



## Prefácio

Caro Leitor,

A eletromobilidade é um tema que tem ganhado cada vez mais destaque na sociedade contemporânea. Com a crescente preocupação com as mudanças climáticas e a busca por soluções mais sustentáveis, os veículos elétricos têm se tornado uma opção promissora no setor automotivo.

Neste livro “Monetização de Veículos Elétricos: Gestão pelo Lado da Demanda e Eletromobilidade”, exploraremos a fundo o mundo da eletromobilidade, abordando desde suas raízes históricas até os desafios e oportunidades que enfrenta atualmente. Ao longo dos capítulos, iremos nos aprofundar em diversos aspectos desse universo eletrificado.

No início, teremos uma visão geral da eletromobilidade, compreendendo seus fundamentos e sua importância para a transição energética. Em seguida, mergulharemos nos diferentes tipos de veículos elétricos,

desde os híbridos até os totalmente elétricos, conhecendo suas características e benefícios.

Ao longo da leitura, também exploraremos o surgimento dos primeiros carros elétricos, desvendando a popularidade que tiveram no século XIX e a concorrência que enfrentaram dos veículos a combustão interna. Acompanharemos o renascimento da eletromobilidade, compreendendo suas vantagens e desvantagens, e investigaremos a tecnologia por trás das baterias dos carros elétricos, abordando os diferentes tipos disponíveis e os avanços nesse campo.

Além disso, discutiremos os desafios enfrentados pela eletromobilidade no Brasil e no mundo, analisando a experiência do consumidor na mobilidade elétrica e a integração do setor elétrico com o setor automotivo. Exploraremos ainda o papel das cidades inteligentes nesse contexto, investigando como a eletromobilidade se relaciona com o planejamento urbano, a mobilidade urbana e a interação com energia solar.

Prosseguindo, adentraremos nos desafios e no futuro da eletromobilidade, examinando o crescimento desse setor e os protocolos de comunicação que possibilitam a gestão eficiente da recarga dos veículos elétricos. Abordaremos também a monetização da eletromobilidade, explorando as diferentes oportunidades de negócio que surgem nesse cenário, como a monetização com eletropostos, baterias de carros elétricos e gestão pelo lado da demanda.

Ao chegar à conclusão, esperamos que os leitores tenham adquirido um conhecimento abrangente sobre a eletromobilidade, compreendendo seus benefícios, desafios e perspectivas futuras. Que este livro seja uma fonte inspiradora de informação e reflexão para todos aqueles interessados no tema da mobilidade elétrica.

Boa Leitura!

Atenciosamente,

Frank Toshioka

## Sumário

Prefácio.....	1
<b>Sobre o Autor:</b> .....	7
1) Eletromobilidade .....	9
2) Tipos de Veículos Elétricos .....	12
3) As Raízes da Eletromobilidade .....	15
4) O surgimento dos primeiros carros elétricos .....	16
5) A popularidade dos veículos elétricos no século XIX .....	57
6) Concorrência com os veículos a combustão interna.....	58
7) O Renascimento da Eletromobilidade.....	60
8) Vantagens da Eletromobilidade .....	63
9) Desvantagens da Eletromobilidade.....	79
10) Bateria de um carro elétrico.....	90
11) Como funciona a bateria de um carro elétrico .....	92
12) Tipos de baterias .....	94
13) 1º carro elétrico com bateria de sódio começa a rodar em testes	108
14) Preço da bateria .....	110
15) Baterias: matérias-primas, manufaturas e destinação final.	114
16) Segurança do uso de baterias de íons-lítio.....	120
17) Desafios para o avanço do carro elétrico no Brasil .....	122
18) Experiência do consumidor na mobilidade elétrica .....	125
19) Integração do setor elétrico com o setor automotivo .....	127

20)	Inovação Tecnológica do setor automotivo .....	130
21)	Cidades Inteligentes .....	134
22)	Interação com energia solar .....	143
23)	Modernização das redes de distribuição.....	145
24)	Cidades Inteligentes no Brasil .....	148
25)	Cidade Inteligente: planejamento urbano .....	151
26)	Cidade Inteligente: mobilidade urbana .....	153
27)	Cidades Inteligentes e o 5G .....	156
28)	Cidades Inteligentes: resiliência e meio ambiente.....	159
29)	Cidade Inteligente: desafios .....	162
30)	Exemplos de cidades inteligentes fora do Brasil .....	165
31)	Desafios da Eletromobilidade.....	168
32)	O crescimento da eletromobilidade .....	171
33)	O futuro da Eletromobilidade.....	174
34)	Protocolos de Comunicação .....	178
35)	Gestão de recarga pelo lado da demanda.....	191
36)	Exemplos de Gestão pelo Lado da Demanda .....	203
37)	Gestão da recarga.....	207
38)	Dashboard para a visualização e a simulação da Smart Grid 210	
39)	Smart Charging de EVs.....	213
40)	Inteligência Artificial no Agendamento de Recargas.....	219
41)	Previsão da demanda .....	227

42)	Monetização de veículos elétricos .....	236
43)	Monetização com eletromobilidade .....	239
44)	Monetização com Eletropostos.....	242
45)	Monetização com Gestão pelo Lado da Demanda.....	245
46)	Monetização com baterias de carros elétricos .....	248
47)	Conclusão .....	252
	Referências .....	254

## Sobre o Autor:

Autor: Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia e Engenheiro Eletricista Frank Toshioka

**Conheça outros materiais clicando no link:**

<https://www.engenhariainovacao.com.br/loja>

Frank Toshioka é Mestre (Stricto Sensu) em Desenvolvimento em Tecnologia pelo Lactec (2017) - Dissertação: Previsão de preço semanal de energia elétrica com dados com limites de saturação através de redes neurais artificiais e Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004).

Atualmente é Engenheiro Eletricista da Copel Distribuição, tendo experiência nas seguintes áreas: 1) Mercado e Comercialização Copel Distribuição (01/06/2014 até a presente data) a) Gestão de migração de consumidores do Ambiente de Contratação Regulado (ACR) para o Ambiente de Contratação Livre (ACL) e Apuração da carga Copel Distribuição (base CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) b) Gestão do processo MUST - Montante de Uso do Sistema de Transmissão junto ao ON; c) Representante da Copel Distribuição de vários processos da CCEE (Ajustes de medições de fronteira, modelagens, Topologia da carga da Copel Distribuição, Medição Física e Contábil). d)

Automações de sistemas envolvendo Gestão de Ajustes de Medições e 2) Gerente de Projetos P&D ANEEL nos temas de Inteligência Artificial na Previsão de Preços de Energia, Gestão de Energia pelo lado da demanda na Mobilidade Elétrica e Marketplace Descentralizado para Comercialização de Energia Elétrica baseado em Blockchain.3) Manutenção dos Sistemas da Copel Distribuição: a) 01/06/2012 a 31/10/2013 - Manutenção de Redes de Distribuição Gerenciamento de manutenção preditiva, preventiva e corretiva de redes de distribuição aérea convencional e compacta; b) 01/11/2013 a 31/05/2014 - Supervisão de inspeção preventiva e preditiva de redes de distribuição aérea: Acompanhar o desempenho dos índices de controle e continuidade (DEC/FEC) da manutenção do sistema de distribuição da macrorregião de Maringá; 4) Projetos, Fiscalização de Obras da Copel Distribuição (12/08/11 a 31/05/2012) - Elaboração de Projetos de rede aérea convencional e compacta; Fiscalização de Projetos de rede aérea e subterrânea, obras de saídas de Subestações e obras de Subestações Móveis; Participação de grupos de trabalho envolvendo redes subterrâneas. 5) outras atividades: Mentor de Modelo de Negócios junto a Startups; Conselheiro Suplente do Crea-PR - Câmara de Engenharia Elétrica desde 2019. Livros já publicados: em 10/06/19 - A produção do conhecimento na engenharia elétrica, da Atena Editora - Capítulo Sistema gestor de ajustes de medições de fronteira Copel Distribuição.

## 1) Eletromobilidade

A eletromobilidade é um conceito que se refere à utilização de veículos movidos a energia elétrica como uma alternativa aos veículos de combustão interna tradicionais. Esses veículos elétricos (VEs) são impulsionados por um ou mais motores elétricos que utilizam eletricidade armazenada em baterias recarregáveis para gerar energia cinética e propulsão do veículo.

A eletromobilidade tem como objetivo reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, mitigar as emissões de gases de efeito estufa e promover um transporte mais sustentável e ecologicamente correto. Ao contrário dos veículos a gasolina ou diesel, os VEs não produzem emissões diretas de poluentes atmosféricos durante o funcionamento, tornando-se uma opção mais limpa e amigável ao meio ambiente.

Os veículos elétricos podem ser classificados em duas categorias principais: os veículos totalmente elétricos (VEs) e os veículos híbridos plug-in (PHEVs). Os VEs são

movidos exclusivamente por motores elétricos e dependem totalmente da energia armazenada em suas baterias. Já os PHEVs possuem tanto um motor elétrico quanto um motor de combustão interna, permitindo a alternância entre o uso de eletricidade e combustível, oferecendo maior flexibilidade em termos de autonomia.

Uma das principais vantagens da eletromobilidade é a redução das emissões de gases de efeito estufa e a melhoria da qualidade do ar nas áreas urbanas. Os VEs não emitem gases poluentes durante a condução, o que contribui para a redução da poluição atmosférica e dos impactos negativos na saúde humana.

Além disso, a eletromobilidade também oferece benefícios em termos de eficiência energética. Os motores elétricos são mais eficientes do que os motores de combustão interna, convertendo uma proporção maior da energia elétrica em energia mecânica para movimentar o veículo. Isso resulta em menor consumo de energia e maior aproveitamento dos recursos.

No entanto, a adoção em larga escala da eletromobilidade ainda enfrenta desafios significativos. A infraestrutura de recarga é um dos aspectos-chave a serem desenvolvidos para suportar a expansão dos veículos elétricos. É necessário aumentar a disponibilidade de estações de carregamento público e privado, bem como melhorar a velocidade e conveniência do processo de recarga.

Outra questão importante é o desenvolvimento contínuo das tecnologias de bateria. Embora tenham havido avanços significativos nas últimas décadas, as baterias ainda enfrentam desafios relacionados à capacidade, autonomia, tempo de recarga e custo. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento são necessários para aprimorar as baterias e tornar a eletromobilidade mais acessível e conveniente para os consumidores.

Apesar dos desafios, a eletromobilidade continua a crescer em todo o mundo. Governos, fabricantes de automóveis e empresas de energia estão se

comprometendo cada vez mais com a transição para a mobilidade elétrica

## 2) Tipos de Veículos Elétricos

Existem diferentes tipos de veículos elétricos (VEs) disponíveis no mercado atualmente. Cada um deles apresenta características específicas em relação ao modo como são alimentados e ao uso combinado de motores elétricos e motores de combustão interna. A seguir, apresentarei os principais tipos de veículos elétricos:

Veículos Totalmente Elétricos (VEs): Também conhecidos como veículos elétricos de bateria (BEVs), esses veículos são impulsionados exclusivamente por um ou mais motores elétricos. Eles dependem inteiramente de baterias recarregáveis para armazenar eletricidade e alimentar os motores. Os VEs não possuem motores de combustão interna e não emitem poluentes durante a condução. Exemplos de VEs incluem o Tesla Model S, Nissan Leaf e Chevrolet Bolt.

Veículos Híbridos Plug-in (PHEVs): Os PHEVs combinam um motor elétrico com um motor de combustão interna. Eles podem ser conectados a uma fonte de energia externa para recarregar as baterias, além de usar combustível para estender a autonomia. Os PHEVs oferecem a flexibilidade de operar em modo totalmente elétrico por um determinado alcance antes de alternar para o motor a combustão. Exemplos de PHEVs incluem o Toyota Prius Plug-in Hybrid e o BMW i3 REX.

Veículos Híbridos (HEVs): Os HEVs também possuem um sistema combinado de motor elétrico e motor de combustão interna. No entanto, eles não podem ser conectados a uma fonte de energia externa para recarregar as baterias. Em vez disso, a energia gerada durante a condução é usada para recarregar as baterias do veículo. Os HEVs são projetados para otimizar a eficiência do combustível e reduzir as emissões, mas ainda dependem principalmente do motor a combustão. O Toyota Prius é um exemplo popular de veículo híbrido.

Veículos de Célula de Combustível (FCVs): Os FCVs, também conhecidos como veículos movidos a hidrogênio, utilizam células de combustível para gerar eletricidade a partir de hidrogênio e oxigênio. Essa eletricidade é usada para alimentar o motor elétrico do veículo, com a única emissão sendo vapor de água. Os FCVs oferecem uma condução livre de emissões e podem ser recarregados com hidrogênio em estações específicas. O Toyota Mirai e o Hyundai Nexo são exemplos de veículos de célula de combustível.

Cada tipo de veículo elétrico possui suas próprias vantagens e considerações. A escolha entre eles depende das necessidades e preferências individuais dos consumidores, bem como da disponibilidade de infraestrutura de carregamento e suporte local. A eletromobilidade continua a evoluir rapidamente, com o surgimento de novas tecnologias e modelos de veículos elétricos para atender às demandas de mobilidade sustentável.

### 3) As Raízes da Eletromobilidade

A história da eletromobilidade tem suas raízes no final do século XIX, período marcado por avanços significativos nas tecnologias elétricas e no desenvolvimento dos primeiros veículos movidos a eletricidade. Essa era de inovação e experimentação marcou o surgimento de uma nova forma de transporte que se baseava na eletricidade como fonte de energia.

Nessa época, a eletrificação estava se tornando cada vez mais presente em diversas áreas da sociedade, impulsionada pelos avanços tecnológicos e científicos da época. Inventores e engenheiros vislumbraram a possibilidade de utilizar a eletricidade como uma alternativa aos motores a vapor e a combustão interna, que dominavam o cenário automotivo.

Foi nesse contexto que os primeiros veículos elétricos começaram a ganhar vida. Inventores pioneiros, como Thomas Davenport, Thomas Edison e outros, dedicaram-se ao desenvolvimento de motores elétricos e

baterias recarregáveis. Suas invenções e experimentos revolucionaram a maneira como as pessoas se locomoviam e lançaram as bases para a eletromobilidade como a conhecemos hoje.

Ao longo desse capítulo, exploraremos as contribuições desses inventores pioneiros e as primeiras aplicações práticas dos veículos elétricos. Através dessa viagem pela história da eletromobilidade, poderemos compreender como os primeiros passos foram dados, quais desafios foram enfrentados e como essas primeiras inovações abriram caminho para o desenvolvimento contínuo dos veículos elétricos.

#### 4) O surgimento dos primeiros carros elétricos

No século XIX, um período marcado por intensa inovação e descobertas científicas, foram observados os primeiros avanços no campo da eletromobilidade. Foi nessa época que o inventor Thomas Davenport deu um

importante passo ao desenvolver um veículo elétrico pioneiro.

Em 1835, Thomas Davenport construiu um pequeno carro movido por eletricidade, sendo considerado um dos primeiros veículos elétricos da história. Esse veículo era caracterizado por um motor elétrico alimentado por baterias, representando uma inovação revolucionária na época.

O motor elétrico desenvolvido por Davenport utilizava um princípio fundamental do eletromagnetismo: a força eletromagnética gerada por correntes elétricas. Ao aplicar essa descoberta à propulsão veicular, Davenport abriu caminho para o desenvolvimento de veículos movidos a eletricidade.

Embora o veículo de Davenport fosse rudimentar e apresentasse limitações em termos de velocidade e autonomia, sua invenção foi um marco importante na história da eletromobilidade. Ele demonstrou a viabilidade dos veículos elétricos como uma alternativa aos meios de

transporte tradicionais, como os veículos movidos a vapor ou a gasolina.

A contribuição de Thomas Davenport serviu de inspiração para outros inventores e engenheiros que posteriormente aprimoraram a tecnologia dos veículos elétricos. Essa inovação pioneira abriu as portas para um futuro de desenvolvimentos e experimentações no campo da eletromobilidade, impulsionando a busca por soluções cada vez mais eficientes e sustentáveis no transporte.

Na verdade, no ano de 1828, o húngaro Ányos Jedlik apresentou uma carroça adaptada com um motor elétrico, que foi um importante marco nos primórdios da eletromobilidade. Embora não pudesse prever o longo período de cerca de 190 anos que se seguiria antes que a e-mobilidade se tornasse uma realidade globalmente abraçada, outros empreendedores em diferentes partes do mundo também começaram a desenvolver veículos elétricos.

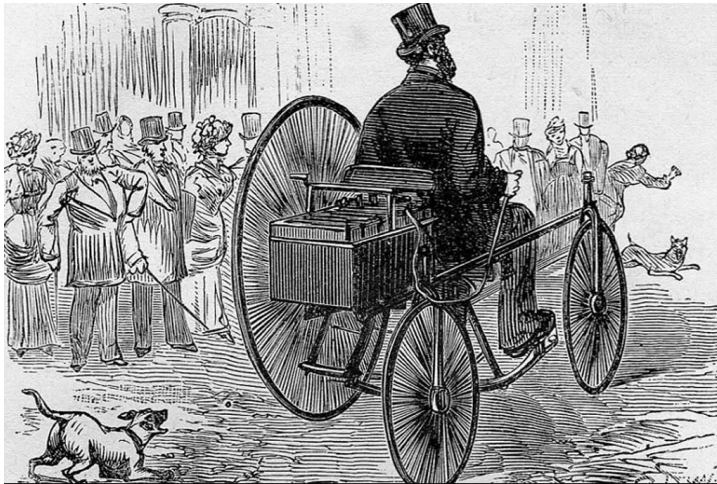
Logo após Jedlik, entre 1832 e 1839, o escocês Robert Anderson construiu e comercializou carruagens

elétricas que utilizavam pilhas não recarregáveis. Anderson é creditado, juntamente com o americano Thomas Davenport, como um dos primeiros construtores de carros elétricos. Historiadores estimam que Davenport tenha fabricado seu veículo elétrico entre 1834 e 1835, também utilizando pilhas não recarregáveis.

Em 1865, o francês Gaston Plante inventou as baterias recarregáveis de chumbo-ácido, tornando os carros elétricos mais práticos. Em seguida, em 1881, seu compatriota Camille Faure aprimorou o design das baterias de chumbo-ácido recarregáveis, permitindo que os veículos elétricos se tornassem um meio de locomoção amplamente utilizado em toda a Europa. Durante esse período, os veículos elétricos ganharam grande popularidade e parecia que estavam destinados a se firmarem como uma opção de transporte.

No entanto, como mencionado anteriormente, o desenvolvimento da indústria automotiva, a disponibilidade crescente de combustíveis fósseis e as limitações das tecnologias de bateria da época levaram a um declínio

gradual dos veículos elétricos, dando lugar aos veículos movidos a combustão interna.



Em Paris, em 1881, o francês Gustave Trouvé apresentou o primeiro veículo elétrico oficialmente reconhecido no mundo: o Trouvé tricycle

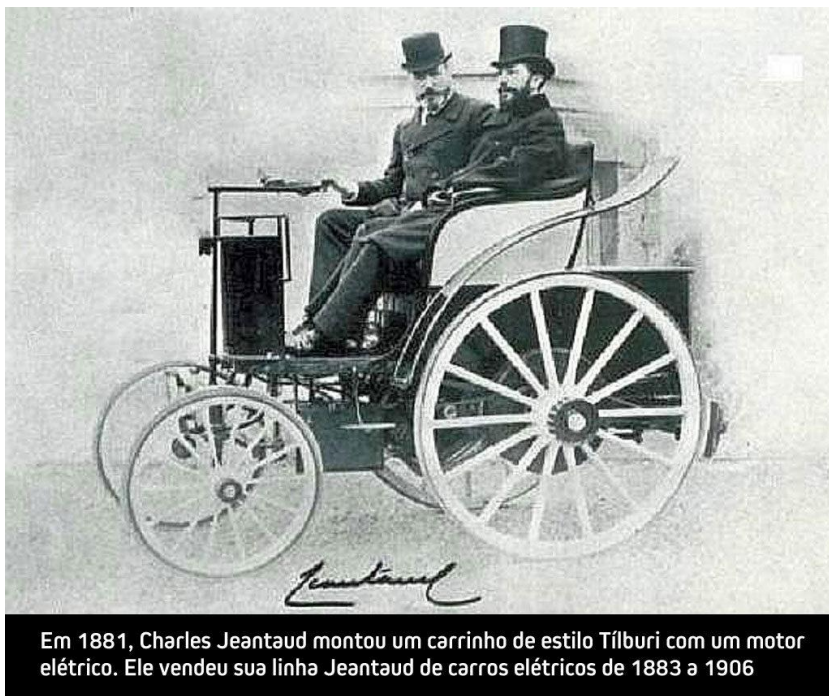
*Figura 1 - no ano de 1881, o francês Gustave Trouvé fez uma contribuição significativa para a história da eletromobilidade ao apresentar o Trouvé tricycle.*

Em Paris, no ano de 1881, o francês Gustave Trouvé fez uma contribuição significativa para a história da eletromobilidade ao apresentar o Trouvé tricycle. Este veículo elétrico tornou-se oficialmente reconhecido como o

primeiro do gênero em todo o mundo. Vale destacar que, nesse estágio inicial, o triciclo Trouvé ainda estava equipado com pedais, que serviam como um acionamento auxiliar.

Poucas semanas após o feito de Trouvé, dois engenheiros ingleses, William Edward Ayrton e John Perry, construíram um triciclo elétrico sem a necessidade de acionamento auxiliar por pedais. Essa inovação representou um avanço na tecnologia dos veículos elétricos, eliminando a dependência dos pedais como meio de propulsão.

Esses avanços pioneiros realizados por Trouvé, Ayrton e Perry demonstraram o contínuo desenvolvimento e refinamento dos veículos elétricos, contribuindo para a evolução da eletromobilidade ao longo do tempo. Essas primeiras experiências pavimentaram o caminho para futuras melhorias tecnológicas e inovações na indústria dos veículos elétricos.



Em 1881, Charles Jeantaud montou um carrinho de estilo Tílburi com um motor elétrico. Ele vendeu sua linha Jeantaud de carros elétricos de 1883 a 1906

*Figura 2- Em 1881, Charles Jeantaud montou um carrinho de estilo Tílburi com um motor elétrico. Ele vendeu sua linha Jeantaud de carros elétricos de 1883 a 1906.*

Em 1893, o empreendedor francês Charles Jeantaud estabeleceu a primeira empresa automotiva dedicada exclusivamente à fabricação de veículos elétricos, que levava o nome da marca "Jeantaud". Durante muitos anos, a empresa focou seus esforços na produção de automóveis movidos a eletricidade.

Um marco significativo para a Jeantaud ocorreu quando o piloto francês de corrida Gaston de Chasseloup-Laubat estabeleceu o primeiro recorde de velocidade oficial em um veículo Jeantaud. Ele atingiu a impressionante velocidade de 63 km/h, comprovando a capacidade dos veículos elétricos em alcançar desempenho notável.

Esse recorde de velocidade demonstrou o potencial dos veículos elétricos em termos de desempenho e velocidade, contrariando a percepção comum de que os veículos elétricos eram limitados em termos de velocidade e poder de aceleração. O feito de Chasseloup-Laubat ajudou a consolidar a reputação da Jeantaud como uma fabricante de veículos elétricos de qualidade e desempenho.

A marca Jeantaud continuou a produzir veículos elétricos ao longo dos anos, contribuindo para a evolução e popularização dos automóveis elétricos no cenário automotivo da época. O legado da Jeantaud na fabricação de veículos elétricos destaca a importância das empresas pioneiras que impulsionaram a eletromobilidade no final do século XIX.

Em 1899, o piloto francês de corrida Gaston de Chasseloup-Laubat superou seu próprio recorde de velocidade em um veículo elétrico Jeantaud, atingindo a impressionante marca de 92 km/h. Essa conquista demonstrou a constante evolução e aprimoramento dos veículos elétricos em termos de desempenho e velocidade.

No entanto, foi o belga Camille Jenatzy que alcançou um feito histórico ao quebrar a marca de 100 km/h com um veículo elétrico. Em 1899, Jenatzy construiu um carro elétrico em formato de torpedo chamado "La Jamais Contente" (O Nunca Satisfeito) e estabeleceu um novo recorde mundial de velocidade ao atingir quase 106 km/h.