mesma distância, as baterias necessitam armazenar menor quantidade de energia que um tanque de combustível. Entretanto, a tecnologia de fabricação de baterias ainda não conseguiu atingir densidades de energia que sejam equivalentes a energia contida em combustíveis sólidos ou líquidos, como por exemplo, o carvão, o álcool e a gasolina.

### 5.2. Densidade de energia

O termo densidade de energia é definido como sendo a quantidade de energia contida em um material, equipamento ou sistema, por seu volume ou sua massa e suas unidades de medias são MJ/L (mega joule por Litro), e MJ/kg (mega joule por quilo) respectivamente. Tanto os combustíveis quanto as baterias utilizam estas unidades para que possam comparados entre si. O gráfico 10 abaixo, compara a densidade de energia dos principais combustíveis conhecidos até hoje.

GRÁFICO 10. DENSIDADE DE ENERGIA EM DIFERENTES BATERIAS E COMBUSTÍVEIS



Fonte: <http://ourrenewablefuture.org/>

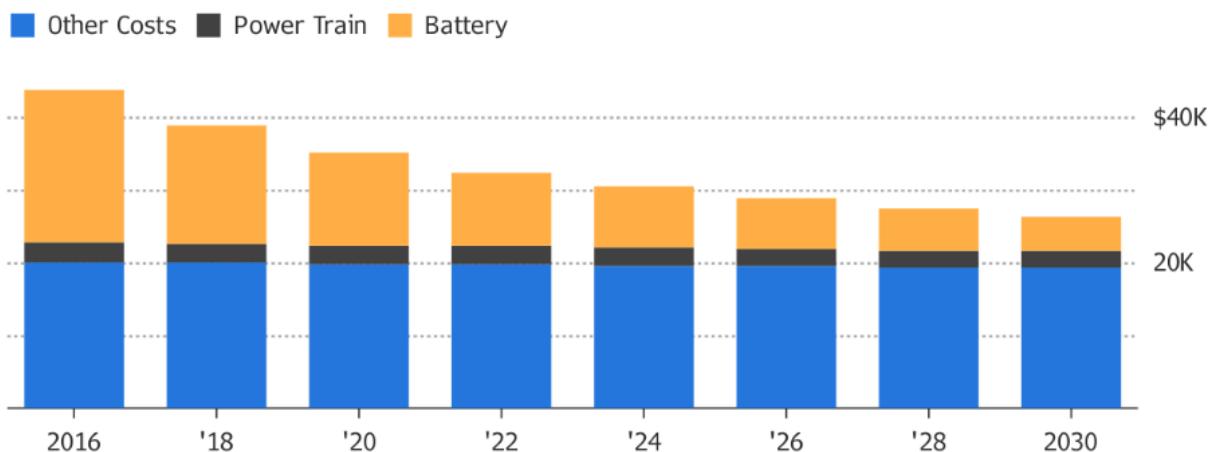
O gráfico 10, divide os combustíveis em sólidos (vermelho) e líquidos (verde), além das baterias (marrom) em chumbo ácido e lítio. Através do gráfico, percebe-se a enorme diferença entre baterias e combustíveis quando se trata de densidade de energia. Enquanto o diesel, gasolina e álcool tem densidades de 48 MJ/kg, 45 MJ/kg e 30 MJ/kg respectivamente, as baterias mais comuns nos VE têm densidades entre 0,1 MJ/kg e 0,5 MJ/kg, o que chega a significar diferenças de aproximadamente 100 vezes em termos de densidade de energia.

### 5.3. Custos

Quando consideramos os VE, sejam de pequeno ou grande porte, para uso comercial ou particular e independente da faixa de preço que ocupam, o custo da bateria é sempre relevante em relação ao custo total do veículo. Em um VE sedã de médio

porte, a bateria custa em média 40% do total do veículo. Os custos para produção de baterias vêm caindo significativa e consistentemente, pois no período 2010-2017 houve uma redução de 70% nestes custos. O gráfico 11, mostra de maneira simples, como estão divididos os custos de um VE nos itens bateria (laranja), motor & transmissão (preto) e demais partes (azul).

GRÁFICO 11. CUSTO BATERIA X VEÍCULO ELÉTRICO



Fonte: <https://www.bloomberg.com/news/articles>

Nota-se pelo gráfico, que as projeções em 2030 estimam que as baterias representem apenas 20% do custo total do VE.

Em termos unitários, o custo das baterias ou pacote de baterias (baterias + invólucro + ligações internas), é medido pela unidade de dólar por quilowatt hora (USD/KWh). O custo médio de uma bateria de íons de lítio em 2010 era cerca de 1000 USD/KWh, e hoje as pesquisas de mercado com os principais fabricantes mostram que a redução deste custo foi brutal chegando a cerca de 360 USD/KWh para baterias de pequeno porte até 155 USD/KWh para baterias maiores. Para o sedã médio, o valor médio do custo de um pacote de baterias está em cerca de 250-300 USD/KWh.

Existem alguns fatores que explicam esta redução dramática de custos, entre eles podemos citar: surgimento de novas tecnologias, aumento de demanda, entrada de novos players no mercado e ganhos em escala. Dentre os principais fabricantes de baterias para VE podemos citar: LG, Tesla, BYD, Panasonic e CATL (*Contemporary Amperex Technology Limited*). Mais à frente neste capítulo, detalharemos um pouco mais sobre as principais tecnologias e componentes das baterias.

No mercado, existe diversas previsões de custo de baterias para os próximos anos, de acordo com as diferentes perspectivas, entretanto é fácil observar que estas previsões giram em torno de 220 USD/KWh a 180 USD/KWh para o ano de 2025, ou seja, nos próximos 7 anos o custo pode cair cerca de 30% a 40% em relação aos preços observados em 2018.

O custo das baterias também varia de acordo com a sua potência. Baterias maiores com potências pouco superior a 70 KWh são em média 25% mais baratas do que baterias com capacidade de 30 a 35 KWh. Isso ocorre porque custos com sistemas de resfriamento e controle, por exemplo, podem ser diluídos em uma maior potência, reduzindo o custo total por unidade de potência.

#### 5.4. Tipos e componentes de baterias

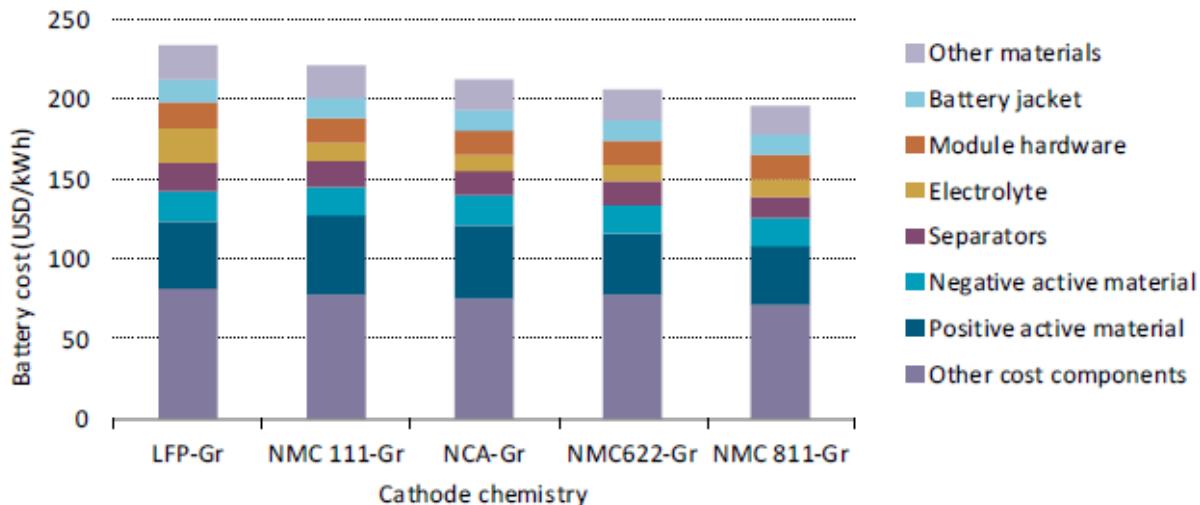
Uma bateria é composta de inúmeras células e cada célula é formada por 3 componentes principais: o anodo (polo negativo), o catodo (polo positivo) e o eletrólito. As células das baterias de íon lítio podem apresentar anodos e catodos de diversas formas e elementos químicos. Para o catodo os principais componentes químicos utilizados no mercado são:

- LFP: Lítio e Fosfato de Ferro;
- NMC: Lítio, Níquel, Manganês e Cobalto;
- LMO: Lítio e Óxido de Manganês;
- NCA: Lítio, Níquel, Cobalto e Óxido de Alumínio.

Já para o anodo as variações principais são duas: Grafite (Gr) ou Lítio e Óxido de Titânio (LTO). Quanto ao eletrólito, as baterias contêm solventes orgânicos e diferentes tipos de sais.

As baterias mais utilizadas para veículos de pequeno porte (automóveis e caminhões leves urbanos), são as de NMC e NCA devido a sua maior densidade de energia, ao passo que caminhões e ônibus tendem a utilizar baterias de LFP, pois embora tenham menor densidade de energia, suportam maior quantidade de ciclos de recarga e são mais seguras. O gráfico 12, compara em termos de custo os principais tipos de bateria utilizados nos VE hoje em dia. A comparação foi realizada utilizando-se os custos para a produção de uma bateria de 35 KWh.

GRÁFICO 12. CUSTO MÉDIO DE BATERIAS POR TECNOLOGIA

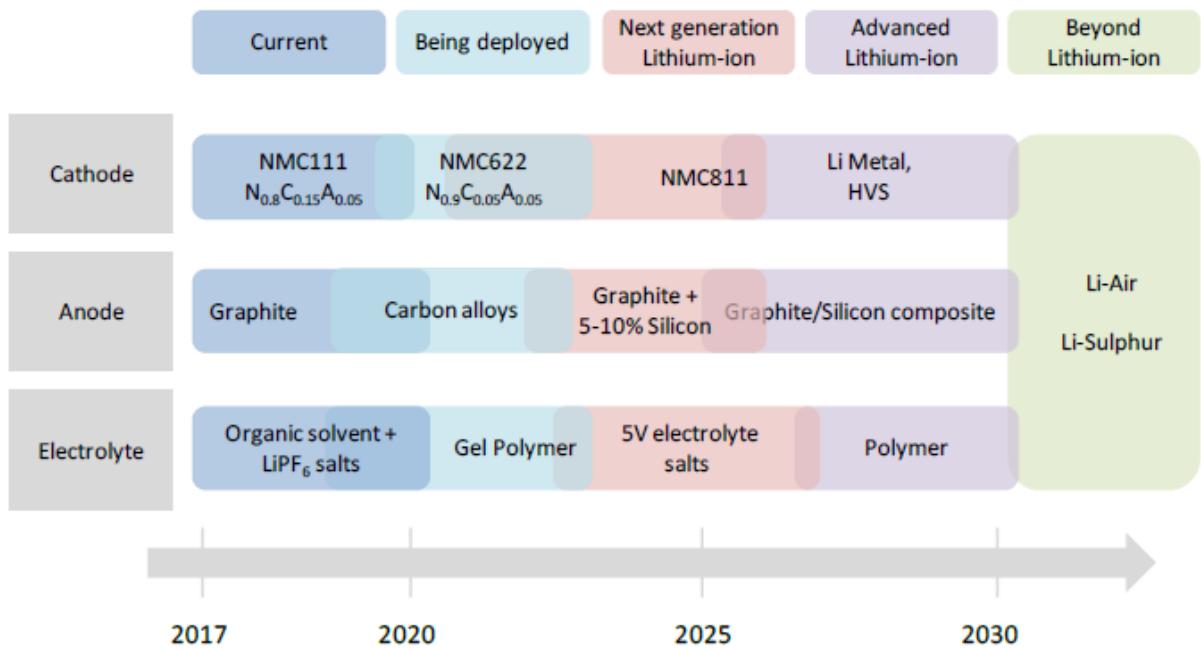


Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

A densidade de energia das baterias de NMC está diretamente ligada a quantidade de níquel presente em sua composição, pois quanto maior a quantidade de níquel, maior a densidade de energia da bateria neste modelo. A principal mudança entre os três modelos apresentados no gráfico acima, NMC 111-Gr, NMC 622-Gr e NMC 811-Gr, é a quantidade de níquel presente em cada um sendo o modelo NMC 111-Gr o que contém menor quantidade e o modelo NMC 811-Gr é o que contém maior quantidade de nível e consequentemente a maior densidade de energia. Infelizmente, como um “efeito colateral”, quando se aumenta a concentração de níquel, reduz-se a estabilidade térmica da bateria, diminuindo seu tempo de vida útil e sua segurança operacional.

Estudos recentes demonstram que as baterias com tecnologia baseadas em íons de lítio ainda tendem a ser a tecnologia dominante para a próxima década. Estima-se que em 2030, a densidade de carga das baterias de íons de lítio seja bastante superior à que temos hoje, levando esta tecnologia ao seu limite. Entretanto, mesmo que novas tecnologias surjam nos próximos anos, é pouco provável que estejam em produção até o final de 2030, pois entre o processo de pesquisa até a produção em massa para uso comercial, existe um tempo de preparação e maturação do mercado para introduzir estas novas tecnologias. A figura 08 abaixo, traz um resumo das principais tecnologias que se espera estarem presentes no mercado de VE nos próximos anos.

FIGURA 8. TECNOLOGIAS DOMINATES PARA A PRÓXIMA DÉCADA



Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

Em termos de tamanho, as baterias podem variar bastante em função do tipo de VE a que se destinam. Por exemplo, na China a potência das baterias para veículos urbanos de pequeno porte, está entre 18 a 23 KWh, considerando que estes veículos têm como principal característica serem de baixo custo. Em contrapartida, sedãs elétricos de passeio vendidos na Europa e os Estados Unidos utilizam baterias com faixas de potência entre 23 a 60 KWh, já os adorados SUV carregam baterias com potências entre 75 a 100 KWh.

Quando o assunto são os veículos de duas rodas, a potência das baterias, por razões óbvias são bem menores. Motos elétricas têm pacotes de baterias que variam entre 1,5 a 4,0 KWh embora a sua complexidade construtiva seja menor que a dos carros elétricos, a sua baixa potência faz com o que o custo de sua bateria por KWh seja alto e com grande variação, oscilando entre 240 a 550 USD/KWh.

## 5.5. Capacidade de fabricação

Um fator limitante encontrado no mercado de VE hoje em dia é a capacidade de produção e disponibilidade de baterias. Os fabricantes de automóveis detêm parques industriais que facilmente podem ser modificados para a produção de veículos elétricos em termos de novas carroças e componentes, assim como as indústrias de motores elétricos, têm tecnologia suficiente para produzir produtos que atendam as especificações destes motores específicos. Entretanto, quando se fala em baterias de lítio e de outros componentes, não existe ainda um mercado maduro e com grande capacidade de produção para atender altas demandas para a indústria de VE. A figura 09, mostra os principais fabricantes de baterias de íons de lítio presentes no mercado em 2018 e também algumas fabricantes que tem planos de entrar neste mercado nos próximos anos.

FIGURA 9. PROJETOS E FABRICANTES DE BATERIAS DE ÍONS DE LÍTIO

Country	Manufacturer	Production capacity (GWh/year)	Year of commissioning	Source
<b>Operational</b>				
China	BYD	8	2016	TL Ogan (2016)
United States	LG Chem	2.6	2013	BNEF (2018)
Japan	Panasonic	3.5	2017	BNEF (2018)
China	CATL	7	2016	BNEF (2018)
<b>Announced</b>				
Germany	TerraE	34	2028	TerraE (2017)
United States	Tesla	35	2018	Tesla (2018b)
India	Reliance	25	2022	Factor Daily (2017)
China	CATL	24	2020	Reuters (2017f)
Sweden	Northvolt	32	2023	Northvolt (2017)
Hungary	SK Innovation	7.5	2020	SK innovation (2018)

Fonte: *Global EV Outlook (IEA, 2018)*

A fabricante de veículos elétricos Tesla em sua *Gigafactory 1* estima ter alcançado no final de julho de 2018 a marca de 20 GWh em baterias produzidas com potência entre 75 a 100 kWh para atender as unidades fabricadas de seu mais novo lançamento o *Model 3*.

## 6. POLÍTICAS DE INCENTIVO A ADOÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

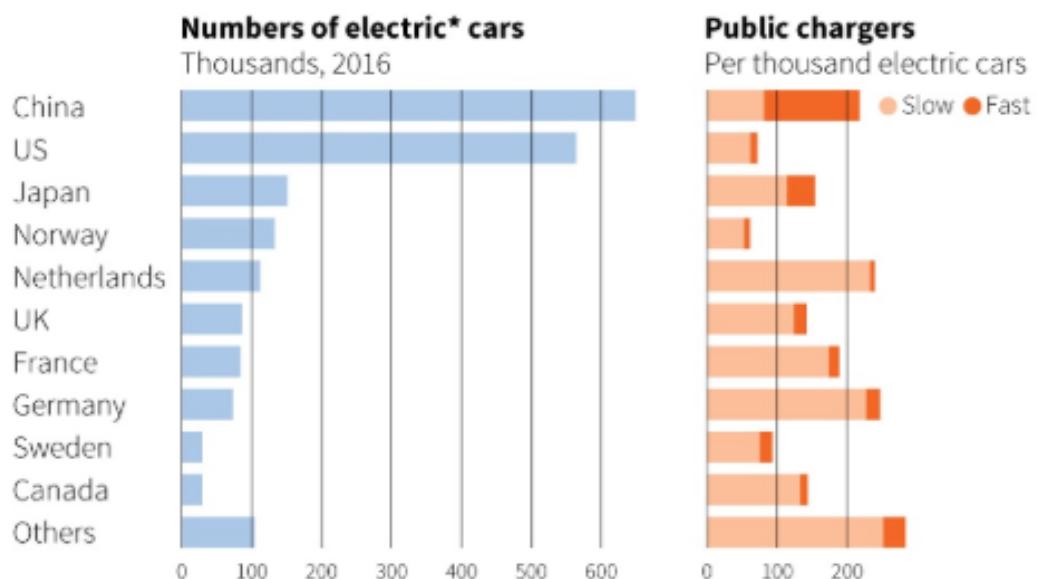
Sabemos que a eletrificação do transporte rodoviário é um caminho sem volta. Para que esta eletrificação seja realizada de uma maneira suave e planejada, é essencial que os governos, principalmente a nível nacional, adotem políticas públicas para o desenvolvimento deste setor na economia. Alguns países europeus, além de China, Índia e Estados Unidos, têm adotado políticas significativas para incentivar este mercado.

As políticas de incentivo variam de forma significativa de país para país, e têm obtido diferentes resultados em cada região. Os incentivos podem se dar através de renúncias fiscais, vantagens em relação a restrições urbanas de mobilidade, como por exemplo, a isenção do rodízio de veículos na cidade de São Paulo, ou até mesmo através da obrigatoriedade de cumprimento de certos padrões durante a construção de prédios e espaços públicos, com o objetivo de que estes novos empreendimentos já estejam adaptados a demandas futuras de VE, como é o caso da exigência de instalação de pontos de recargas em projetos de novos prédios na China. A seguir, vamos apresentar e discutir algumas das principais políticas de incentivo que países ao redor do mundo têm adotado para acelerar a implantação dos veículos elétricos em seus sistemas de transporte.

### 6.1. Políticas para a implantação de pontos de recarga

Pontos públicos de recarga criados com investimentos governamentais: para estes pontos é importante garantir que eles tenham alta taxa de utilização, pois isto é crucial para que os investimentos públicos sejam justificados, além de tornar o mercado mais atrativo para a iniciativa privada. A diretiva europeia para infraestrutura de combustíveis alternativos (AFI), sugere que a relação entre VE e pontos de recarga públicos seja de 1 ponto de recarga público para cada 10 VE. Para efeitos comparativos, o gráfico 13 mostra esta relação nos principais mercados de veículos elétricos.

GRÁFICO 13. RELAÇÃO VE X PONTOS DE RECARGA

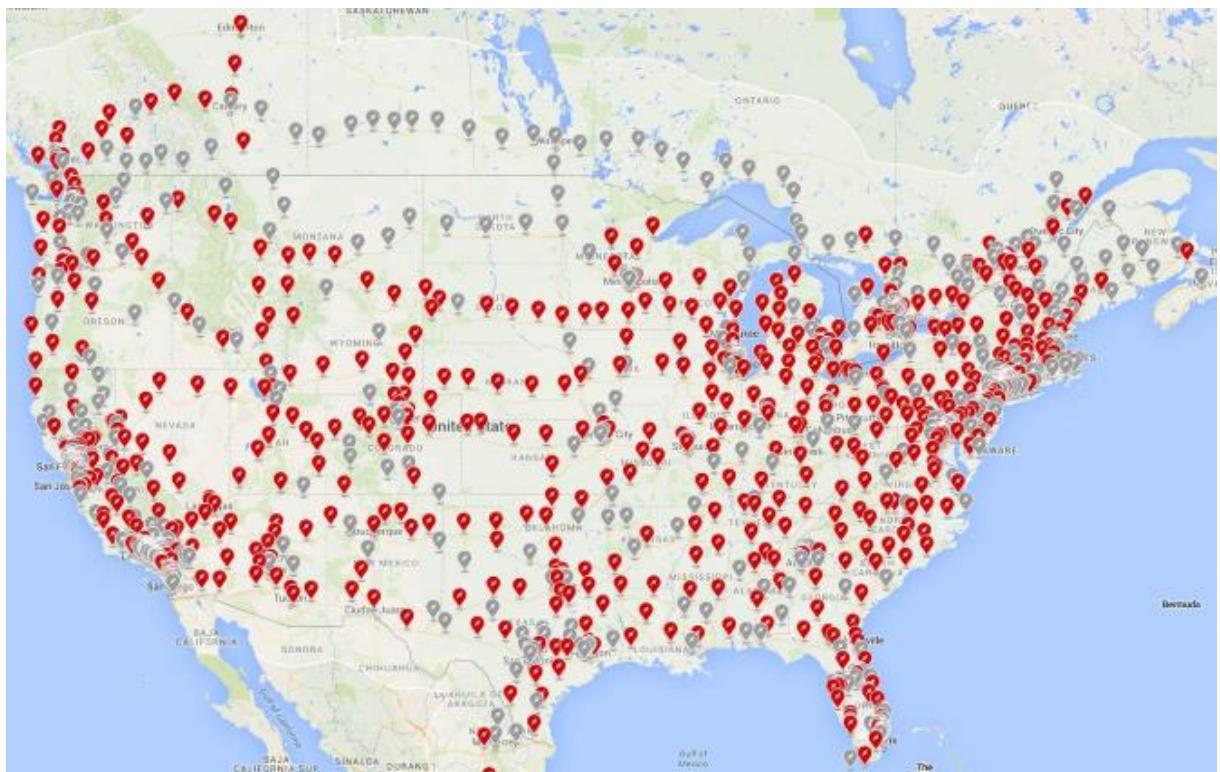


Fonte: <https://www.autoblog.com/2017/11/03/ionity-ev-charging-network-europe-bmw-daimler-ford-vw/>

De acordo com a IEA, no ano de 2016 diversos países europeus apresentavam uma quantidade maior de pontos públicos de recarga do que VE, o que indica que os governos locais investiram consideravelmente em expansão de pontos de recargas como uma forma de fomentar e se antecipar a demandas futuras. Já países como China e Estados Unidos, têm de 3 a 7 vezes mais VE do que pontos de recarga.

Do ponto de vista privado, muito pode ser feito pelos fabricantes de automóveis quando se trata de pontos de recarga. Empresas como a Tesla, BMW e a General Motors, têm instalado pontos de recarga em locais onde a venda de seus veículos tem ocorrido. De acordo com o website da fabricante, a Tesla tem cerca de 1.359 estações de recarga com 11.234 pontos disponíveis. Na figura 10, um mapa com a localização destas estações de recarga nos EUA.

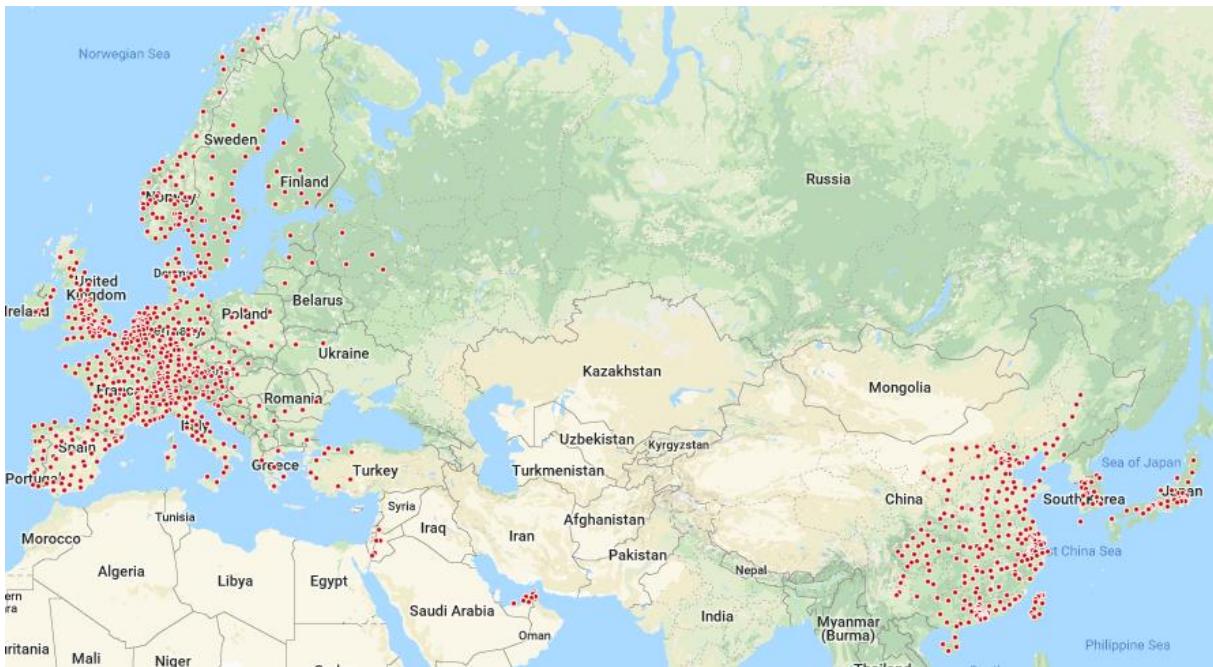
FIGURA 10. PONTOS DE REGARGA DA TESLA NOS EUA



Fonte: <https://www.tesla.com/supercharger>

Os pontos em vermelho no gráfico representam estações de recarga em operação, enquanto os pontos cinzas mostram os pontos em recarga que estão na fase de construção. Pelo gráfico, é possível notar também que a rede de estações de recarga está se expandindo além da fronteiras norte-americanas, com estações de recargas presentes ao sul do Canadá e México. Já no continente europeu a Tesla também está bastante presente, conforme mapa da figura 11:

FIGURA 11. PONTOS DE REGARGA DA TESLA NA EUROPA E ÁSIA



Fonte: <https://www.tesla.com/supercharger>

Observa-se que existe uma grande concentração de estações de recarga na parte central da Europa em países como Alemanha, França, Bélgica, Holanda e Inglaterra, e também no sudeste da Ásia, com menção especial a China, Coréia do Sul e Japão. Embora não representado no mapa acima, a Austrália e Nova Zelândia também têm diversas estações de recarga da Tesla.

Ainda na esfera privada, existem diversas empresas que exploram o desenvolvimento e expansão de estações de recarga de VE de diferentes marcas. Nos EUA, a *Charging Point* é um grupo privado que é dono de mais de 30.000 pontos de recarga espalhados ao redor do país, sendo a maior empresa deste setor em solo americano. Além de capital próprio, a *Charging Point* tem acordos de parcerias comerciais com empresas automobilísticas como a BMW e a VW para a criação de corredores de estações de recarga. Hoje, já é possível viajar por mais de 1.800 Km na costa leste dos Estados Unidos, desde a cidade de Portland no Norte até do país até San Diego próximo da divisa com o México. Já na costa oeste, foi desenvolvido um corredor de cerca de 700 Km de distância entre Boston e Washington D.C.

6.2. Políticas de redução de preço e aumento de competitividade dos VE

Políticas públicas podem influenciar através de leis, impostos, restrições e vantagens, o aumento da competitividade e penetração dos VE mercado automobilístico.

A Holanda tem um imposto sobre aquisição de veículos chamado BPM (*Bijzondere Verbruiksbelasting van Personenauto's*), que em português significa “Imposto Especial de Consumo de Carros de Passageiros”. Este imposto é calculado de acordo com a quantidade de CO<sub>2</sub> que os veículos emitem, ou seja, quanto menos poluente for um veículo, menor é o valor de imposto a ser pago. Assim, os veículos a combustão interna que tem o diesel como combustível, são que pagam os impostos mais altos, já os híbridos têm descontos consideráveis devido à baixa emissão de poluentes por quilômetro rodado e por fim os veículos 100% elétricos que estão isentos deste imposto por serem considerados veículos com emissão ZERO. Esta política, além de estimular a escolha por veículos menos poluentes tem como um bom efeito colateral, estimular também a escolha por veículos mais energeticamente eficientes.

De acordo com resultados de pesquisas da Agência Internacional de Energia (IEA, 2018b), realizadas na Noruega, apontam que políticas de redução do VAT, em português IVA (Imposto sobre Valor Agregado), redução da taxa de licenciamento, acesso livre em rodovias com pedágios e compensação da taxa de rodagem são, nesta ordem, os maiores incentivos para a compra de um veículo elétrico segundo proprietários de veículos.

No Brasil, existem projetos e leis municipais, estaduais e federais que foram criadas com o objetivo de fomentar e expandir o uso de veículos elétricos pelos cidadãos brasileiros. Em São Paulo no ano de 2014, foi promulgada a Lei Nº 15.997 que estabelece uma política municipal de incentivo a adoção de veículos híbridos e elétricos com a devolução da chamada quota-parte do IPVA pertencente ao município (25%). Temos também no estado de São Paulo a Lei Ordinária 6545 2017 de São Bernardo do Campo SP que define em seu artigo primeiro, que a prefeitura incentivará o uso de veículos automotores que não poluem o meio ambiente, através da devolução de 25% do IPVA durante os primeiros 5 anos de licenciamento para

veículos com valor inferior a R\$ 170.000,00. A lei especifica de maneira genérica, os tipos de veículos que receberão este benefício fiscal:

- I - os impulsionados a energia elétrica;
- II - os impulsionados a hidrogênio;
- III - os chamados "híbridos", movidos com motores elétricos e a combustão; e
- IV - aqueles que utilizam ou vierem a utilizar motores a propulsão ou tecnologias inovadoras, comprovadamente, não poluentes, conforme definido pela Política Municipal de Meio Ambiente, Lei nº 6.163, de 21 de novembro de 2011.

Segundo a ABRAVEi (Associação Brasileira de Proprietários de Veículos Inovadores), existem diversas ações que o governo a nível nacional, pode exercer para aumentar a quantidade de VE no mercado de veículos brasileiro, entre elas podemos citar:

- Criação de Infraestrutura de Recarga, através do incentivo fiscal a empresas privadas que queiram investir neste setor no Brasil;
- Redução do IPVA;
- Isenção de pagamento de taxa de estacionamento, as chamadas Zona Azul;
- Incentivo a conversão de motores a combustão interna para motores elétricos;
- Incentivos a empresas e profissionais que utilizarem veículos elétricos;
- Plano de transporte público envolvendo a compra de VE ao invés de VCI, dando o exemplo a sociedade e aos cidadãos;
- Criar parcerias público-privadas para desenvolver a profissionais qualificados para trabalharem na manutenção de veículos elétricos;
- Isenção do Rodízio (São Paulo);
- Permissão para os VE andarem em faixas exclusivas de ônibus.

Embora os VE sejam recheados de novas tecnologia, eles ainda seguem o mesmo padrão vigente e antiquado quanto ao seu processo de aquisição. A adoção de políticas com foco na redução do custo inicial de aquisição de VE por parte dos fabricantes, alavancaria as vendas e aumentaria a competitividade dos VE em relação ao VCI.

Tendo o conhecimento que as baterias nos VE representam cerca de 40% do custo total do veículo, uma maneira simples e direta de reduzir o valor de aquisição, seria criar um modelo de negócios no qual a bateria não fosse parte integrante dos veículos, sendo assim adquirida, por exemplo, através de um contrato de aluguel entre a montadora e o comprador do VE. Este novo modelo de negócio, reduziria drasticamente o custo inicial do VE, além de resolver outra preocupação do futuro proprietário: a longevidade e posterior troca da bateria. Esta simples alteração na política de vendas de VE, pode incentivar de maneira imediata e significativa a comercialização de VE, e por consequência, também criar novas demandas de serviços, melhorando e fomentando toda a cadeia produtiva desta nova indústria.

## 7. REGULAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS E COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA PARA OS VE

### 7.1. Disposições gerais

Ainda hoje, a comercialização de veículos elétricos no Brasil é restrita a veículos de pequeno porte e de carga com velocidade reduzida. Os modelos apresentados no capítulo 2, são importados por suas respectivas marcas para o mercado brasileiro, por empresas que têm unidades produtivas no Brasil. O governo, com o intuito de regular e incentivar a adoção, produção e comercialização de VE no país, lançou o PROJETO DE LEI DE CONVERSÃO Nº 27, DE 2018, que é proveniente da Medida Provisória nº 843, de 2018, e que passa a vigorar a partir de 24 de novembro de 18.

Este projeto de lei, visa estabelecer os requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos no território brasileiro, além de instituir um programa chamado Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística e dispõe sobre o regime tributário de autopeças não produzidas.

### 7.2. Projeto de Lei de Conversão nº 27, de 2018

A regulamentação com base no projeto de lei (PL) nº27 para produção e importação de VE no Brasil, abrangerá diversos itens. Abaixo, faremos uma análise dos principais artigos que compõem este projeto de lei:

Artigo 1º - define os objetivos deste PL que estabelecerá os requisitos obrigatórios para a venda de veículos novos produzidos no território nacional ou importados que estejam classificados nos códigos 87.01 a 87.06 da Tabela de incidência de Impostos sobre Produtos Industrializados (TIP). Itens como a rotulagem veicular, eficiência energética e desempenho estrutural associado a tecnologias assistidas à direção servirão de parâmetros quantitativos e qualitativos para a regulamentação do setor automobilístico. A controle destes requisitos deverá ser realizado pelo Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, que definirá os detalhes relacionados a cumprimentos de termos e prazos.

Artigo 2º - Trata da redução da alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI), ação que visa prover incentivos para a produção de veículos elétricos e híbridos. As tabelas 01 e 02, mostram como era o cálculo do IPI antes e como será a partir da aprovação deste PL.

**TABELA 2. TABELA DE INCIDÊNCIA DE IMPOSTO SOBRE PRODUTOS INDUSTRIALIZADOS (TIPI) 2017**

Código TIPI	Descrição	Alíquota (%)
8703.60.00 (Veículos Híbridos Plug-in)	Outros veículos, equipados para propulsão, simultaneamente, com um motor de pistão alternativo de ignição por centelha (faísca*) e um motor elétrico, suscetíveis de serem carregados por conexão a uma fonte externa de energia elétrica	25
	Ex 01 - De cilindrada não superior a 1.000 cm <sup>3</sup>	7
	Ex 02 - De cilindrada superior a 1.000 cm <sup>3</sup> , mas não superior a 2.000 cm <sup>3</sup>	13
8703.40.00 (Veículos Híbridos)	Outros veículos, equipados para propulsão, simultaneamente, com um motor de pistão alternativo de ignição por centelha (faísca*) e um motor elétrico, exceto os suscetíveis de serem carregados por conexão a uma fonte externa de energia elétrica	25
	Ex 01 - De cilindrada não superior a 1.000 cm <sup>3</sup>	7
	Ex 02 - De cilindrada superior a 1.000 cm <sup>3</sup> , mas não superior a 2.000 cm <sup>3</sup>	13
8703.80.00 (Veículos Elétricos)	Outros veículos, equipados unicamente com motor elétrico para propulsão	25

Fonte: própria

A tabela 01, mostra de acordo com a classificação dos códigos da Tabela de Incidência do Imposto sobre Produtos Industrializados (TIPI), o valor de imposto cobrado sobre cada tipo de veículo, entre eles os veículos híbridos, híbridos plug-in e veículos elétricos.

TABELA 3. ANEXO AO DECRETO N° 9.442, DE 5 DE JULHO, DE 2018

CÓDIGO DA TIPI	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EE) (MJ/km)	MASSA EM ORDEM DE MARCHA (MOM) (kg)	ALÍQUOTA (%)
8703.40.00 e 8703.60.00 (Veículos Híbridos)	EE menor ou igual a 1,10	MOM menor ou igual a 1400	9
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	10
		MOM maior que 1700	11
	EE maior que 1,10 e menor ou igual a 1,68	MOM menor ou igual a 1400	12
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	13
		MOM maior que 1700	15
	EE maior que 1,68	MOM menor ou igual a 1400	17
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	19
		MOM maior que 1700	20
8703.80.00 (Veículos Elétricos)	EE menor ou igual a 0,66	MOM menor ou igual a 1400	7
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	8
		MOM maior que 1700	9
	EE maior que 0,66 e menor ou igual a 1,35	MOM menor ou igual a 1400	10
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	12
		MOM maior que 1700	14
	EE maior que 1,35	MOM menor ou igual a 1400	14
		MOM maior que 1400 e menor ou igual a 1700	16
		MOM maior que 1700	18

Fonte: própria

Criando um paralelo entre as tabelas 01 e 02, podemos observar os seguintes fatores:

1. As alíquotas de imposto foram sensivelmente reduzidas;
2. A forma de classificação das faixas de impostos foi alterada. Até 2017, o valor do imposto era calculado de acordo com a potência do veículo, já após o

decreto 9442 de 2018, o cálculo do imposto é realizado de acordo com a chamada Massa de Ordem em Marcha (MOM) e a eficiência energética do veículo.

A MOM é definida como a massa do veículo completo em ordem de marcha, sendo expressa em kg, conforme definido pela Norma ABNT NBR ISSO 1176:2006. Já a eficiência energética indica quão eficiente o veículo é na transformação de energia química e/ou elétrica em energia cinética.

A alteração nos parâmetros de definição das faixas da alíquota de IPI de potência para eficiência energética, demonstram que o governo também acredita ser importante incentivar a importação e produção de veículos que sejam mais modernos, que consumam menos energia, e que agredam menos a natureza.

Artigo 3º - neste artigo estão contidas informações sobre a multa de 20% sobre a receita recorrente da venda do veículo a qual o fabricante e/ou importador estão sujeitos devido a falta do ato de registro dos compromissos indicados no artigo 1º.

Artigo 4º - informa as penalidades a serem aplicadas a fabricantes e importadores de veículos relacionadas ao não cumprimento das metas de eficiência energética. O valor destas penalidades aumenta de acordo com o distanciamento dos valores relacionados a quantidade de energia medida em MJ gasta para cada quilômetro rodado de acordo com a tabela 2, acima.

Artigo 5º - define multas relacionadas ao descumprimento das metas de rotulagem veicular de abrangência nacional ou de desempenho estrutural associado a tecnologias de direção assistida

Artigo 7º - institui o programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, com o objetivo de apoiar o desenvolvimento tecnológico, a competitividade, a inovação, a segurança veicular, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade de automóveis, caminhões, ônibus, chassis com motor e autopeças.

Artigo 8º - informa as diretrizes do programa Rota 2030 que são: incrementar a eficiência energética, o desempenho estrutural e a disponibilidade de tecnologias à direção assistida dos veículos comercializados no Brasil; aumentar os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação; estimular inovações e novas tecnologias, de acordo com as últimas tendências do mercado; aumentar a produtividade das

indústrias no Brasil de mobilidade e logística com a forte automatização das linhas de produção; promover o uso de biocombustíveis e de formas alternativas de propulsão e valorizar a matriz energética brasileira; e finalmente integrar a indústria automotiva brasileira às cadeias globais de valor tornando a indústria brasileira competitiva com os demais mercados mundiais.

Artigo 9º - define os requisitos para a habilitação das empresas a participar do Programa Rota 2030. Os requisitos contemplam a presença de unidades fabris de automóveis e autopeças no país ou a importação destes mesmos produtos; execução de projetos de desenvolvimento e produção tecnológica de novas plantas; etc.

Artigo 13º - institui o chamado Grupo de Acompanhamento do Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, que tem como representantes o Ministério da Fazenda, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, e o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, e tem o objetivo de definir os critérios para monitoramento dos impactos do programa.

Artigo 27º - As políticas públicas e as regulações dirigidas ao setor automotivo observarão os objetivos e as diretrizes do Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, ou seja, a partir de 24 de novembro de 18.

**7.3. Regulação ANEEL sobre comercialização de energia para recarga de VE**  
A Agência Nacional de Energia Elétrica publicou a Resolução Normativa nº 819 de 19 de junho de 2018, que estabelece os procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos. Esta resolução normativa teve como base além dos estudos da própria ANEEL, as contribuições enviadas por 34 instituições, entre elas distribuidoras, fabricantes de equipamentos do setor elétrico, consumidores, associações, entre outros através da Audiência Pública nº 029/2017, referente à proposta de regulamentação de aspectos relativos ao fornecimento de energia elétrica para recarga de veículos elétricos. Abaixo, faremos uma análise dos principais artigos que compõem esta resolução normativa:

Artigo 1º - este artigo apresenta os objetivos desta resolução normativa, que é o de estabelecer os procedimentos e as condições para a realização de atividades de

recarga de veículos elétricos por concessionárias e permissionárias de serviço público de distribuição de energia elétrica, doravante denominadas distribuidoras, e demais interessados.

Artigo 2º - define o que são:

1. **Veículos elétricos:** veículo movido por um motor elétrico em que as correntes são fornecidas por uma bateria recarregável ou por outros dispositivos portáteis de armazenamento de energia elétrica;
2. **Estação de recarga:** local no qual existem equipamentos utilizados para o fornecimento de corrente alternada ou contínua ao veículo elétrico;
3. **Ponto de recarga:** ponto de recarga: ponto de conexão do veículo elétrico à estação de recarga.

Artigo 3º - discorre sobre as informações a serem repassadas pelo proprietário da estação de recarga a distribuidora antes da sua efetiva instalação e operação.

Artigo 4º - define que a responsabilidade dos custos referentes a adequação da rede de distribuição e do e do sistema de medição deve seguir os critérios dispostos nas Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica e nos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.

Artigo 5º - informa que a distribuidora pode a seu critério participar deste mercado ou não, desde que dentro da sua área de concessão.

Artigo 9º - define que é permitido a recarga de veículos elétricos de propriedade distinta do titular da unidade consumidora, inclusive para fins de exploração comercial a preços livremente negociados.

Artigo 10º - proíbe a injeção de energia elétrica na rede de distribuição provenientes dos veículos elétricos, assim como a participação no Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

Artigo 11º - discorre sobre procedimentos e definições referentes a entrada das distribuidoras no mercado de recarga de veículos elétricos, sendo importante notar que o valor de venda de energia neste caso, dar-se-á com respeito a preços livremente negociados entre as partes, sendo esta atividade econômica separada e distinta de suas atividades do contrato de concessão ou permissão com o estado.

Segundo a própria ANEEL, esta resolução foi criada com o objetivo de regular o mercado de forma discreta, demonstrando um posicionamento menos intervencionista do Estado no mercado de energia e principalmente na economia.

O advento dos veículos elétricos no Brasil ainda está em um estágio inicial, se compararmos ao mercado de veículos a combustão interna, e tem previsões de crescimentos modestos em números absolutos nos próximos anos. Desta forma, o governo entende que exercer um papel de forma discreta neste momento, tende a fomentar a inserção e consequentemente novos serviços, neste novo mercado que surge no país.

## 8. O FUTURO DO VEÍCULO ELÉTRICO E MELHORIAS NA LEGISLAÇÃO ATUAL

### 8.1. O Futuro dos veículos elétricos

De acordo com o *Global EV Outlook* (2018), levando-se em conta as políticas públicas e ações que estão em sendo realizadas no mundo e excluindo-se os veículos de duas e três rodas, a previsão para 2020 é que tenhamos cerca de 13 milhões de veículos elétricos no mundo e que já em 2030, este número supere a marca de 130 milhões de unidades, isso excluindo-se os veículos elétricos de duas e três rodas. A projeção de vendas em termos anuais em 2020 é de cerca de 4 milhões de unidades, chegando a aproximadamente 21,5 milhões de unidades comercializadas em 2030. Estes números representam um crescimento esperado de 25% por ano para o mercado de veículos elétricos. Destes totais, estima-se que 97% deles seja de veículos leves de carga e de passeio, e os 3% restantes de ônibus e caminhões de grande porte.

Em termos de veículos de duas e três rodas, o cenário também é bastante otimista. Dos espantosos 300 milhões de VE de duas e três rodas registrados em 2017 (grande maioria na destas unidades registradas na China e Índia), estima-se que chegaremos a 2030 com cerca de 455 milhões de unidades em todo o mundo. Este valor representará em 2030 aproximadamente 39% do mercado global destes tipos de veículos.

Estima-se que as áreas urbanas sejam mais rapidamente ocupadas com os veículos elétricos e isto se deve a alguns fatores, tais como:

- Ao apelo ecológico que dos VE, com emissão ZERO de gases como CO e CO<sub>2</sub>;
- Utilização para viagens de pequenas distâncias diárias;
- Maior disponibilidade de pontos de recarga em uma mesma área;
- Cidades também podem ser impactadas positivamente pela inserção de novas tecnologias como carros autônomos, aumentando a eletrificação de suas frotas.

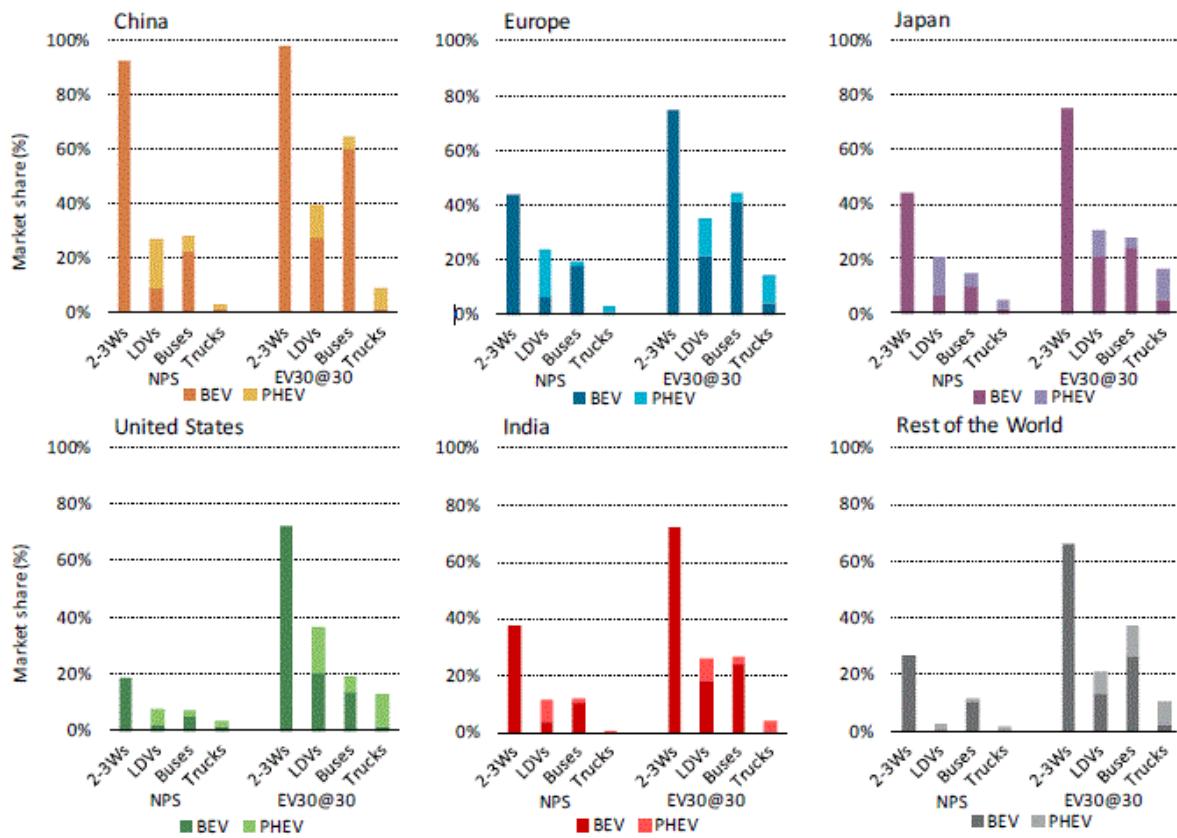
A eletrificação de ônibus em centros urbanos também tende a ser acelerada em relação aos ônibus que trafegam entre cidades, por exemplo. Estima-se que a quantidade de ônibus nas áreas urbanas chegue a quase 1,5 milhões de unidades em 2030, comparado com os 370.000 registrados até 2017. A fatia de mercado que os ônibus elétricos terão em 2030 não deve ultrapassar os 15% das vendas de novas unidades em escala global.

Os caminhões, assim como os ônibus terão uma eletrificação menos acentuada se comparado com os veículos de pequeno porte. Estima-se que a quantidade de caminhões nas estradas não ultrapasse 1 milhão de unidades em 2030, hoje este número não passa de algumas centenas de unidades, grande parte delas ainda em período de testes. A representatividade dos caminhões elétricos em relação aos caminhões a Diesel não deve ser superior a 1%, demonstrando que mesmo nos cenários mais otimistas, a eletrificação de veículos de carga de grande porte irá levar décadas para ser concluída. Alguns são os fatores que dificultam a eletrificação destes veículos, entre eles podemos citar:

- Exigem muita potência em seus motores, para movimentar os elevados pesos de suas cargas;
- Geralmente rodam grande parte do tempo entre cidades e fora de centros urbanos, onde a infraestrutura para carregamento das baterias tende a ser mais escassa;
- As baterias precisam de pontos de recarga com alta potência, para carregar grandes cargas em um curto espaço de tempo;
- O custo para fabricação de baterias nesta escala de tamanho ainda é muito alto, e com as tecnologias que conhecemos hoje, estes custos retiram a competitividade e inviabilizam o investimento nestes tipos de veículos.

Na figura 12, podemos analisar de forma simplicista dois diferentes cenários em relação ao futuro dos veículos elétricos nos próximos anos. O primeiro cenário NPS (*New Policies Scenario*), é conservador e tem como base as políticas públicas e ações que já estão em vigor hoje, ao passo que o cenário mais otimista chamado EV30@30 (Electric Vehicle with Market share of 30% by 2030), tem como aspiração alcançar a marca de 30% de presença de mercado dos veículos elétricos em 2030 (com exceção dos veículos de 2 rodas).

FIGURA 12. PRESENÇA DE MERCADO DOS VE EM 2030



Note: NPS refers to New Policies Scenario; 2-3Ws refers to two- and three-wheelers.

Fonte: Global EV Outlook (IEA, 2018)

A figura 12, distingue o mercado de veículos elétricos entre seus principais mercados consumidores. Embora o cenário conservador (NPS) e otimista (EV30@30), apresentem disparidades significativas em alguns mercados, é importante notar que:

- Na China em 2030 ambos os cenários preveem que os veículos elétricos de 2 e 3 rodas serão responsáveis por mais de 90% da frota;
- Mesmo no cenário mais conservador, 1 em cada 4 veículos de passeio na China será elétrico
- Pelo menos 1/5 dos ônibus da Europa serão movidos a eletricidade;
- Em nenhuma das regiões, a frota de caminhões elétricos chega a 20% do total;

- China, Europa e Japão estão bem à frente dos demais em termos de eletrificação de suas frotas.

Em termos gerais, é razoável presumir que embora o frisson no mercado mundial seja muito grande com respeito aos veículos elétricos, a sua penetração no mercado automobilístico será pequena, pelo menos até 2030.

### **8.2. Propostas para melhoria na legislação sobre os veículos elétricos**

A legislação adotada pelos principais mercados consumidores de VE têm surtido efeitos positivos, principalmente quanto estão diretamente ligadas a incentivos fiscais, no momento da compra e durante o ciclo de vida dos veículos.

Entretanto, acredito ser necessário que as legislações em vigor se tornem mais abrangentes, principalmente em tratando-se de apoio ao desenvolvimento e pesquisas de novas tecnologias de baterias, o grande gargalo dos veículos elétricos em geral.

Além disso, as legislações não devem apenas focar no mercado automobilístico, mas também no mercado de energia e infraestrutura.

## 9. CONCLUSÃO

O mercado e a indústria de veículos elétricos têm se desenvolvido na última década como nunca na história. Grandes e tradicionais empresas no setor automobilístico têm investido milhões de dólares em pesquisas em veículos elétricos. Os setores públicos das principais economias do mundo também têm buscado incentivar e garantir que a eletrificação de suas frotas de veículos ocorra com a maior velocidade possível, desde que de forma sustentável.

O fator poluição, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável, está em larga escala a favor dos veículos elétricos, pois estes são menos poluentes, mais eficientes e com a sua tecnologia embarcada, mais seguros.

É interessante notar que apesar do crescimento expressivo de veículos elétricos em países como a China, é improvável que veículos elétricos causem um aumento de demanda significativa de energia nos próximos anos, pois mesmo em países como a e Noruega e Suécia, onde a penetração de VE é mais alta, o consumo elétrico de destes veículos não deve ser superior a 1% da demanda total de energia nestes países.

Quando o assunto são as baterias, fica claro que embora o desenvolvimento destes componentes tenha avançado consideravelmente nos últimos anos em termos de tecnologia e redução de custos de produção, investimentos em desenvolvimento e prospecção de novos compostos químicos que sejam mais baratos, duráveis, abundantes, confiáveis e seguros serão necessários para aumentar de maneira expressiva a capacidade de produção e redução de custos das baterias, evitando-se assim que ainda estes componentes se tornem um gargalo para o avanço da eletrificação da frota mundial de veículos.

Em termos de expansão de mercado e aumento da competitividade dos veículos elétricos face aos veículos a combustão interna, está claro que sem políticas públicas de qualidade e o comprometimento a nível local, nacional e até regional dos agentes públicos, a penetração e ganho de mercado dos veículos elétricos tende a reduzir substancialmente.

Países que reduziram ou extinguiram por completo incentivos econômicos a aquisição de veículos elétricos nos últimos anos, experimentaram uma drástica queda no volume de vendas dos veículos elétricos. Portanto, é imprescindível que os governos, a iniciativa privada e os cidadãos trabalhem em sincronia para que a eletrificação dos meios de transporte ocorra de forma constante e gradual.

Como sugestão, o governo brasileiro deveria regulamentar a possibilidade de um consumidor que tenha geração distribuída e obtenha créditos através dela, poder compensar estes créditos com a recarga da bateria de seu VE, mesmo que essa recarga seja feita na área de concessão de outra distribuidora, que não aquela em que ele dispõe de seu sistema de geração distribuída.

## BIBLIOGRAFIA

ACEA (2018), New passenger cars by fuel type in the European Union Quarter 1 2018. Disponível em:  
[https://www.acea.be/uploads/press\\_releases\\_files/20180503\\_Fuel\\_type\\_Q1\\_2018\\_FINAL.pdf](https://www.acea.be/uploads/press_releases_files/20180503_Fuel_type_Q1_2018_FINAL.pdf). Acesso em 05 set. 2018.

Alberto Hernandez Neto... [et al.]; organização José Roberto Simões Moreira. -1 ed. – Rio de Janeiro / Energias Renováveis, geração distribuída e eficiência energética. LTC, 2017. II. ; 28cm.

DECRETO Nº 9.442, DE 5 DE JULHO DE 2018. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9442.htm#anexo](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9442.htm#anexo)  
 Acesso em 02 de nov. 2018.

Fuel Cell Today (Agosto 2012), Fuel Cell Electric Vehicles: The Road Ahead. Disponível em:  
[http://www.fuelcelltoday.com/media/1711108/fuel\\_cell\\_electric\\_vehicles\\_-the\\_road\\_ahead\\_v3.pdf](http://www.fuelcelltoday.com/media/1711108/fuel_cell_electric_vehicles_-the_road_ahead_v3.pdf) Acesso em 08 de set. 2018.

Global Plug-in Sales for the 1st Half of 2018 (Setembro 2018). Disponível em:  
<http://www.ev-volumes.com/> Acesso em 01 de out. 2018.

ICCT (2017f, November 8), Electric vehicle capitals of the world: What markets are leading the transition to electric? Disponível em: [www.theicct.org/publications/EV-capitals-of-the-world-2017](http://www.theicct.org/publications/EV-capitals-of-the-world-2017) Acesso em 15 jun. 2018.

ICCT (2018), China's New Energy Vehicle Mandate Policy ( Final Rule ). Disponível em: [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_China-NEV-mandate\\_policy-update\\_20180111.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_China-NEV-mandate_policy-update_20180111.pdf). Acesso em 05 set. 2018.

IEA (2018), Global EV Outlook 2018. Disponível em: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2017> Acesso em 15 ago. 2018.

Lei Ordinária 6545 2017 de São Bernardo do Campo SP. Disponível em:  
<https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-bernardo-do-campo/lei-ordinaria/2017/654/6545/lei-ordinaria-n-6545-2017-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-incentivo-ao-uso-de-veiculos-automotores-que-nao-poluem-o-meio-ambiente-e-da-outras-%20providencias>. Acesso em: 21 out. 2018.

Luiz Fernando Loureiro Legey. Disponível em:  
<<https://web.bnDES.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1489>>. Acesso em 07 set. 2018.

Nota Técnica nº 0063/2018-SRD/ANEEL. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em 03 de nov. 2018

Resolução Normativa nº 819\_19-06-18. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em 03 de nov. 2018

SENADO FEDERAL (2014), Projeto de Lei N°65 de 2014. Disponível em:  
<<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=3543630&disposition=inline>>. Acesso em 06 out. 2018.

STRUBEN, J.; Sterman, J. D. Transition challenges for alternative fuel vehicle and transportation systems, 2006. Disponível em:  
<<http://web.mit.edu/jsterman/www/StrubenSterman%20Fam%20EPB%20R1.pdf>>.  
Acesso em 30 de ago. 2018.

TABELA DE INCIDÊNCIA DO IMPOSTO SOBRE PRODUTOS  
INDUSTRIALIZADOS (TIPI) – 2017. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Decreto/Anexo/AND8950.pdf](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/Anexo/AND8950.pdf) . Acesso em 02 de nov. 2018.