

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

Luís Eduardo Custodio Pieri

**Proposta de um Programa de Incentivo a Carregamento
de Veículos Elétricos Fora da Ponta**

São Carlos

2021

Luís Eduardo Custodio Pieri

**Proposta de um Programa de Incentivo a Carregamento
de Veículos Elétricos Fora da Ponta**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de
Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase
em automação e Sistemas de Energia

Orientador: Prof. Dr. José Carlos de Melo Vieira Jr.

São Carlos

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

P615p Pieri, Luis Eduardo Custodio
Proposta de um Programa de Incentivo a Carregamento
de Veículos Elétricos Fora da Ponta / Luis Eduardo
Custodio Pieri; orientador José Carlos de Melo Vieira
Júnior. São Carlos, 2021.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2021.

1. Plataformas de sistemas distribuídos. 2.
Veículos elétricos. 3. Programa de incentivos. I.
Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Luís Eduardo Custodio Pieri

Título: “Diversificação de serviços de uma distribuidora de energia elétrica com foco em veículos elétricos”

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 23 / 07 / 2021,

com NOTA 8,0 (oito , zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Associado José Carlos de Melo Vieira Júnior - Orientador -
SEL/EESC/USP

Mestre Juliana Aramizu Paludo - CPFL Energia

Prof. Dr. Benvindo Rodrigues Pereira Junior - SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Rogério Andrade Flauzino

RESUMO

PIERI, Luís Eduardo Custodio. Proposta de um Programa de Incentivo a Carregamento de Veículos Elétricos Fora da Ponta. 2021. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica - Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Este trabalho aborda o cenário das plataformas de serviços distribuídos no Brasil e no mundo com foco nos veículos elétricos e o impacto que podem gerar na rede de distribuição. Em seguida, o trabalho explora a posição dos veículos elétricos no Brasil e passando de forma ampla quais as particularidades de cada modelo de veículo e formas de carregamento. O passo seguinte foi entender quais as iniciativas que ligam veículos elétricos e plataformas de serviços distribuídos no modelo já estabelecido dos Estados Unidos, a partir desse modelo e de outros encontrados ao redor do mundo. Com esses insumos o trabalho terá como resultado a elaboração de um programa para o modelo elétrico brasileiro. O projeto seguiu a resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica sobre veículos elétricos. Com o modelo criado, serão feitas análises com dados fictícios para entender da perspectiva do cliente e da concessionária se este será benéfico. O programa utilizado para realizar as simulações será o HomerEnergy (versão de teste), nele foi possível enxergar as variações das curvas de carga, variações de custo para os clientes e gerar conclusões sobre a viabilidade do modelo. Como resultado se obteve a diminuição dos custos para os clientes com veículo elétrico e acarretou na diminuição dos problemas técnicos existentes pela sobrecarga da rede elétrica ocasionada pela presença dos veículos.

Palavras-chave: Plataforma de sistemas distribuídos; veículos elétricos; curvas de carga; redução de sobrecarga na rede elétrica

ABSTRACT

PIERI, Luís Eduardo Custodio. Proposal of an Off-peak Electric Vehicle Charging Incentive Program. 2021. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica - Ênfase em Sistemas de Energia e Automação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

This work explored the scenario of distributed system platforms in Brazil and worldwide with a focus on electric vehicles and the impact they can generate on the distribution network. Then, the work explored the position of electric vehicles in Brazil and goes through in a broad way what are the particularities of each vehicle model and ways of charging. The next step is to understand which are the initiatives that link EVs and DSPs in the mature model of the United States, based on this and others found around the world. With these inputs, the work will result in the preparation of a program for the Brazilian electric model. The project followed ANEEL's normative resolution on electric vehicles. With the model created, analyses will be carried out with fictitious data to understand the perspective of the customer and electric providers if it will be beneficial. The program used to perform simulations will be the HomerEnergy (trial version), in which it is possible to see as variations in the load curves, variations in cost to customers and generate conclusions on the model's feasibility. As a result, there was a reduction in costs for customers with electric vehicles and resulted in the reduction of existing technical problems due to the overload of the electric network caused by the presence of vehicles.

Keywords: Distributed system platforms. Electric Vehicles. Variations in the load curves. Reduction of overload problems.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
2	Aprofundamento do estudo em DSP e VE	4
2.1.	Visão Geral de uma Plataforma de Sistemas Distribuídos	4
2.2.	Arquitetura Simplificada de uma DSP	5
2.3.	Panorama Geral dos Veículos Elétricos	8
2.4.	Aspectos técnicos de um VE	10
2.5.	Modelos Tarifários	17
2.6.	Projetos atuais envolvendo VE	19
3	Modelos de DSP Existentes Agregando Veículos Elétricos	22
3.1.	Iniciativas de Diversificação dos Serviços das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil	22
3.2.	Modelos de Incentivo para VEs	25
3.3.	Cenário Brasileiro de incentivo a VEs	27
4	Proposta de um Modelo Brasileiro de DSP com VEs	29
4.1.	Modelagem	30
4.2.	Proposta para o Programa de Benefícios	30
4.3.	Definição das Simulações	35
4.3.1.	Modelagem das Variáveis no Programa HOMER Grid	39
5	Análise dos Resultados	42
5.1.	Cenário Residencial	42
5.2.	Cenário Transformador	46
6	Conclusão	51
7	Referências Bibliográficas	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais funções de uma DSP (CONEDISON, 2018)	5
Figura 2 - Estrutura de uma DSP (CONEDISON, 2018)	6
Figura 3 - Fluxo simplificado de uma DSP 1.0 (NYSEG, 2018)	7
Figura 4 - Fluxo simplificado de uma DSP 2.0 (NYSEG, 2018)	7
Figura 5 - Evolução esperada de uma DSP (CONEDISON, 2016)	8
Figura 6 - Projeção de estoque de VEs (FGV, 2017)	9
Figura 7 - Comparativo entre VE e VCI (FGV, 2017)	11
Figura 8 - Esquemático de alguns modelos de VEs (NEOCHARGE, 2020)	12
Figura 9 - Esquemático de carregamento de VE (FGV, 2017)	13
Figura 10 - Eletrovia Paranaense (COPEL..., 2019)	20
Figura 11 - Exemplo de produto Enel X Store (ENEL X STORE, 2021a)	24
Figura 12 - Curva de carga diária residencial (autoria própria)	36
Figura 13 - Curva de carga diária de um transformador residencial (autoria própria)	36
Figura 14 - Simulação de tempo de carregamento Audi e-tron (AUDI, 2021)	40
Figura 15 – Comparação entre curvas de carregamento rápido e lento (autoria própria)	42
Figura 16 – Comparação entre curvas de carregamento lento em carga residencial (autoria própria)	43
Figura 17 – Comparação entre curvas de carregamento rápido em carga residencial (autoria própria)	43
Figura 18 – Comparação entre curvas de carregamento rápido e lento fora do pico (autoria própria)	44
Figura 19 – Carregamento lento seguindo o programa de benefícios (autoria própria)	45
Figura 20 – Carregamento rápido seguindo o programa de benefícios (autoria própria)	45

Figura 21 – Comparação entre as curvas de consumo na ponta com 3 VEs (autoria própria)	47
Figura 22 – Comparação entre as curvas de consumo com incentivo e 3 VEs (autoria própria)	48
Figura 23 – Comparação entre as curvas de consumo na ponta com 1 VE (autoria própria)	49
Figura 24 – Comparação entre as curvas de consumo com incentivo e 1 VE (autoria própria)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Crescimento da frota brasileira de VEs (DENATRAN, 2021)	22
Tabela 2 - Valores do kWh residencial na modalidade TOU (CONEDISON, 2021a)	26
Tabela 3 - Valores do kWh residencial na modalidade convencional (CONEDISON, 2021a)	26
Tabela 4 - Valores do kWh residencial Programa VE x Tarifa Convencional (ENEL, 2019)	32
Tabela 5 – Visão consolidada das iniciativas para mudança de hábito de carregamento de VEs (autoria própria)	35
Tabela 6 - Veículos Elétricos mais vendidos no Brasil em 2020 (MOTORSHOW, 2021)	37
Tabela 7 - Alguns modelos de carregadores presentes no Brasil (CHEVROLET, 2021), (WEG, 2021), (ENEL X STORE, 2021b), (EDP SMART, 2021), (BMW, 2021), (EFX SOLAR, 2021)	38
Tabela 8 - Variáveis para cadastro de VEs no HOMER Grid (autoria própria)	39
Tabela 9 - Carregadores utilizados nas simulações (adaptado de (WEG, 2021), (ENEL X STORE, 2021b), (CHEVROLET, 2021)	40
Tabela 10 – Variação do valor na fatura (autoria própria)	46

LISTA DE ABREVIACÕES

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

GD – Geração distribuída

PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

RED – Recursos energéticos distribuídos

DER – *Distributed energy resources*

DSP – *Distributed System Platform*

PSD – Plataformas de sistemas distribuídos

REI – Redes elétricas inteligentes

VE – Veículos elétricos

P&D – Pesquisa e desenvolvimento

CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Renováveis

NWS – *Non-Wires Alternatives*

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulada

VCI – Veículos Elétricos a Combustão

IPI – Imposto sobre os Produtos Industrializados

IPVA – Imposto sobre Propriedades de Veículos Automotores

HEV – *Hybrid electric vehicle*

PHEV – *Plug-in hybrid electric vehicle*

BEV – *Battery electric vehicle*

FCEV – *fuel cell electric vehicle*

ENEL – *Ente nazionale per l'energia elettrica*

EDP – Energias de Portugal

1. Introdução

O sistema elétrico tradicional é formado por três grandes estágios: geração, onde a energia é transformada para a forma elétrica; transmissão, estágio intermediário que a energia transita da fonte geradora até os consumidores; por fim, o estágio de distribuição, em que a energia é utilizada pelo consumidor final. Nas últimas décadas a preocupação com o meio ambiente cresceu e os países foram obrigados a propor e incentivar mudanças na sua matriz energética como o investimento a fontes alternativas de energia, inclusive tema que apareceu durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 21) ocorrida em dezembro de 2015 (FGV, 2016). O setor elétrico é um dos mais afetados por essas medidas, principalmente em países que possuem geração majoritariamente vinda de combustíveis fósseis, o que acontece parcialmente no Brasil, pois cerca de 64% da sua geração é hidráulica (ANEEL, 2020b). Apesar disso, o país está passando por mudanças nos modelos de reservatórios e problemas no regime de chuvas, o que implica na necessidade de acionar mais usinas termelétricas atuando para suprir a demanda energética do país.

Uma das formas encontradas para diminuir os impactos ambientais como chuva ácida e aquecimento global, foram as fontes renováveis de energia, que são uma alternativa às termelétricas movidas a combustíveis fósseis. Dentre as principais fontes renováveis estão a geração eólica e a geração fotovoltaica de energia. O Brasil está agindo nesse sentido com o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Renováveis), que visa aumentar a participação de fontes alternativas (geração eólica, fotovoltaica e outras) na matriz brasileira e a tecnologia aparece como um fator necessário para essa implementação, já que a modernização da infraestrutura também possui papel fundamental para garantir um sistema elétrico confiável e eficiente (ANEEL, 2015b).

O incentivo a fontes renováveis aparece também na frente de distribuição de energia, com o modelo de Geração Distribuída (GD), quando o consumidor gera sua própria energia a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e pode de fornecer o excedente para a rede de distribuição da sua região (ANEEL, 2015d). A popularização desse modelo se deu com a geração fotovoltaica, por ter fácil instalação e utiliza a luz do sol para gerar energia. Além de ser um modelo eficiente do ponto de vista ecológico, a GD provoca a mudança da estrutura convencional do modelo de distribuição atual, permitindo, em alguns países, a comercialização da energia gerada em conjunto com a própria distribuidora de energia. No Brasil, a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 é responsável por regulamentar a micro e minigeração distribuída no país. Um dos pontos de destaque é a isenção de impostos de transmissão da energia gerada e do modelo de créditos de energia, isto é, não há venda de energia do consumidor para a concessionária. Nesse caso, a energia gerada é subtraída da utilizada e caso o cliente tenha saldo positivo, a quantidade de energia adicional é creditada e o consumidor pode utilizá-la em até 5 anos (ANEEL, 2015c).

Dessa forma, é possível perceber que o setor elétrico está suscetível a diversas mudanças e avanços tecnológicos (B8 Comunicação, 2019), parte dessa iniciativa vem em escala global, como tratados internacionais, outra por incentivos da ANEEL e concessionárias em projetos obrigatórios de P&D ou pelos consumidores finais como observado na GD.

Além da GD, outros formatos de aproveitar a energia de forma mais consciente surgiram na distribuição, nomeados como Recursos Energéticos Distribuídos (RED), que consistem em tecnologias de geração ou armazenamento de energia elétrica, situadas dentro da área da concessionária de distribuição e posicionadas junto ao medidor (dispositivos *behind-the-meter*). Alguns tipos de RED são: GD, veículos elétricos (VE), armazenamento de energia (baterias), mas essa definição ainda pode ser expandida para acrescentar ferramentas que contribuem em eficiência energética, resposta da demanda e gerenciamento de carga pelo lado da demanda (EPE, 2018). Para que os RED se tornem viáveis, considerando desafios econômicos e estruturais, se faz indispensável a modernização da rede de distribuição, ou seja, para que exista difusão de RED é necessário ter um sistema de redes elétricas inteligentes (REI), que utiliza tecnologia digital para monitorar e gerenciar o fluxo energia em tempo real com informações bidirecionais entre o sistema de fornecimento de energia, a distribuidora de energia e o cliente final, de forma a integrar clientes e concessionária (EPE, 2018).

Uma tendência que vem se tornando comum em diversos setores da economia é a “economia de compartilhamento”, cuja ideia é criar um modelo de hub de serviços, em que uma empresa age como intermediário entre o prestador de algum tipo de serviço e o cliente final. Empresas como Ifood, Magazine Luiza, Turbi, AirBnB, Mercado Livre e Uber passaram a utilizar esse tipo de ampliação de seus serviços. O Ifood centralizou diversos modelos de restaurantes em um único local para os clientes escolherem o que comer, o *Marketplace* permite que pequenos vendedores tenham seus produtos anunciados em grandes *players* do mercado, a Turbi permitiu que carros pudessem ser alugados e compartilhados por diversas pessoas. Note que essa ideia de mercado também pode ser expandida para o mercado de energia elétrica, isto é, as concessionárias poderiam agir como um hub para agrupar os RED de seus consumidores e utilizá-los a seu favor quando necessário. Dessa forma, os clientes passam a ter mais importância dentro do sistema, já que seus dispositivos também passarão a fazer parte da malha da concessionária.

Nesse contexto, surge o modelo de plataforma de sistemas distribuídos ou *distributed system platform* (DSP), que são plataformas de rede inteligente que fornecerão serviços elétricos seguros, confiáveis e eficientes, integrando recursos diversos para atender às necessidades dos clientes e da sociedade. Essa concepção traz a concessionária como a central para utilizar os equipamentos do cliente para operar com eficiência, realizar gestão da demanda, utilizar os geradores fotovoltaicos para controle de harmônicos e ajuste de potência reativa, aproveitar os

VEs e bancos de baterias para atuar na distribuição eficiente de energia e controle de reativos (CONEDISON, 2018).

Apesar de ser uma realidade atual, as DSPs estão em fase inicial em alguns países do mundo, como os Estados Unidos e em outros ainda estão em fase de estudo, como no Brasil, visto que para ser transformada em uma DSP, a concessionária precisa ter uma rede de comunicação sólida, inteligente e integrada com os consumidores (CONEDISON, 2018). Outros fatores cruciais são a regulação e a legislação vigentes nos países. Enquanto nos Estados Unidos e Alemanha já há abertura para venda de energia entre os clientes com GD e a concessionária, a legislação brasileira impede que essa prática seja feita, já que só existe abertura para acúmulo de créditos de energia.

Dentre os RED existentes, uma das tecnologias com maior flexibilidade regulatória são os veículos elétricos. No Brasil a legislação permite que a concessionária e as empresas que possuem eletropostos instalados escolham o valor de venda da energia elétrica nos eletropostos para recarga dos VEs (ANEEL, 2018). Apesar dos benefícios citados, o aumento de RED pode causar instabilidades em redes de distribuição que não estão devidamente preparadas, por exemplo, para se ter VEs e GDs é necessário um medidor inteligente e conscientização dos clientes com relação ao uso e horário de recarga dos veículos, que num futuro próximo poderão sobrecarregar a rede. Testes sobre a resposta do sistema com a entrada de VEs já estão sendo feitos pelo Brasil, inclusive o país já possui o projeto *Emotive* da CPFL, concluído (PROJETO EMOTIVE, 2020), e uma estrada elétrica no Sul do país idealizada pela Copel, que consistiu na instalação de eletropostos na rodovia BR 277, que cruza o estado no sentido Leste-Oeste. O percurso entre as cidades de Paranaguá e Foz do Iguaçu tem 730 quilômetros de extensão e possui 12 eletropostos no total (COPEL..., 2019). Outras propostas também estão inclusas em uma iniciativa da ANEEL criada em 2018 para expansão da mobilidade elétrica, o Projeto Estratégico de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D nº 22: “Desenvolvimento de Soluções em Mobilidade Elétrica Eficiente” (ANEEL, 2019).

A partir dos pontos destacados, pode-se perceber que o Brasil ainda precisa evoluir no seu sistema de distribuição para alcançar um modelo de DSP, entretanto, as concessionárias já podem se preparar e efetuar testes para entender os pontos de deficiência e como este mecanismo seria implementado economicamente para direcionar e indicar necessidades da legislação brasileira. Por isso, o objetivo deste trabalho é entender como o Brasil e outros países estão frente à diversificação dos serviços das distribuidoras, em especial com relação a popularização dos veículos elétricos. A partir disso, a proposta será criar um modelo de tarifas adaptado às normas brasileiras para incentivar a mudança de hábitos de carregamento e comparar os resultados obtidos com a realidade atual.

2. Aprofundamento do estudo em DSP e VE

Este capítulo apresenta as características gerais de um serviço de DSP e sua integração com alguns tipos de RED, com foco especial para os veículos elétricos, isto é, contextualização do estado atual, forma de carregamento, classificações de VEs e problemas atrelados.

2.1. Visão Geral de uma Plataforma de Sistemas Distribuídos

A expansão dos dispositivos RED fomenta a mudança de negócios das empresas ligadas à distribuição de energia elétrica, já que ao instalar uma GD, adicionar um sistema de armazenamento ou melhorar a eficiência energética, o cliente passa a consumir menos energia e, consequentemente, a concessionária deixa de rentabilizar com essa energia. Apesar da queda de consumo, a concessionária ainda terá de manter a rede instalada para suprir a demanda que ainda resta desses e de clientes sem RED, o que fomenta a criação de outros modelos econômicos para as empresas envolvidas com a prestação deste tipo de serviço. Nesse contexto surgem as DSPs, que contribuem para a criação de valor entre os consumidores e concessionárias, gerando algumas vantagens e benefícios, tais como os citados no documento (CPFL, 2018):

- Controle de Capacidade Dinâmica para amortecimento do consumo de ponta: utiliza painéis fotovoltaicos, armazenamento, inversores inteligentes e cargas controláveis para a redução da demanda de ponta nos sistemas de distribuição e transmissão, postergando investimentos na rede;
- Flexibilização Dinâmica de Rampa de Geração: controle dinâmico de RED para o suporte imediato de energia em períodos de ponta locais e do sistema;
- Controle de Tensão e Suporte de Reativos: utilização de inversores inteligentes que fornecem controle de tensão e suporte de potência reativa. O intuito dessa manobra é trazer melhoria na qualidade de energia, funcionando como uma alternativa econômica à compra de equipamentos para regulação de tensão além de reduzir perdas no sistema;
- Confiabilidade e Resiliência: instalação de sistemas de armazenamento de energia em consumidores que contribuem no fornecimento de energia para momentos críticos, o que traz maior confiabilidade para os sistemas.

O conglomerado de distribuidoras de energia de Nova Iorque, formado por ConEdison, *National Grid* e Avangrid, traz um plano de ação voltado para a evolução de tecnologias e atender às futuras necessidades dos clientes utilizando um modelo de DSP. De acordo com (CONEDISON, 2018), uma DSP é constituída por três funções, conforme a figura 1.

Além disso, os RED também estão passando a ter papel fundamental na infraestrutura da rede elétrica de distribuição, pois estão agindo como soluções alternativas aos modelos convencionais de ampliação da rede. Nesse modelo, os RED são chamados de *Non-Wires Alternatives* (NWS),

ou ‘Alternativas Não Ligadas aos Fios’, e são definidos como projetos que têm papel de adiar investimentos das concessionárias. Trazem como ponto positivo a redução de custos e emissões de gases de efeito estufa e a modernização da rede (NYSEG, 2018).

Figura 1 - Principais funções de uma DSP



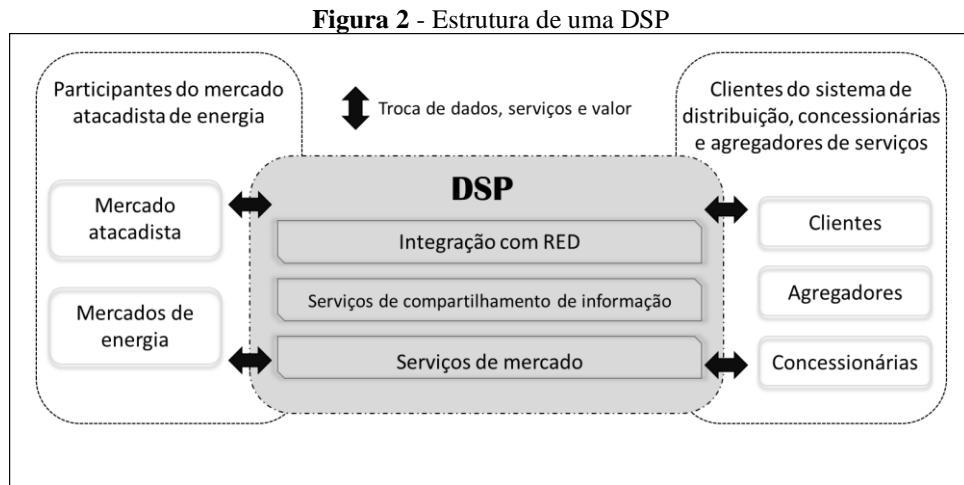
Fonte: adaptado de (CONEDISON, 2018).

- **Integração com RED:** são planejamentos e melhorias operacionais envolvendo a conexão e integração eficiente com os RED mantendo a confiabilidade e segurança do sistema.
- **Compartilhamento de informação:** são os sistemas de comunicação e informacionais que realizam a coleta, manuseio e compartilhamento de informações com os dados dos sistemas e clientes. Esses serviços permitem que os clientes possam escolher a forma de participação no mercado de RED.
- **Serviços de mercado:** são os programas de utilidades, compras, coordenação de compras e tarifas. São responsáveis por criar valor e promover a negociação entre consumidores e concessionária.

2.2. Arquitetura Simplificada de uma DSP

Conforme já mencionado, as DSPs preveem a integração com mercado de energia, isto é, os clientes convencionais, as concessionárias e o mercado livre de energia serão interconectados e a energia deve fluir entre as três partes, portanto, a DSP traz a formação de um novo grande mercado de energia (CONEDISON, 2018). Em decorrência desse movimento, um modelo estruturado de como o fluxo deve funcionar está descrito na figura 2.

O Mercado Livre de energia brasileiro, também chamado de ACL (Ambiente de Contratação Livre) é um espaço competitivo em que os participantes podem negociar valores para contratação (CCEE, 2020). Os participantes do mercado cativo, chamado de ACR (Ambiente de Contratação Regulada), serão conectados com os do ACL, ocorrendo troca de energia, dados, serviços e funcionalidades (CONEDISON, 2018).



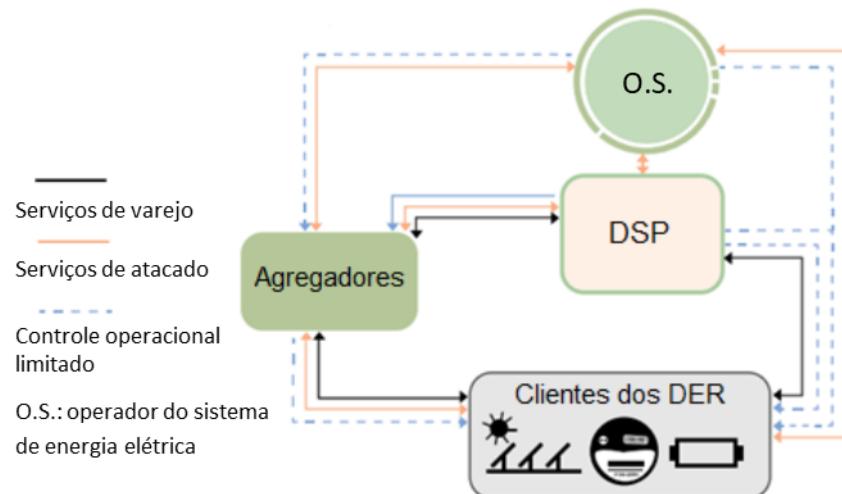
Fonte: adaptado de (CONEDISON, 2018).

Como o mercado final criado precisa integrar os mercados livres, consumidores e concessionárias, é necessário construir uma plataforma em que os clientes (consumidores) possam acompanhar o desempenho da rede e de seus ativos. Na ideia prevista pelas empresas de Nova Iorque, a DSP terá pontos de controle em cada um dos dispositivos REDs conectados à rede, e será por esses dispositivos que o controle será realizado. Além de controle, esses pontos enviam dados de preços dinâmicos para cada sistema conectado. Para ter um controle fácil e intuitivo, os clientes terão acesso a um aplicativo de gestão. Essa integração com os REDs facilita ações a serem realizadas como fornecimento de energia fora de pico (CONEDISON, 2018).

Dadas as fases de uma implementação de DSP apresentadas na figura 3 é possível dividir uma DSP em duas gerações (CONEDISON, 2018):

- Primeira Geração (DSP 1.0): fase inicial de desenvolvimento do modelo de plataforma de serviços, nesse estágio existe:
 - interconexão simplificada e evolução do sistema de medição das concessionárias;
 - compra de redes NWS;
 - evolução na segurança de atuação com RED;
 - fornecimento de serviços entre o mercado de energia e os clientes de RED;
 - troca de serviços entre DSP e agregadores;
 - Estruturação inicial do mercado e transações entre os participantes do mercado.

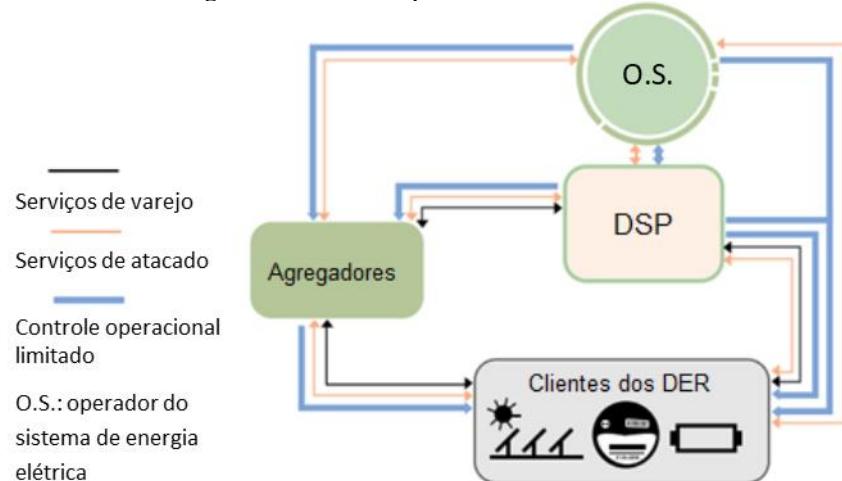
Figura 3 - Fluxo simplificado de uma DSP 1.0



Fonte: adaptado de (NYSEG, 2018).

- Segunda Geração (DSP 2.0): com as melhorias previstas no modelo da primeira geração, o compartilhamento de informações terá evoluído e alimentará os softwares de análise e gestão com mais dados, logo, os RED serão monitorados com mais precisão. Isso permitirá que os controles operacionais deixem de ser limitados e abrirá um leque maior de transações possíveis entre o mercado, DSP, agregadores e clientes do sistema. Ademais, nessa fase também há a consolidação de serviços dos mercados atacadistas e todos os pontos limitados da primeira geração passam a ser sólidos e operando.

Figura 4 – Fluxo simplificado de uma DSP 2.0



Fonte: adaptado de (NYSEG, 2018).

Para que a DSP possa funcionar conforme o idealizado é preciso que exista uma estruturação dos seus três pilares (REDs, compartilhamento de informações e serviços de mercado). A integração com os recursos energéticos distribuídos permite que os consumidores com armazenamento de energia, minigeração e microgeração possam interagir com a

distribuidora no ecossistema, permitindo que a energia tenha fluxo bidirecional. Como um plano de implementação para a evolução das DSPs está a evolução gradativa dos RED, ilustrado na figura 5, e pode ser adaptado para um cenário futuro brasileiro.

Figura 5 - Evolução esperada de uma DSP



Fonte: adaptado de (CONEDISON, 2016).

2.3. Panorama Geral dos Veículos Elétricos

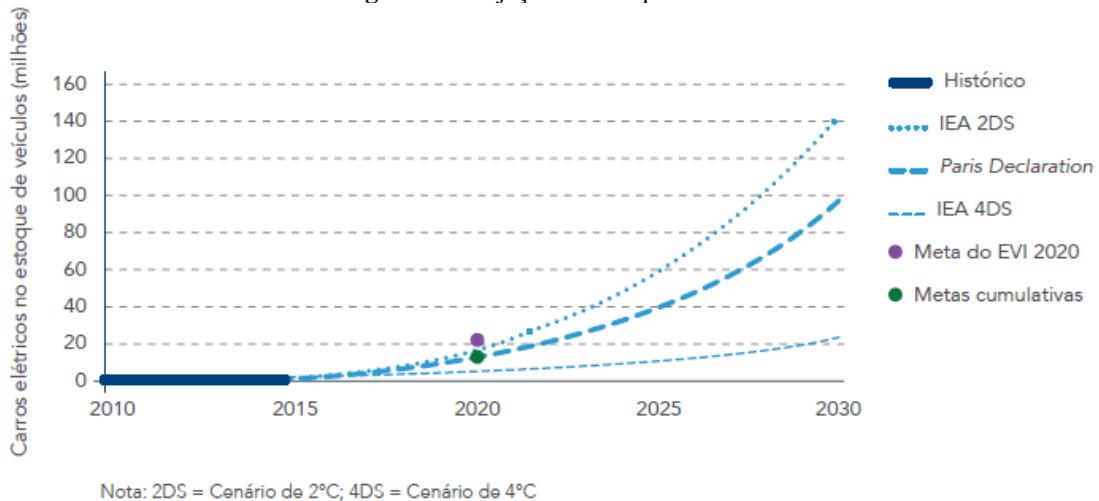
Apesar de parecer algo novo, os veículos elétricos (VEs) surgiram na primeira metade do século XIX na Escócia e Estados Unidos e foram destaque na utilização como meio de transporte até a popularização dos veículos à combustão interna (VCIs), que deixaram o uso da manivela dos VEs da época ultrapassados. Outro fator que fez a queda em investimento nos veículos à bateria foi o custo baixo da gasolina, principal combustível dos VCIs. Nas últimas décadas houve um crescimento elevado da frota de veículos elétricos por todo o globo, impulsionados pela crescente no preço do petróleo, que implica diretamente no preço da gasolina, e pelas diversas iniciativas envolvendo o meio ambiente (ÉPOCA, 2021).

Dessa forma, pode-se dividir o estágio dos VEs em três grandes eras: a primeira entre 1801 e 1950, em que o carro elétrico teve seu início e logo foi superado pelos VCIs; a segunda era, de 1951 e 2000, em que os VEs se tornaram foco novamente devido às guerras pelo petróleo e aos elevados níveis de poluição; por fim, a terceira era ou era atual, que começou em 2001, cuja mobilidade elétrica passou a evoluir tecnologicamente e passou a ser foco do setor privado (FGV, 2017).

Trazendo para o cenário atual, o foco principal dos países está sendo o Acordo de Paris, que traz como mensagem a adoção à geração sustentável de energia, procurando fontes alternativas de energia. Uma projeção da Agência Internacional de Energia (AIE) prevê que para manter um crescimento aceitável da temperatura na Terra até 2030, os veículos elétricos deverão representar

cerca de 10% da frota de veículos leves, o que corresponde a 140 milhões de veículos elétricos leves em circulação (FGV, 2017). Em 2019 o número de veículos elétricos era de pouco mais de 7 milhões, o que mostra que ainda há muito o que evoluir no tema (TRT, 2020). A figura 6 mostra a projeção para que a meta proposta pela AIE seja concretizada.

Figura 6 - Projeção de estoque de VEs



Fonte: (FGV, 2017).

Apesar da popularização ocorrida nos últimos anos, os veículos elétricos ainda possuem valor de compra mais elevados do que os tradicionais veículos à combustão, entretanto, os VEs são mais econômicos do que os atuais VCIs, devido a maior eficiência do seu motor, e por isso estão tendo evolução na participação do mercado (FGV, 2017). Por conta do valor elevado, alguns países passaram a adotar incentivos fiscais para empresas que produzem veículos elétricos e para os consumidores que comprarem esse tipo de veículo. Na Europa, pelo menos um quinto dos países da União Europeia possuem tais incentivos, como citado em (UOL, 2018):

- Alemanha: os compradores de veículos elétricos recebem incentivo de até 4 mil euros de desconto no valor do carro a ser comprado;
- Romênia: incentivo de 10 mil euros no valor do carro a ser comprado e caso o consumidor já tenha um carro à combustão, o incentivo pode chegar até 11 mil e 500 euros.

Dos exemplos apresentados, pode-se ver que um dos caminhos para popularização dos VEs é a redução do valor de compra, mas outra medida fiscal que atinge os compradores é a isenção de impostos sobre os carros. Na Europa apenas três países não possuem isenção fiscal, os demais atuam de alguma forma reduzindo ou abolindo totalmente os impostos sobre os veículos. Vale ressaltar que a isenção de taxas ocorre majoritariamente entre a venda do carro e utilização do veículo pelo cliente, já na produção não são tão comuns. O país tido como modelo para incentivo à mobilidade elétrica é a Noruega, que aboliu todos os impostos envolvendo veículos elétricos e híbridos, sendo o pioneiro na Europa a adotar esta medida (UOL, 2018).

Mais uma forma de incentivo à utilização dos veículos é dar benefícios em estacionamentos e em pedágios, ou seja, esses veículos passam a transitar e estacionar sem taxas adicionais. Ainda no cenário de benefícios, algumas cidades trazem a redução de taxas para companhias de táxi e motoristas de aplicativo, fomentando a compra de veículos elétricos para frotas de carros corporativos. Por fim, o outro modelo de incentivo é a ampliação da rede de eletropostos (também chamados de EVSE, do inglês, *(Electric Vehicle Supply Equipment)*), visto que o carro elétrico possui carregamento diferente dos carros à combustão e tem tempo de carregamento superior (UOL, 2018).

Os incentivos encontrados nos Estados Unidos são similares com os da Europa e variam conforme o estado em que o carro é comprado e utilizado. Uma regra válida para todo o país era o crédito de mil dólares no caso de instalação de um ponto de recarga na residência entre 2018 e 2020. Por ser escolha de cada estado, os benefícios vão de aumento do incentivo por instalação de ponto de recarga, custeio de parte da compra de um veículo, isenção de impostos até a liberação de estacionamento em áreas limitadas e do uso de faixas prioritárias em conjunto com ônibus e táxis (TESLA, 2020).

Dado o panorama mundial, o Brasil aparece com iniciativas similares às comentadas anteriormente. O governo federal passou a zerar o imposto de importação de veículos elétricos que são totalmente elétricos ou movidos unicamente por hidrogênio. Além disso, o Brasil possui isenção total ou parcial do Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) de veículos elétricos. Na cidade de São Paulo os motoristas possuem 50% no IPVA e não estão incorporados no sistema de rodízio da cidade. Trazendo a visão estadual, Piauí, Maranhão, Ceará, Sergipe, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte e Pernambuco não taxam IPVA de veículos elétricos enquanto São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul reduzem em 50% desse imposto (CPFL, 2020). Além dos benefícios comentados, existem projetos de lei que prometem dispensar o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) de veículos 100% elétricos e reduzir em 50% em veículos híbridos, além disso, o Projeto de Lei 3174/20 traz a substituição de veículos federais por veículos elétricos (CAMARA LEGISLATIVA, 2020)

2.4. Aspectos técnicos de um VE

De acordo com (FGV, 2017), um veículo elétrico utiliza pelo menos um motor elétrico para propulsão. A energia elétrica é o combustível desses motores e pode ser adquirida conectando o carro diretamente na rede externa por plugs ou cabos aéreos, pela reação em células de hidrogênio, ou então por regeneração de energia. A energia capturada é armazenada em baterias, que levam a energia até os motores.

Por conta da baixa taxa de poluição (sonora e atmosférica), os VEs são classificados como veículos de “emissão zero”. Além de sustentáveis, os motores elétricos também são mais

eficientes do que os motores à combustão, pois enquanto um VE possui eficiência de 80%, os VCIs não passam de 20% (FGV, 2017). A figura 7 mostra um comparativo entre dois carros similares, um à combustão e outro elétrico, o que comprova o ganho econômico. São destacados o uso de gasolina *versus* eletricidade, o desempenho de cada veículo, ou seja, a distância percorrida por combustível/electricidade. São considerados também outras questões como a manutenção necessária no veículo e a emissão de gás carbônico de cada veículo.

Figura 7 - Comparativo entre VE e VCI

	Toyota Corolla a gasolina – 2016	Nissan Leaf BEV (bateria de 24 kWh) – 2016
Uso anual de gasolina	1.438 litros (380 galões)	0 litros
Uso anual de eletricidade	0 kWh	3.620 kWh
Desempenho (cidade/estrada)	12/16 km/l	27/33 kWh/100m
Custo anual de combustível/electricidade	US\$844	US\$615
Custo de manutenção no primeiro ano	US\$3.102	US\$2.720
Custo por milha	US\$0,26	US\$0,23
Emissões anuais (libras de CO₂)	9.129	2.602

Fonte: (FGV, 2017).

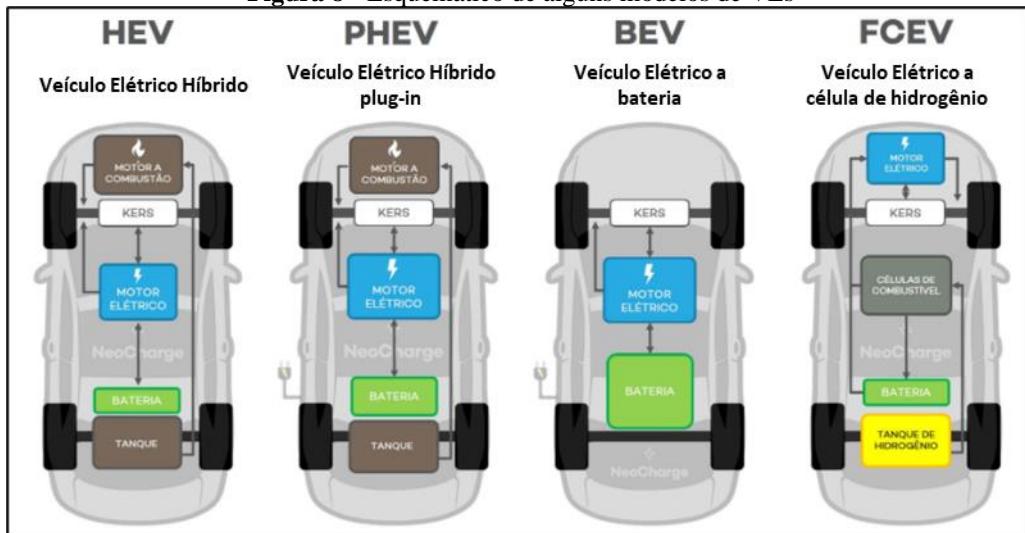
Os veículos elétricos podem ser divididos entre os 100% elétricos e os híbridos, ou seja, veículos que operam com dois tipos de motores, à combustão e elétrico. Entre os tipos de veículos elétricos, aparecem alguns modelos que serão descritos a seguir e ilustrados na figura 8 (FGV, 2017) e (NEOCHARGE, 2020):

- HEV: conhecido como “híbrido puro” (da sigla em inglês *Hybrid Electric Vehicle*). Seu motor principal, aquele que dá a propulsão ao carro, é movido à combustão interna, nesse caso, o motor elétrico atua em conjunto para melhorar a eficiência do motor e fornecer tração à baixa potência. A energia do motor elétrico é utilizada a partir da regeneração de energia nos freios do veículo, modelo também conhecido como KERS (sistema de recuperação de energia cinética), que aproveita a energia do calor e cinética dos freios;
- PHEV: motor chamado de “híbrido *Plug-in*” (da sigla em inglês *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*). Esse motor possui funcionamento similar ao HEV, mas em vez de receber a energia apenas da regeneração de energia da ação dos freios, a fonte de energia para alimentar o motor elétrico pode ser vinda de carregamento externo. Como também utiliza combustíveis tradicionais, geralmente garante uma maior autonomia. O diferencial desse modelo em relação ao HEV é a possibilidade de ser 100% elétrico por algum tempo, podendo prover em torno de 100 km de autonomia.
- E-VER: chamado de “híbrido de longo alcance” (da sigla em inglês *Extended Range Electric Vehicle*), é um híbrido que possui o motor elétrico como principal e recebe energia de uma fonte externa como principal fonte de carregamento. Nesse modelo o motor à

combustão interna fornece energia a um gerador que mantém o nível mínimo de carga na bateria, o que dá maior autonomia para o veículo elétrico;

- FCEV: são os veículos movidos à célula de hidrogênio, da sigla em inglês *Fuel Cell Electric Vehicle*. Eles combinam hidrogênio e oxigênio para produzir a eletricidade que fará funcionar o motor. A reação química que acontece nessa célula produz como produtos água, energia e calor. Portanto, esse modelo não possui subprodutos que contribuam para aquecimento global. Comparando com os outros tipos de VEs, o FCEV tem autonomia similar aos veículos movidos à combustão, entre 300 e 500 km, que é superior à maioria dos VEs. Esses modelos também podem apresentar KERS como fonte auxiliar de energia.
- BEV: são os carros 100% elétricos que possuem apenas um motor elétrico, da sigla em inglês *Battery Electric Vehicle*. Esse modelo também pode apresentar a regeneração com o KERS, já que a recarga principal é feita por uma fonte externa de energia. Esse modelo possui autonomia menor que os FCEV, mas pode ser recarregado em casa, utilizando tomadas, o que permite maior facilidade de recarga.

Figura 8 - Esquemático de alguns modelos de VEs

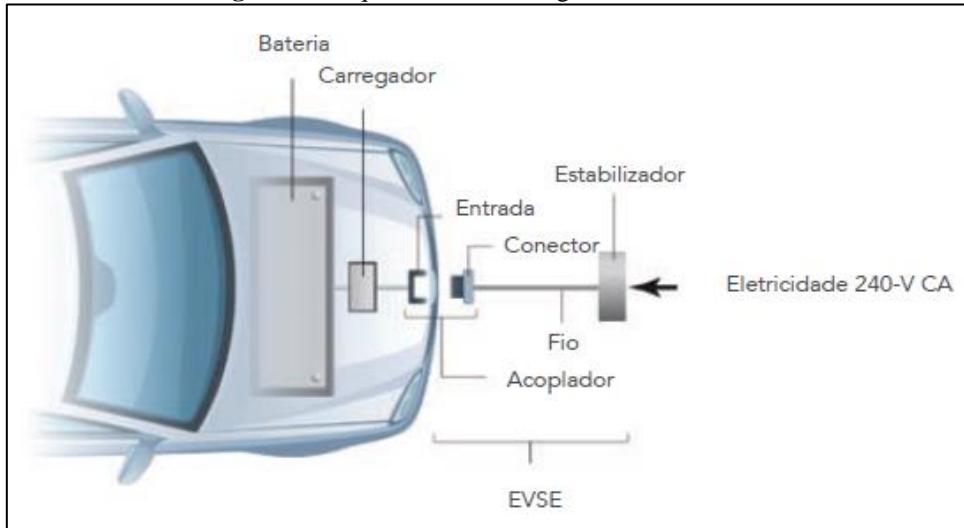


Fonte: (NEOCHARGE, 2020)

Dentre os carros descritos, alguns possuem a recarga vindas de uma fonte externa de energia, permitindo maior alcance, além da autonomia padrão da bateria. Dentro dessa ideia, faz-se necessária a construção de pontos de recarga para tais carros, seja em casa ou em locais estratégicos para que os clientes possam ter a garantia do investimento realizado. Dada essa necessidade, os países estão investindo na expansão e instalação de pontos de recarga nas residências, shopping centers, locais públicos e prédios empresariais. Alguns países lideram essa frente, como EUA e China, sendo que esta última promete instalar 500 mil eletropostos públicos até 2030 (FGV, 2017).

O ponto positivo do formato de carregamento dos veículos elétricos é que são versáteis e permitem a construção de diversos modelos de carregamento, dos mais rápidos até alguns mais lentos, que podem ser instalados dentro das residências. A figura 9 traz o esquemático geral de um carregamento:

Figura 9 - Esquemático de carregamento de VE



Fonte: (FGV, 2017)

A classificação dos tipos de carregamento existentes se divide conforme a tecnologia e tempo de carregamento necessário. A classificação geral é dividida em cinco principais:

Nível 1: utilizado geralmente em residências e prédios empresariais. A conexão ocorre em tomadas convencionais com tensão nominal baixa, de 127V (corrente alternada), o que permite a versatilidade de instalação. A autonomia por hora de recarga é baixa, já que a tensão é monofásica e fica entre 3km e 8km (FGV, 2017);

Nível 2: assim como os carregadores de Nível 1, esses são comuns em locais de trabalho e nas residências. A tensão de recarga está entre 220V e 240V (corrente alternada) e garante uma autonomia maior que o carregamento de Nível 1, de 9km a 96km por hora carregada (FGV, 2017). Esse nível requer uma caixa de carregamento e proteção dedicada, podendo chegar à potência de 3,7kW (LUGENERGY, 2020);

Carregamento Semirrápido: são mais comuns em locais públicos ou em postos em estradas, que permitem viajantes a seguir viagem com maior autonomia. A tensão passa a ser mais elevada e há a necessidade de instalar um sistema de carregamento similar ao Nível 2, mas com maior robustez. O tempo de carregamento total para esse tipo de carregamento é menor, o veículo pode ser carregado em menos de 4h;

Carregamento Rápido: O tempo de carregamento é menor, em menos de uma hora o veículo pode ser carregado, o que dá um acréscimo de autonomia, já que o consumidor pode realizar

recargas rápidas no caso de uma viagem. Esse tipo de carregamento utiliza corrente contínua. Apesar da elevada velocidade de carregamento, esse tipo não é recomendado para clientes utilizarem em casa devido ao custo dos equipamentos e diminuição da vida útil da bateria (LUGENERGY, 2020);

Carregamento sem fio: permite o carregamento dos carros sem que haja conexão com o eletroposto. É um tipo de recarga mais versátil e existente para alguns modelos de veículos elétricos e possui modelos entre todas as faixas de carregamento anteriores (ELECTRIC MOBILITY BRASIL, 2020). A ideia do futuro é ter rodovias eletrificadas para realizar o carregamento dos veículos enquanto estes estão trafegando pela estrada. Testes já foram realizados no Reino Unido e Suécia, mas em pequenos trechos. A ideia é utilizar bobinas embaixo da rodovia para gerar um campo magnético que é utilizado para carregar a bateria dos carros (QUATRO RODAS, 2020).

Apesar da norma brasileira NBRIEC61851-1 não estabelecer um modelo padrão para recarga no país, existem alguns modelos que são amplamente utilizados no mercado, sendo os mais comuns:

- Modelo SAE J1772: é um modelo padronizado da norma americana de VEs. Esse plugue pode ser utilizado em tensão monofásica (127V ou 220V) para recarga em corrente alternada e supre potência até 7,4 kW. Possui 5 pinos, 2 para fases, 1 para controle piloto, 1 para detecção de proximidade e o pino terra. Esse plugue possui suporte para 10 mil conexões e desconexões. Esse padrão está mais presente em carros de origem norte-americana ou canadense (CPFL, 2017d);
- Modelo Mennekes: é vindo da fabricante alemã de mesmo nome, é o segundo tipo da norma IEC 62196-2 e foi admitido como modelo padrão da Associação dos Fabricantes Europeus de Automóveis, portanto está mais presente em veículos de origem europeia. É uma conexão versátil e permite todos os tipos de carregamento possíveis em corrente alternada atuando em potências entre 3,7kW e 44kW. Esse modelo conta com dois pinos a mais que o SAE J1772, sendo mais um pino para a fase e um para neutro (CPFL, 2017a);
- Combo CCS: também chamado de sistema combinado de recarga, esse modelo foi criado entre SAE e IEC para ter um conector de carregamento CC e CA. O modelo agora já faz parte dos modelos montados por Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, *General Motors*, Porsche e Volkswagen. A ideia do novo padrão foi universalizar o plugue de carregamento dos eletropostos. Mesmo com a criação novo padrão, ele tem variação entre EUA e Europa. O Combo 1 é mais utilizado nos Estados Unidos e possui uma parte específica para carregamento CA no estilo SAE até 19kW e outra destinada para

carregamento CC até 100kW. O Combo 2 é mais comum em modelos europeus, sendo similar ao Combo 1, mas com o carregamento CA no modelo Mennekes (CPFL, 2017c);

- CHAdeMO: modelo de carregamento elaborado no Japão para atender o carregamento rápido no país. Possui capacidade de 62,5kW em alimentação de corrente contínua (CPFL, 2017b);

Conforme visto, o número de veículos elétricos está crescendo nos últimos anos e o mercado está se preparando para isso incentivando a compra dos veículos com redução de impostos e outros incentivos fiscais. Além disso, existem projetos para viabilizar a ampliação de autonomia dos veículos com a instalação de novos eletropostos mais eficientes com carregamento rápido como o Corredor Verde de Mobilidade Elétrica do Nordeste e o Corredor Elétrico Sul. Aliados com os incentivos ambientais, esse crescimento está trazendo o crescimento da demanda de veículos e postos, que consequentemente trarão o aumento da necessidade energética, de matéria-prima e infraestrutura.

Nesse caso, os preços dos VEs são um fator importante para penetração desse tipo de automóvel. Analisando o mercado de baterias, houve queda do preço do lítio de 98% entre 1990 e 2020 o que é um sinal positivo, já que esse metal é o principal componente das baterias (CANALSOLAR, 2020). A movimentação do mercado também traz evolução na extração do metal, que acarreta danos ambientais. Estima-se que um VE emita 15% a mais de gases de efeito estufa em sua produção do que os VCIs tradicionais. Entretanto, o VE consegue igualar a produção de gases em até 18 meses em funcionamento, visto que os VCIs continuam gerando gases, enquanto os VEs não (FGV, 2017). Os VEs também podem ser utilizados como RED fornecendo energia para a rede em momentos de pico de demanda e recarregar durante o vale (ou horário de menor demanda), o que dá suporte para as distribuidoras. Segundo (FGV, 2017), estudos realizados em alguns países trazem um aumento de até 8% da demanda de energia por conta da inserção dos veículos elétricos, portanto, os países devem estar preparados para aumentar a geração e melhorar a infraestrutura da transmissão e distribuição para suportar tal inserção. Entre os principais problemas está o crescimento pontual da demanda em alguns horários do dia, podendo ocasionar estresse na rede. Assim, formas de equilibrar o carregamento de clientes com VE se fazem necessárias. Alguns modelos são:

- Carregamento Direto: este tipo de carregamento não possui nenhuma estratégia específica, é deixado que os clientes realizem a recarga no momento que desejarem sem prejuízo. Todavia, esse sistema gera problemas para a rede de distribuição, pois a tendência é que todos recarreguem os carros ao chegar em casa do trabalho, gerando um crescimento de demanda nesse período e uma possível sobrecarga no sistema;

- Carregamento no Vale: essa técnica já é praticada em diversos locais. No Brasil ela existe para os clientes que optam pela tarifa branca com a concessionária. Nesse caso o cliente possui tarifação diferente entre horário de ponta e horário fora de ponta. Esse modelo é utilizado porque faz com que os clientes organicamente passem a recarregar seus carros fora de ponta, o que contribui para a gestão da rede de distribuição;
- Carregamento Controlado: esse modelo é utilizado em conjunto com o carregamento de vale e redes inteligentes. A estratégia utilizada estabelece que o carro elétrico passa a ser carregado nos momentos que um sistema especialista identificar quais são os melhores horários de recarga, de modo a evitar sobrecarga da rede elétrica;
- Carregamento V2G: do inglês *Vehicle to Grid* é uma plataforma que permite troca de energia entre a rede e o VE. A inserção de energia armazenada nos veículos elétricos é utilizada para balancear a demanda no horário de pico. A presença da tecnologia V2G permite também equilibrar a geração de fontes renováveis intermitentes, como geradores solares fotovoltaicos, que não conseguem gerar energia no período noturno. Apesar dos benefícios para a rede, esse modelo pode apresentar diminuição da vida útil das baterias por conta das cargas e descargas diárias (V2G..., 2018).
- Carregamento V2B: do inglês, *Vehicle to Building*, é uma derivação da plataforma V2G, em que o ecossistema deixa de ser toda a rede elétrica e passa a ser apenas a rede comercial e o VE. Funciona como uma adição ao compartimento de baterias de algum prédio e fornece ou cede energia nos momentos que for necessário (SINOVOLTAICS, 2019).
- Agregadores: surgem quando a frota de veículos elétricos cresce e passa a influenciar a demanda de ponta. São responsáveis por intermediar o contato com o operador de distribuição e são responsáveis por modular a curva de carregamento dos VEs presentes no sistema. O agregador precisa de dados dos clientes que possuem VE para realizar tal modelagem e intermediar o mercado com operadores do sistema (CLAIRAND; PAZMI; ALVAREZ-BEL, 2018).

Devido aos problemas que a demanda de pico elevada pode causar à rede, as concessionárias por todo o mundo passaram a aderir o formato de postos tarifários, isto é, o dia foi dividido em algumas faixas de horário, em que os horários de maior demanda (ou de ponta) possuem preço por kWh mais alto e os horários com menor demanda foram (ou fora de ponta) possuem um valor mais baixo. Os consumidores brasileiros pertencentes à classe B podem optar pela utilização do modelo de Horária Branca (ou TOU “*Time of Use*”), em que o dia é dividido em três faixas: ponta, intermediário e fora de ponta. Nos Estados Unidos existe uma variação entre estados da adoção desse modelo com relação aos veículos elétricos. A ConEdison possui uma abertura para que clientes com VE possam adicionar um medidor específico para carregamento do VE e com isso

ter um valor cobrado pelo kWh abaixo do convencional. A redução ocorre se o cliente instalar um medidor específico e a queda na tarifa será de aproximadamente 0,30 centavos de dólar por kWh, caso realize o carregamento no horário de ponta entre os meses de outubro e maio. Já ao se comparar o valor da tarifa para carregamento fora do horário de pico, esse cliente terá uma redução significativa de aproximadamente 10 centavos de dólar por kWh.

Países como a França e Alemanha possuem outros tipos de incentivo para clientes e empresas com VE. Na Alemanha, por exemplo, empresas que possuírem um sistema de carregamento no trabalho de forma gratuita para seus colaboradores recebem redução em alguns impostos. Vale ressaltar que esses clientes possuem incentivos também para a instalação dos postos residenciais, pagando menos pela instalação (WALLBOX.COM, 2020). Na França, o incentivo é similar ao que acontece nos EUA, a concessionária EDF, por exemplo, fornece duas opções na modalidade TOU, sendo que o cliente pode escolher a que mais adequa e passar a utilizar, a única necessidade do cliente é instalar um medidor inteligente em residência e passar a carregar o carro (TARIF..., 2020).

2.5. Modelos Tarifários

Diferente do Brasil, alguns países já possuem um sistema de recompensas atrelado a serviços envolvendo comercialização de energia, por exemplo, nos Estados Unidos e Alemanha os clientes podem realizar a venda de energia gerada em GDs, enquanto no Brasil só é permitida a utilização de compensação de créditos, em que o consumidor pode descontar de tarifas futuras a energia que tem em superávit (ANEEL, 2015d). Por isso, será feito um aprofundamento do modelo tarifário existente no Brasil e em alguns países para entender as diferenças e similaridades (SMARTASSET, 2018).

Como primeiro passo é válido entender como é cobrada a energia em outros países em comparação com o Brasil. Atualmente o Brasil possui um sistema que contempla dois grupos tarifários segundo a (ANEEL, 2020a) e (ANEEL, 2015a):

- GRUPO A: são unidades consumidoras de Alta Tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), Média Tensão (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS)). Dentro desse grupo é possível ter duas modalidades tarifárias:
 - Horária Azul: está disponível para todos os subgrupos e possui tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários);
 - Horária Verde: só os subgrupos A3, A4 e AS podem utilizar esse modelo que possui variação de valor de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência.

- Grupo B: contempla unidades consumidoras da Baixa Tensão, das Classes Residencial (Subgrupo B1), Rural (B2), Demais Classes (B3) e Iluminação Pública (B4). Esse grupo também possui duas opções de tarifa:
 - Convencional Monômia: tarifa única de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
 - Horária Branca: tarifa diferenciada de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Não está disponível para o subgrupo B4 e para a subclasse Baixa Renda do subgrupo B1.

Em paralelo, também existem as bandeiras tarifárias brasileiras, que interferem no custo da energia conforme o valor de geração. A energia vinda das hidrelétricas é mais barata do que outras formas de geração, como a vinda das termelétricas. Devido à dependência do regime de chuvas, quando os reservatórios das hidrelétricas começam a abaixar, as termelétricas passam a ser acionadas, o que causa um encarecimento da energia a ser distribuída. Uma medida tomada para equilibrar as contas foi a criação de bandeiras tarifárias conforme o custo de geração. O Brasil utiliza 3 bandeiras: verde, amarela e vermelha, sendo a primeira para situação em que as condições de geração são favoráveis, a segunda para situação intermediária e a terceira quando o custo para geração está mais elevado (ANEEL, 2015c).

Nos Estados Unidos o modelo tarifário é similar ao brasileiro, entretanto, não há a divisão de bandeiras tarifárias, mas existe um aumento do custo de energia nos meses de verão e para alguns grupos de clientes. Dentro do grupo residencial, em que a maior parte de clientes com VE estão, as tarifas na ConEdison são divididas em duas modalidades: padrão e por horárias.

Tarifa padrão: para consumo até 250 kWh o valor é fixo em 11,125 centavos de dólar por kWh consumido durante o ano todo. Para clientes com consumo maior que 250 kWh a cobrança se diferencia apenas nos meses de temperatura mais elevado (junho a setembro), que passa a ser 12,788 centavos de dólar por kWh consumido (CONEDISON, 2020a);

Tarifa por horários: nessa modalidade as tarifas são mais baixas durante os horários fora de ponta (entre 00h e 8h), sendo que nesse caso o cliente paga 1,55 centavo dólar por kWh consumido. Já para o horário de ponta o custo passa a ser maior, sendo que nos meses de maior temperatura o custo é de 21,97 centavos de dólar por kWh consumido, e esse valor cai para 8,130 centavos de dólar para os demais meses do ano (CONEDISON, 2020b).

Analizando os dois modelos é possível notar certa similaridade, pois ambos utilizam formas de aumentar o valor da tarifa nos meses que o consumo tende a ser maior (primavera e verão) e no modelo de horários, o cliente recebe incentivo na diminuição do valor por kWh para tentar diminuir o pico de demanda nesses horários.

2.6. Projetos atuais envolvendo VE

Conforme mencionado anteriormente, os governos estão incentivando o uso de veículos elétricos e enquanto eles não se tornam maioria no mercado, diversos estudos estão sendo realizados para entender como seria o impacto desses veículos nas redes elétricas, autonomia das baterias, localização de eletropostos, teste de um formato de DSP e modelos de incentivos que podem ser implementados no futuro. Focando no cenário nacional, algumas concessionárias estão agindo em parceria com redes de postos em rodovias para criar uma eletrovia ligando algumas das principais cidades do país. Alguns exemplos são os projetos Emotive da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), o Corredor Elétrico Sul, da Companhia Paranaense de Energia (Copel) e o Corredor Verde de Mobilidade Elétrica do Nordeste, idealizado pela Neoenergia. O primeiro foi um projeto realizado entre os anos de 2013 e 2018 com o intuito de avaliar os impactos da mobilidade elétrica no país, foram avaliados temas como: balanço energético, rede de distribuição e modelo de negócio de VEs. Esse projeto contou com a instalação de 10 eletropostos públicos, sendo dois na rodovia, entre as cidades de Campinas, Jundiaí e São Paulo, formando a primeira eletrovia do país. O projeto Emotive contemplou 16 veículos que trouxeram informações reais sobre impactos no sistema de distribuição, viabilidade econômica, ciclo de vida das baterias, estudo de tarifas de cobrança e outros (CAMARA LEGISLATIVA, 2020).

A eletrovia que está sendo construída pela Neoenergia deve interligar algumas capitais do Nordeste brasileiro e tem como objetivo incentivar a utilização de veículos elétricos por todo Brasil e a descarbonização da economia, ou seja, reduzir a emissão de carbono na atmosfera pela adoção de VEs e diminuição de veículos à combustão, que geram dióxido de carbono. O projeto terá ao final uma extensão com mais de mil quilômetros. O corredor estará presente em mais de 70 cidades e contará com eletropostos dentro das cidades e ao longo de algumas rodovias que ligam os 6 estados que o projeto contemplará. Os clientes que utilizarem o corredor poderão utilizar um aplicativo para verificar a localização das estações, as tarifas dinâmicas, reserva de veículos e pagamento do serviço. O eletroposto passará por 6 capitais brasileiras: Natal, João Pessoa, Recife, Maceió, Aracaju e Salvador (NEOENERGIA, 2020).

O projeto liderado pela COPEL possui parceria com a Itaipu Binacional e tem como foco ligar o Porto de Paranaguá à Foz do Iguaçu. Ao total são 12 postos de recarga distribuídos pelos 730km de eletrovia. A abertura da rodovia foi realizada em 2018 na BR-227 que cruza o estado, conforme a figura 10. Cada eletroposto possui potência de 50kVA com três tipos de conectores presentes no Brasil. Com essa potência, os carros podem carregar 80% da carga em 30 minutos, o que representa entre 150 e 300 quilômetros de autonomia. Vale ressaltar que os consumidores farão as recargas de forma gratuita (COPEL..., 2019).

Figura 10 - Eletrovia Paranaense



Fonte: (COPEL..., 2019)

Assim como no Brasil, nos Estados Unidos existem incentivos à disseminação dos VEs. O conglomerado de distribuidoras de Nova Iorque, citado anteriormente, tem alguns modelos focados para a expansão de mobilidade elétrica em conjunto com as DSPs. A seguir serão descritos alguns projetos em andamento realizados pela, NYSEG, *National Grid*, ConEdison.

- **NYSEG**
 - Piloto de otimização de VE: avalia como otimizar o carregamento das baterias baseado na sinalização do preço. Os participantes devem se inscrever em uma plataforma online e adicionar informações como carregamento desejado, flexibilização de horário e a opção de desconto que deseja. Um serviço em nuvem para monitoramento e os dados de carregamento são coletados por agregadores. O projeto começou no terceiro trimestre de 2019 e chegou a ter 35 cadastros ao final do mesmo ano. Os EVSE foram instalados nas regiões dos clientes e o piloto teve início em 2020 (NYSEG, 2020).
 - Integração de VE e sistema de armazenamento de energia: a ideia desse projeto é demonstrar como o armazenamento de energia pode ajudar a minimizar os impactos causados pelo carregamento de VEs em conjunto com prédios. O foco é utilizar 5 EVSE (*Electric Vehicle Supply Equipment*, ou eletroposstos) de nível 2 e dois de carregamento rápido. O projeto começou em 2018 e teve sua finalização em 2020 (NYSEG, 2020).
- ***National Grid***
 - *Residential Charging Program*: segundo o estudo realizado pela empresa, cerca de 80% dos carregamentos são feitos em casa e a maior parte dos seus clientes moram sozinhos ou em apartamentos pequenos, logo, a energia deverá chegar até os estacionamentos e casa dos clientes. A ideia do programa é iniciar um plano para simplificar e reduzir custos de 20 mil clientes com a inserção de descontos para a instalação de carregadores do nível 2 e de carregadores rápidos. Além disso, a pretensão é criar um site para criar uma rede

de venda de carregadores residenciais e outros serviços. Outro ponto que o programa visa desenvolver é a criação de incentivos para o carregamento fora de ponta, com redução de custo para carregar os VEs e outros benefícios. Dessa forma, a *National Grid* pretende aumentar a adoção de carregamento fora do pico (NATIONAL..., 2020).

- *Commercial / Multi-User “Make-ready”*: esse programa visa aumentar o número de portas de recarga, por isso ele promete inserir em torno de 23 mil locais de carregamento de nível 2 em 3 mil estações. Além das portas de nível 2, também está previsto inserir em torno de 600 entradas de carregamento rápido em 100 estações. Para que a iniciativa se concretize, a concessionária ajudará com o custeio de 50% do valor para inserção de eletropostos (NATIONAL..., 2020).
- ConEdison
 - Programa *SmartCharge* Nova Iorque: essa iniciativa está voltada para a adoção de carregamento fora de pico de VEs. A distribuidora age dando descontos aos clientes que aderirem ao programa e realizarem o carregamento dos veículos elétricos durante a noite. Está sendo uma iniciativa bem-sucedida, visto que mais de 2 mil consumidores se inscreveram para participar. Esse programa será analisado mais a fundo no capítulo 3 (CONEDISON, 2020b).
 - V2G utilizando ônibus escolar: foi realizado um estudo para identificar qual tipo de veículo poderia ser utilizado em uma plataforma V2G e constatou-se que os ônibus escolares operam apenas na época escolar e fora desse período permanecem sem trabalhar. Dessa forma, esses ônibus poderiam utilizar a energia elétrica para transportar as crianças durante o calendário escolar e cooperar com a rede elétrica no período de férias. O projeto iniciado tem a proposta de utilizar os veículos como ferramenta para controle da rede elétrica durante o período de férias (CONEDISON, 2020b).

3. Modelos de DSP Existe Agregando Veículos Elétricos

Conforme já comentado anteriormente, os veículos elétricos tiveram um crescimento de vendas elevado nos últimos anos. Um levantamento feito pelo *EV Sales Blog* aponta que entre o final de 2020 e início de 2021 as vendas desses veículos no mundo dobraram mês a mês. Outro fato apontado pelo *Blog* é de que em janeiro de 2021 foram vendidos mais de trezentos mil VEs, que corresponde a um aumento de 112% em comparação com o mesmo período de 2020 (OLHAR DIGITAL, 2021). No Brasil esse fenômeno não é diferente, a tabela 1 mostra a evolução da frota de VEs em três momentos, janeiro de 2020, outubro de 2020 e janeiro de 2021:

Tabela 1 – Crescimento da frota brasileira de VEs

Mês\Ano	Janeiro de 2020	Outubro de 2020	Janeiro de 2021
Número de VEs	34.748	52.264	55.631

Fonte: adaptado de (DENATRAN, 2021)

A partir dos dados apresentados na tabela 1, possivelmente nos próximos anos as concessionárias de energia elétrica presentes no Brasil precisarão desenvolver um modelo de serviço para agregar benefícios aos seus clientes. Uma forma de entender como o país pode se posicionar nos próximos anos é buscar referências de países que já estão vivendo essa transformação e entender quais mudanças já estão ocorrendo no Brasil, por isso os tópicos seguintes abordarão algumas iniciativas brasileiras e em outras regiões como Estados Unidos e Europa.

3.1. Iniciativas de Diversificação dos Serviços das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil

Para garantir que a energia seja entregue, foram criadas normas e padrões mínimos de fornecimento por órgãos regulatórios, como a ANEEL. Entretanto, nos últimos anos a tecnologia agregada às redes elétricas inteligentes, aos REDs e a disponibilidade de dados favoreceram a ampliação das atividades e expectativas vindas de uma distribuidora de energia. Além disso, esses fatores também foram responsáveis por um movimento inicial no modelo de negócio dos grupos com uma concessionária de distribuição de energia, isto é, o modelo tradicional em que os grupos de energia possuem uma distribuidora e agem apenas como um fornecedor de energia elétrica para os clientes está em um estágio inicial de mudança, pois os clientes, num cenário futuro poderão ter autonomia de gerar e administrar sua própria energia, o que exige maior modernização para as redes de distribuição. Nesse sentido, os grupos de distribuição devem passar a ser também um canal de serviços de forma a personalizar seus produtos de acordo com o perfil de cada cliente da rede (GESEL et al., 2019)

O novo modelo de distribuição deve ser baseado majoritariamente por incentivos à adoção de novas tecnologias que possam gerar mudança de hábitos. Uma das práticas pioneiras desse modelo é a utilização de postos tarifários como opção ao modelo convencional de tarifação. Existem também práticas focadas em incentivar a geração distribuída e a utilização de fontes renováveis, o que permite aos clientes a possibilidade de vender energia para a concessionária (prossumidores), bem como o modelo brasileiro de compensação por créditos de energia. Dessa forma, a distribuidora expande seu horizonte de atuação agregando tecnologia e outros serviços além do fornecimento de energia (GESEL et al., 2019).

Em países como a Alemanha, em que o cliente tem a opção de escolher entre algumas distribuidoras, a diversidade de serviços agregados pode se tornar um diferencial para escolha dos clientes. No Brasil o cenário é diferente, as concessionárias possuem concessões por regiões ou cidades e em cada cidade o cliente é obrigado a comprar energia daquela empresa específica. Nesse caso, os serviços agregados deixam de ser um diferencial para escolha da distribuidora, mas aparecem como fator que pode ampliar as áreas de negócio da empresa e melhorar a experiência do cliente. As iniciativas mais comuns são para suporte aos clientes que já passaram a ter REDs ou que buscam tê-los em suas unidades consumidoras, como painéis fotovoltaicos, dispositivos inteligentes, banco de baterias e veículos elétricos. Como oportunidade, as empresas brasileiras do setor iniciaram um movimento nesse sentido e cada uma encontrou uma forma de se reinventar para captar mais lucro e trazer mais serviços aos seus clientes. A maior parte das empresas buscaram atacar os grandes consumidores e agregar serviços de instalação ou acompanhamento de alguma instalação. Para o consumidor residencial a estratégia está associada a facilidades de instalação e parceiras com empresas de varejo. A seguir serão tratadas as iniciativas da Enel (*Ente nazionale per l'energia elétrica*), COPEL, EDP (Energias de Portugal) e Light (Light Serviços de Eletricidade S/A).

A Enel possui um braço de transformação mundial chamado Enel X, que busca trazer novas oportunidades para a empresa e clientes por meio da tecnologia. No Brasil atua procurando serviços com valor agregado para impulsionar mobilidade elétrica e contribuir com a transição para um sistema mais sustentável e benéfico para o meio ambiente (ENEL, 2020). Os serviços são divididos em 3 setores: empresarial, para cidades e residenciais. O primeiro agrupa soluções em monitoramento e gestão de gastos de energia, projetos de instalação de painéis fotovoltaicos, projetos de iluminação e redes de distribuição. Para as cidades, a Enel visa incorporar sistemas inteligentes para integrar e gerenciar a iluminação pública, mobilidade elétrica, e gerar eficiência energética nos prédios públicos. Para os consumidores residenciais existe uma plataforma chamada Enel X *store*, que possui uma gama de serviços adicionais. Essa plataforma agrupa seguros residenciais, assistências gerais e instalação de painéis fotovoltaicos, estações de recarga para VEs e dispositivos de IoT (do inglês, *Internet of Things*, ou Internet das Coisas) para

gerenciamento residencial. A plataforma está ilustrada na figura 11 e permite acesso a qualquer cliente Enel, sendo que os produtos podem ser comprados por cartão de crédito dentro do próprio site (ENEL X STORE, 2021a).

Figura 11 – Exemplo de produto Enel X Store



Fonte: adaptado de (ENEL X STORE, 2021a)

A COPEL buscou outro mercado para expandir seus serviços e criou uma empresa com foco em telecomunicações. A COPEL Telecom, foi criada como uma extensão da COPEL e é um outro exemplo desse modelo (COPEL TELECOM, 2021).

A *Light* inovou de forma diferente e apostou em um clube de vantagens para seus clientes que estão com a fatura de energia elétrica regularizada. A concessionária fez parcerias com grandes empresas do varejo com o intuito de proporcionar descontos personalizados para a *Light*. Na plataforma é possível realizar ações como reserva em restaurantes com preço reduzido, resgatar cupons de desconto para grandes lojas de varejo, selecionar desconto no combustível, realizar reservas com desconto em hotéis e outros benefícios. Além disso, ao realizar uma compra utilizando os descontos do Clube de Vantagens *Light*, o cliente ganha pontos que podem ser trocados por mais benefícios no site ou transformar em dinheiro e recebê-lo na sua conta bancária (LIGHT, 2021a).

Criada em 2019, a EDP *Smart* é uma marca da EDP que cuida dos serviços oferecidos pela concessionária, além de integrar soluções para o mercado livre de energia, eficiência energética, mobilidade elétrica, painéis solares e outros produtos. Para energia solar, a marca oferece serviços similares aos da Enel, integrando o processo de simulação do projeto, assinatura de contrato, desenvolvimento do projeto, instalação, ativação e acompanhamento dos resultados. A diferença entre as duas empresas é na cotação do valor dos serviços, enquanto na Enel existe a possibilidade de contratar painéis fotovoltaicos com potências fixas, na EDP os valores são sempre personalizados conforme o cliente (EDP, 2019). Além da linha residencial, a EDP também possui esse tipo de solução para clientes corporativos com os mesmos benefícios. A linha de mobilidade elétrica da EDP conta com uma gama vasta de serviços, incluindo o *wallbox* (carregador), visita técnica, cabeamento e instalação do equipamento para carregamento de VEs. Ainda como solução de mobilidade elétrica, a EDP possui o *EV Card*, cartão que permite realizar

o carregamento do veículo elétrico em qualquer eletroposto da distribuidora. O cliente também consegue acompanhar diversas informações sobre carregamento e disponibilidade dos eletropostos pelo aplicativo *EV Charge* (EDP SMART, 2021).

Além dos serviços mais complexos, a EDP também disponibiliza um plano de serviços emergenciais, o Facilita EDP, que engloba assistência 24h com serviços de eletricista, encanador, chaveiro e outros. Para clientes que precisarem de instalação de ar-condicionado, chuveiro elétrico e outros dispositivos, a EDP também conta com uma vasta gama de serviços avulsos que podem ser comprados diretamente no site. Em conjunto com todas as opções já citadas, a EDP também conta com uma linha de seguros residenciais e de vida para clientes EDP (EDP SMART, 2021).

3.2. Modelos de Incentivo para VEs

Reforçados pela crescente demanda de VEs, os países cada vez mais estão adotando medidas como as citadas ao longo deste trabalho. Uma das principais ações é o estímulo ao carregamento fora de pico agregado a recompensas como reembolso e desconto na tarifa mensal. Dado que essa iniciativa é uma tendência entre as principais economias, como apresentado durante a palestra *Getting to Net-Zero with Digital Tech* na SXSW (South by Southwest) de 2021, que citou países modelo na Europa e os Estados Unidos. Dessa forma, este trabalho norteará sua proposta utilizando tais referências. A seguir serão aprofundados alguns modelos encontrados: *ConEdison* (Nova Iorque - EUA), *EDF* (Reino Unido), *Greenpeace Energy* (Alemanha).

- *ConEdison*

O programa *SmartCharge* é uma parceria entre a *ConEdison* e *FleetCarma* e já foi apresentado anteriormente. Ele traz uma série de benefícios ao cliente que possui um veículo elétrico. Para participar, o cliente deve possuir um VE *plug-in* híbrido ou 100% elétrico e estar dentro da área de atendimento da *ConEdison*. Sendo elegível, o cliente deve enviar um formulário de adoção ao programa e seguir o cadastro por uma plataforma online. Cadastrado, o cliente recebe o *My FleetCarma C2*, dispositivo que deve ser instalado no carro e pode ser feito pelo próprio cliente. O objetivo é captar dados para calcular pontos como eficiência, pegada de carbono, saúde da bateria, distância percorrida, dados de carregamento etc (CONEDISON, 2021b).

O cliente terá acesso a um portal que o permitirá obter informações como consumo, eficiência energética e de rotas, estado da carga, redução de gás carbônico promovida pelo uso de VE, dados de viagens realizadas e visualizar os benefícios do programa. Para determinar os benefícios a que o cliente terá acesso, a distribuidora coletará apenas 3 dados do veículo: data e horário do carregamento, quantidade de energia carregada e a localização de cada carga. Os dados

dos clientes devem seguir políticas de privacidade e serão utilizados apenas para estudo da distribuidora e cliente (FLEETCARMA, 2021).

Como parte do incentivo ao carregamento fora de pico, o programa conta com as seguintes recompensas (CONEDISON, 2021c):

- 150 dólares pela primeira recarga dentro do programa;
- 25 dólares por instalar o dispositivo de monitoramento em uma semana;
- 25 dólares por responder a pesquisa de uso anual;
- 5 dólares mensais por carregar dentro da área de atuação da *ConEdison*;
- Redução de 10 centavos de dólar por kWh carregado fora de pico (entre 00h e 8h) – para clientes que utilizam TOU a redução é de 1,7 centavos de dólar;
- 20 dólares por mês durante o verão (entre junho e setembro) por carregamento fora do pico durante a semana (pico considerado entre 14h e 18h);
- 25 dólares por indicar um amigo ao programa (até 10 amigos);
- 10 dólares por mês por carregar fora do horário de pico em meses comuns (outubro a maio) – apenas para clientes aderidos a fatura TOU.

Utilizando a plataforma de estimativa anual do *site* da distribuidora, um cliente que utiliza a tarifa convencional, possui um carro 100% elétrico, percorre em média 190 quilômetros por semana, indicar apenas um amigo e seguir todas as regras propostas deve receber de volta, creditados em uma conta no *Paypal*, aproximadamente 510 dólares no primeiro ano do programa e 300 dólares nos anos seguintes, se se mantiver dentro das regras (FLEETCARMA, 2021). Além disso, o cliente pode escolher por adicionar um segundo medidor apenas para o carro elétrico, que deve seguir obrigatoriamente o modelo de horárias conforme indicado nas tabelas 2 e 3 (CONEDISON, 2021a):

Tabela 2 – Valores do kWh residencial na modalidade TOU

Períodos	Horário de Pico (Seg-Sex 8h – 00h)	Horário fora de ponta (demais horários)
Junho a setembro	23,84 cents/kWh	1,68 cents/kWh
Demais meses	8,82 cents/kWh	1,68 cents/kWh

Fonte: adaptado de (CONEDISON, 2021a)

Tabela 3 – Valores do kWh residencial na modalidade convencional

Períodos	Consumo < 250kWh	Consumo > 250kWh
Junho a setembro	11,976 cents/kWh	13,766 cents/kWh
Demais meses	11,976 cents/kWh	11,976 cents/kWh

Fonte: adaptado de (CONEDISON, 2021a)

- **EDF**

A EDF possui um programa chamado GoEletic, que diminui o preço da tarifa para clientes residenciais que possuem veículos elétricos que realizarem o carregamento em casa. O cliente pode optar por três tipos de tarifa: GoEletic, GoEletic 35 e a GoEletic 98 (EDFENERGY, 2021a). O primeiro modelo proporciona uma tarifa mais baixa, abaixo de 15 *pence*, para o cliente realizar a recarga de veículos elétricos. A segunda opção é mais benéfica para carregamento dos VEs, sendo que o cliente paga apenas 4,5 *pence* por kWh consumido entre 00h e 5h durante todos os dias da semana, enquanto nas demais horas do dia o cliente paga um valor mais elevado. O GoEletic 98 custa 9 *pence* para horário fora de pico – das 21h às 7h - de segunda a sexta-feira e durante todo o dia no final de semana. Nos dois últimos casos, o cliente precisa ter um medidor inteligente instalado na residência. Além disso, a EDF possui parceria com uma empresa de locação de veículos elétricos no modelo anual, em que o cliente pode locar veículos de forma mais econômica se aderir à tarifa *GoEletic* (EDFENERGY, 2021a).

- *Greenpeace Energy*

A concessionária possui um modelo similar ao utilizado pela EDF e possui apenas uma diferenciação de tarifa para clientes que possuem veículo elétrico. A fatura diferenciada é denominada *Mobilstrom plus* e tem o adicional da energia fornecida ser 100% proveniente de fontes renováveis. Na Alemanha os clientes são cobrados por uma taxa de administração fixa mensal. Nessa modalidade, o cliente paga 22,80 centavos de euro por kWh, enquanto as outras modalidades cobram 29,80 centavos de euro (eletricidade verde) e 31,00 centavos de euro (fonte exclusiva fotovoltaica). O preço de manutenção para as três modalidades é o mesmo, fixado em 8,90 euros mensais. Como forma de estimular a mudança dos clientes para essa modalidade, a concessionária firmou parceria com uma empresa de viagem e os clientes recebem 10% de desconto nas viagens realizadas nessa plataforma (GREENPEACE ENERGY, 2021).

Os modelos apresentados foram desenvolvidos nos países em que os veículos elétricos já estão popularizados em comparação com o cenário brasileiro. O programa da ConEdison surgiu do programa desenvolvido para estímulo das DSPs, enquanto os programas da Europa são um movimento da redução de emissão de gases poluentes.

3.3. Cenário Brasileiro de incentivo a VEs

Como já dito anteriormente neste trabalho, o Brasil regulamentou a Resolução Normativa 819/2018 pela ANEEL. A norma sobre recarga de veículos visou evitar possíveis barreiras de entrada dos VEs no mercado brasileiro, permitindo que qualquer pessoa e/ou estabelecimento instale pontos de recarga. O objetivo é de levar o país a uma nação relevante no mercado de VEs até 2028. Alguns dos principais pontos levantados pela norma são (ANEEL, 2018):

- O número máximo de pontos de recarga deve ser o equivalente ao máximo de VEs que podem ser conectados simultaneamente;
- Os estabelecimentos estão aptos a realizar a venda de energia para recarga dos veículos (similar ao que ocorre nos postos de gasolina tradicionais) com preço livremente negociados entre distribuidora-cliente e estabelecimento-cliente;
- Não é permitido realizar a injeção de energia dos VEs para a rede;
- As distribuidoras são livres para definir normas específicas de segurança para recarga dos VEs.

Note que a ANEEL não restringe nenhuma das iniciativas descritas nos EUA e Europa, por isso, o próximo capítulo do trabalho será traçar um programa e apontar os ganhos que distribuidoras e clientes terão. Inclusive, como abordado neste capítulo, algumas concessionárias já estão trabalhando para aumentar a adoção de veículos elétricos e fomentar outros tipos de serviços agregados em suas regiões de atuação.

Mesmo que regulamentada pela ANEEL, a inserção dos veículos elétricos no sistema pode causar diversos problemas para a rede de distribuição, como já destacado anteriormente. Estudos mostram que as cargas adicionais ao sistema, como os VEs, proporcionam maior demanda pela subestação e consequentemente causa maiores perdas técnicas (energia dissipada nos componentes da linha de distribuição), já que há mais energia sendo demandada. Outro fator que contribui para o desgaste da linha é o desequilíbrio nas fases devido ao carregamento dos veículos, o que é prejudicial não só para os equipamentos da rede, mas também para os demais clientes. Além disso, o aumento da demanda de energia de forma não prevista pode diminuir a vida útil dos equipamentos da rede, como os transformadores, que podem operar acima da condição dimensionada (Y. G. PINTO, 2017).

4. Proposta de um Modelo Brasileiro de DSP com VEs

Para iniciar uma estruturação do modelo brasileiro, os benefícios dados aos clientes foram divididos em categorias de acordo com as práticas nacionais e estrangeiras:

- Benefícios por instalação: são aqueles que estão atrelados a algum equipamento que o cliente deverá instalar como estações de recarga, medidor adicional e equipamento de monitoramento do veículo;
- Benefícios por recarga: são fruto da adoção do recarregamento dos veículos em horários fora do pico de carga;
- Benefícios de engajamento: incentivos adotados para aumentar e divulgar o programa da concessionária, por exemplo: bônus por baixar aplicativo do programa, bonificação por indicar amigos ou por recarregar dentro da área de cobertura da concessionária;
- Serviços agregados: existentes principalmente nas empresas brasileiras, o cliente pode adicionar compra de produtos como seguros, assistências e compra de equipamentos elétricos para seus VEs e criar uma casa inteligente.

Os três modelos vistos serão analisados para entender qual a aderência na realidade do Brasil. O intuito é avaliar quais as características de cada um que podem ser inseridas na iniciativa brasileira:

- Modelo *ConEdison*

Modelo com maior quantidade e variedade de benefícios, o cliente ganha por instalar equipamentos, por recarga e por engajar os clientes. Pensando nos valores em real brasileiro (R\$), os benefícios passam a ser muito relevantes na realidade brasileira em que a moeda está desvalorizada em relação ao dólar, por isso a saída seria realizar um benefício proporcional. Visto que o formato de distribuição de energia elétrica nos Estados Unidos é similar ao brasileiro, uma possibilidade é considerar a porcentagem da diminuição da fatura na recarga e nos benefícios de instalação, já que a construção de eletropostos residenciais é elevada no Brasil.

- Modelo EDF

Consiste apenas em benefícios por recarga, em três faixas diferentes de precificação que variam de acordo com a faixa de carregamento fora do pico. Poderia ser uma alternativa para atrair públicos diferentes, já que esse modelo permite que mais perfis de consumo aproveitem da melhor forma o benefício.

- Modelo *Greenpeace Energy*

É parecido com a proposta da EDF, mas possui apenas uma tarifa diferenciada para clientes com veículo elétrico. Esta apresenta um benefício de engajamento diferente das demais, que é a

parceria com empresas de viagem para prover descontos aos clientes que aderirem ao programa de tarifa atrelada aos veículos elétricos.

Como último passo, serão pontuados os modelos de serviços agregados vistos nas concessionárias brasileiras. A EDP e a Enel possuem um sistema como um *hub* de serviços em que o cliente consegue contratar serviços que vão desde seguros até assinatura de assistência técnica elétrica. Ambos também possuem venda de *wallbox*, cabos e instalação dos equipamentos para o carregador residencial. A Light por sua vez criou um programa de benefícios com parceria com grandes empresas do varejo nacional para associar as contas regularizadas com pontos e descontos que o cliente pode obter.

4.1. Modelagem

Para que a iniciativa aconteça também é necessário que a distribuidora crie um formulário de inscrição com dados do cliente e do veículo que este possui; criação de uma plataforma digital (*website* e/ou aplicativo); desenvolvimento de um modelo para resgate dos benefícios e sistema de pagamento/troca de benefícios. Esses pontos não serão abordados no desenvolvimento a seguir, pois o foco é trazer apenas as possibilidades de serviço que podem ser agregadas à concessionária de energia elétrica e os impactos da recarga propostos pelo programa. Além disso, para validar os ganhos do ponto de vista da distribuidora e dos clientes, serão feitas algumas análises com relação as curvas de carga e diminuição do valor da tarifa do cliente pelo programa de incentivos.

4.2. Proposta para o Programa de Benefícios

Como proposta de engajamento e simplificação, a recarga do veículo elétrico não obedecerá ao sistema de tarifas horárias presente atualmente no Brasil nem será afetada em valores pelas bandeiras tarifárias. A sugestão prevê a inserção de um novo modelo de tarifas horárias para os clientes que utilizam veículos elétricos e criar uma tarifa com incentivo para eles com o intuito de estimular a mudança de hábito dos clientes que possuem veículos elétricos, isto é, associar benefícios para clientes que realizarem recargas durante no período de vale de demanda. Seguem os benefícios propostos:

- Tarifa horária especial entre 00h e 8h para clientes com VE que participarem do programa

Presente em todas as companhias de energia estrangeiras, o preço escolhido para redução será tomado como base a comparação entre as três concessionárias analisadas EDF e ConEdison e *Greenpeace Energy*. A formulação (1) indica como será calculada a redução do custo de energia entre as três empresas. Red_{DIS} é a redução no valor do kWh de cada distribuidora, PC é o preço da tarifa convencional e PVE é o preço com a redução tarifária para veículos elétricos.

$$Red_{DIS} = \left(\frac{PC - PVE}{PC} \right) 100\%$$

ConEdison: pelos valores da tabela 2 é possível notar que o preço do kWh parte de 8,82 centavos de dólar para 1,68 centavo de dólar no período de outubro a maio, o que corresponde à redução de aproximadamente 80% no valor da energia para carregamento entre 00h e 8h.

$$Red_{CON} = \left(\frac{PC - PVE}{PC} \right) \cdot 100 \rightarrow Red_{CON} = \left(\frac{8,82 - 1,68}{8,82} \right) \cdot 100 = 81\%$$

$Red_{CON} = 81\%$

EDF: possui três modalidades de tarifa para veículos elétricos, mas como a proposta é a redução de custo entre 00h e 8h, será utilizado o *GoElectric95* que é a modalidade que mais se assemelha à proposta brasileira. Como a EDF possui a tarifa para diversas localidades, foi feita uma média entre os preços ofertados nas localidades (EDFENERGY, 2021b). O preço médio por kWh é de 31,73 pence e o valor para carregamento do VE fora de pico é de 4,5 pence, portanto, uma diminuição em torno de 86%.

$$Red_{EDF} = \left(\frac{PC - PVE}{PC} \right) \cdot 100 \rightarrow Red_{EDF} = \left(\frac{31,73 - 4,5}{31,73} \right) \cdot 100 = 86\%$$

$Red_{EDF} = 86\%$

Greenpeace En.: a tarifa varia conforme o tipo de fonte que o cliente deseja promover. A tarifa para VEs é um diferencial com relação às demais, pois é mais barata mesmo usando energia 100% renovável, que tende a ser mais cara. O valor da tarifa exclusiva de painéis fotovoltaicos é de 31 centavos de euro, já a tarifa de energia verde é 29,80 centavos de euro. Por último, a tarifa de VE é 22,80 centavos de euro por kWh. A redução de tarifa gira em torno de 26% quando comparada a de VE com as demais.

$$Red_{GE} = \left(\frac{PC - PVE}{PC} \right) \cdot 100 \rightarrow Red_{GE} = \left(\frac{31 - 22,8}{31,73} \right) \cdot 100 = 26\%$$

$Red_{GE} = 26\%$

Em suma, tem-se uma diminuição de 81% para ConEdison e de 86% para a EDF e 26% para *Greenpeace Energy*. Pensando na adesão do consumidor, o maior desconto teria preferência, entretanto, é necessário avaliar a aceitação do modelo pela concessionária de energia. Como solução intermediária entre as duas partes e dada a situação financeira do Brasil em comparação com as localidades das demais distribuidoras analisadas, a proposta para redução deste trabalho é de 50% no valor do kWh. A redução idealizada é significativa quando comparada com a tarifa branca brasileira, que tem proposta similar e reduz aproximadamente 20% do valor do kWh. O estímulo de reduzir à metade do valor do kWh tem o intuito de mudar o hábito do cliente, a

estratégia adotada foi impactar consideravelmente a tarifa e consequentemente o comportamento do cliente. A sugestão visa que durante todos os dias da semana, o cliente tenha a redução calculada e que nos demais horários do dia, o valor seja o mesmo que o da tarifa convencional. A tabela 4 mostra um exemplo com a tarifa da ENEL SP.

Tabela 4 – Valores do kWh residencial Programa VE x Tarifa Convencional

Tarifas\Períodos	00h – 8h	8h – 00h
Tarifa Convencional	R\$ 0,5342/kWh	R\$ 0,5342/kWh
Tarifa VE	R\$ 0,2671/kWh	R\$ 0,5342/kWh

Fonte: adaptado de (ENEL, 2019)

- Instalação de um medidor específico para o veículo elétrico para seguir o modelo de horária e bonificação pela construção da estação de recarga residencial

Tendo em vista que no início de 2020 apenas 0,05% dos consumidores da Enel Rio aderiram à Tarifa Branca, extrapolando esse número para o país todo, entende-se que dificilmente os clientes terão interesse em aderir a essa nova tarifa para entrar na modalidade de horárias (O GLOBO, 2020). Adicionando a esse fator o elevado investimento para instalação de uma estação de recarga residencial, pensou-se em uma forma de incentivar e deixar o mercado mais atrativo. Uma possível saída é trazer bonificação para clientes que ainda não têm o carregador em casa. Considerando um preço médio de R\$ 6.500,00 para um carregador convencional *wallbox*, mais o custo máximo de instalação e adequação da residência de R\$ 1.000,00, considerando um valor médio de mercado, o cliente pode desembolsar em torno de R\$ 7.500,00 (AUTOESPORTE, 2019).

Nesse caso, existem duas possibilidades que o grupo de energia pode realizar: a primeira consiste na disponibilização do equipamento e serviço instalação do *wallbox* para o cliente. Essa prática já está sendo feita aqui no Brasil pela Enel e EDP, como apontado anteriormente. O custo da EDP para instalação com todos os equipamentos inclusos (cabos e *wallbox*) pode variar de dez a quinze mil reais de acordo com o modelo de *wallbox* e distância do ponto de recarga do quadro de distribuição (EDP SMART, 2021). A Enel não oferece a opção de instalação do *wallbox*, mas possui modelos de dez mil reais para compra em sua plataforma. Agregado à instalação, a grupo de energia pode incluir uma assinatura mensal ou anual para serviços de manutenção do equipamento além das coberturas já existentes em planos convencionais do mercado, que os mesmos grupos de energia já comentadas possuem. Dessa forma, a proposta é que a concessionárias passem a utilizar um modelo similar ao da EDP, em que o cliente possa fazer a compra dos equipamentos e instalação diretamente com o grupo ou optar por fazer as etapas com empresas terceiras.

- Bonificação mensal para clientes que cumprirem recargas horário fora de pico (de 0h a 8h)

Com o intuito de garantir o engajamento do cliente na recarga fora de pico, a proposta é que o cliente receba pontos no programa de benefícios todo mês caso não recarregue fora de 00h e 8h. O trabalho não está considerando bandeiras tarifárias, mas caso estas fossem consideradas, poderia ter um bônus variável conforme a bandeira para aumentar o engajamento dos clientes.

- Benefícios de engajamento – presentes, brindes e *vouchers*

Para aumentar o engajamento dos clientes, a proposta é firmar parcerias com redes de cinema, beleza, varejo etc. similar ao que a Light já vem fazendo no país. A plataforma de pontos poderia ser incorporada aos demais serviços que a distribuidora ou uma empresa do grupo de energia disponibilizaria ao cliente, como seguros, produtos elétricos e assistência residencial. Assim, o cliente poderia ganhar pontos por ser adepto a tarifa de VEs, ter algum seguro ou contratar uma assistência.

- Serviços Agregados
 - Cartão de Recarga

Inspirado na forma que a EDP utiliza o cartão de carregamento, a proposta também disponibilizará um cartão para carga dos veículos elétricos em eletropostos da distribuidora de energia. Dessa forma, apenas clientes cadastrados poderão realizar a recarga de veículos.

- Recarga pré-paga

O serviço pré-pago seria uma opção para clientes que tenham interesse de controlar o quanto podem gastar com recarga mensalmente em postos do grupo de energia associado a empresa de distribuição, ou seja, quando o cliente carrega fora de sua residência. Dentro da plataforma de benefícios o cliente poderia comprar um pacote de recargas por horas de carregamento e adequar o plano que seja mais aderente ao seu perfil.

- Agendamento de recarga

Para clientes que precisem realizar recargas em horários específicos do dia que fogem do padrão noturno, isto é, fora do horário de ponta, a empresa de energia associada a distribuidora poderá adicionar um sistema de agendamento dos seus eletropostos de forma que os clientes possam reservar o melhor horário com um valor diferenciado ou como um benefício na forma de trocas dentro do portal do cliente, assim ele poderá trocar os pontos acumulados por um agendamento em qualquer horário desejado.

- Combinar serviços com o cumprimento do carregamento fora da ponta

Aos clientes que permanecerem carregando os veículos em casa apenas no horário de incentivo poderão ter descontos nos serviços disponibilizados pelo grupo de distribuição. Tomando EDP e Enel como base comparativa, o cliente poderia ter desconto em serviços de assistência, instalação de painéis fotovoltaicos, dispositivos de casa inteligente e na contratação de seguros disponibilizados pela distribuidora.

- Assinatura de recargas extra para ponta

Similar à proposta de agendamento da recarga, uma outra forma de serviço que poderia ser agregada ao grupo de empresas associado à distribuidora é uma assinatura para recarga residencial e/ou nos eletropostos localizados na cidade. Nesse cenário, o cliente teria a opção de contratar um número de recargas durante o horário de ponta em que não pagaria o valor comum da tarifa, mas um valor intermediário entre o comum e o de incentivo. A proposta é ter um número limitado de recargas para não sobrecarregar a rede, o que traz visibilidade do carregamento durante a ponta.

- Parceria com montadoras – assinatura de VEs

Visando o mercado que está em crescimento a proposta seria firmar parcerias com as montadoras de veículos e agregar a montagem da estrutura para carregamento residencial a compra do veículo elétrico. Parcerias similares a essa já estão sendo feitas agrupando também as empresas que fornecem os equipamentos para construção dos eletropostos. Uma parceria entre WEG, EDP e Renault propõe a inclusão dos equipamentos para instalação de carregamento residencial para clientes que comprarem o veículo elétrico Renault Zoe. Dessa forma, a WEG fica responsável por fornecer os equipamentos, a EDP pela instalação e fornecimento da energia e a Renault é o ponto de venda dos veículos associados aos produtos da EDP e WEG. Com essa parceria as concessionárias poderiam expandir de forma mais ampla os eletropostos e rentabilizar com o carregamento dos veículos em pontos estratégicos das cidades. Além disso, serão construídos eletropostos em algumas das concessionárias da Renault para garantir um ponto de recarga para os clientes (WEG, 2021). A tabela 5 apresenta a visão consolidada dos benefícios para consumidor e concessionária.

Tabela 5 – Visão consolidada das iniciativas para mudança de hábito de carregamento de VEs

Iniciativa	Benefício para Consumidor	Benefício para a Concessionária
Tarifa horária especial entre 00h e 8h para clientes com VE que participarem do programa (residencial)	Redução da tarifa de energia elétrica	Redução do pico da demanda de energia elétrica
Instalação de um medidor específico para VE (residencial)	Visualização dos gastos de VE e residencial	Medição apartada do consumo dos VEs
Bonificação mensal para clientes que recarregarem apenas fora de pico (residencial)	Recompensas	Redução do pico da demanda de energia elétrica
Benefícios de engajamento (brindes e vouchers)	Recompensas	Diversificação dos serviços
Cartão de Recarga para estações da distribuidora de energia	Facilidade para carregar o veículo elétrico	Rentabilização e monitoramento de recargas
Recarga pré-paga para estações da distribuidora de energia	Facilidade para carregar o veículo elétrico	Rentabilização e monitoramento de recargas
Agendamento de recarga para estações da distribuidora de energia	Facilidade para carregar o veículo elétrico	Rentabilização e monitoramento de recargas
Combinar serviços com o cumprimento do carregamento fora da ponta	Recompensas	Diversificação dos serviços
Assinatura de recargas extra para ponta (residencial)	Facilidade para carregar o veículo elétrico	Rentabilização e monitoramento de recargas
Parceria com montadoras – assinatura de VEs	Maior acessibilidade a mobilidade elétrica	Diversificação dos serviços

Fonte: autoria própria

4.3. Definição das Simulações

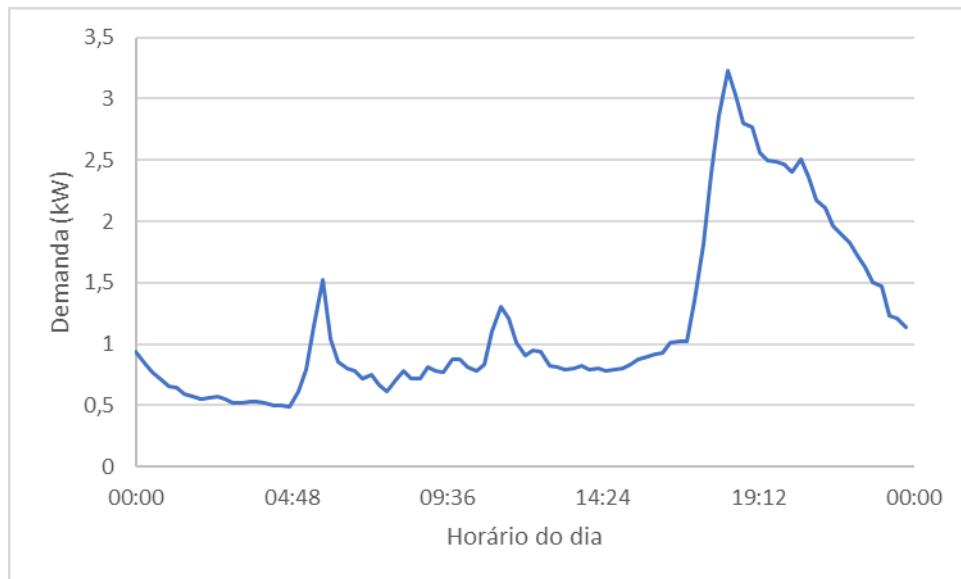
Na seção 4.2. foram apresentadas todas as alternativas que o programa proposto possui com a ideia de agregar serviços aos clientes das distribuidoras e empresas associadas ao grupo de energia de distribuição e estimular a adoção de VEs com carregamento fora do horário de ponta. Além disso, este trabalho também abordará um estudo com relação à mudança do carregamento dos consumidores para o horário proposto de 00h às 8h. Serão realizadas simulações para entender as mudanças da curva de carga e a variação do valor na fatura do cliente que aderir ao programa. Para auxiliar o estudo serão utilizadas curvas fictícias que simulam o consumo de uma residência e um transformador com perfil residencial. As simulações serão feitas utilizando a versão de teste do programa HOMER *Grid*, da empresa HOMER *Energy*. A seguir serão apresentadas as curvas fictícias, as tarifas que serão utilizadas, os modelos de eletropostos, modelos de VEs e os cenários que serão explorados durante os testes.

- Curvas de carga

Com o intuito de entender as variações de demanda que surgirão com a implementação do programa de incentivo a carregamento fora de ponta, será utilizada uma curva residencial, para entender como o cliente será afetado financeiramente e entender o perfil de carga que surgirá para as concessionárias. A segunda curva é de um transformador de um bairro residencial de 15 kVA, que foi adotado por simplicidade para ilustrar os efeitos da alta penetração dos veículos elétricos em uma rede de distribuição e entender apenas a variação do perfil de carga ao inserir carregamento de veículos elétricos. Um estudo semelhante pode ser feito com transformadores de

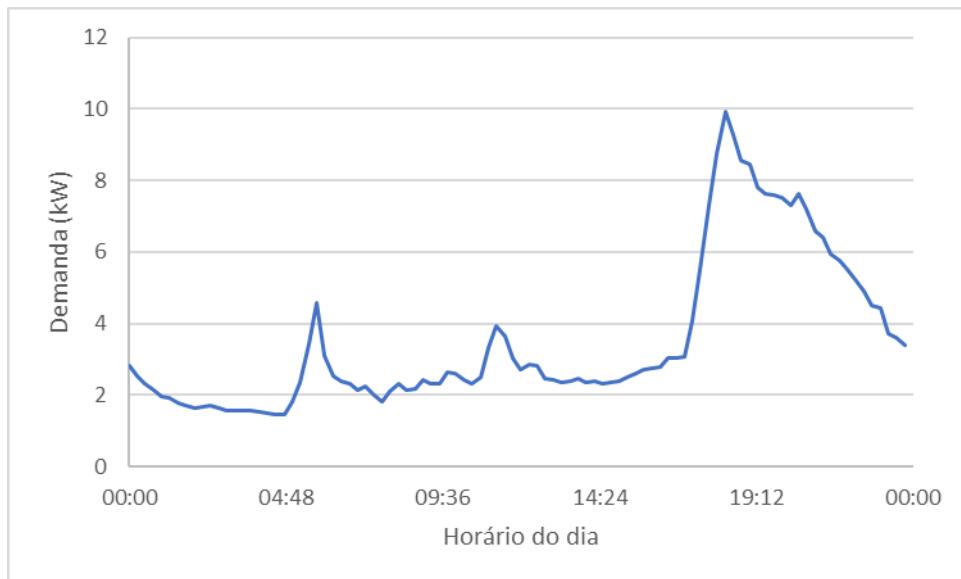
maiores capacidades e com o mesmo percentual de penetração de veículos elétricos em trabalhos futuros. As figuras 12 e 13 apresentam as curvas que serão utilizadas para análise.

Figura 12 – Curva de carga diária residencial



Fonte: autoria própria

Figura 13 – Curva de carga diária de um transformador



Fonte: autoria própria

- Tarifação

A tarifa a ser utilizada como base será a da Enel SP já apresentada na tabela 4, bem como a redução proposta de 50% no valor da energia para carregamento do VE fora da ponta já calculada na mesma tabela. Dessa forma, o valor por quilowatt-hora será de R\$ 0,2671 entre 00h e 8h e de R\$ 0,5342 entre 8h e 00h.

- Cenários

Além das curvas já existentes, serão adicionadas mais duas curvas que serão geradas no HOMER *Grid* para análise: uma curva com carregamento de VE durante o período de maior demanda e outra com o carregamento durante o período estipulado pelo programa de benefícios.

- Residencial: nesse caso o carregamento do carro será após às 18h, imaginando um cliente que chega em casa após o trabalho. Será explorado o carregamento às 18h e também no programa de benefícios (após 00h).
- Transformador: serão considerados 3 veículos carregando da mesma forma que a estabelecida para o modelo residencial. Esse número de veículos foi estipulado baseando-se baseando na quantidade de veículos elétricos frente ao número de VCIs presentes no país. Atualmente os VEs representam cerca de 0,07% dos veículos cadastrados no Estado de São Paulo (DENATRAN, 2021).

- Veículos e *wallbox*

Os veículos inseridos nas simulações foram definidos após pesquisa para entender quais os veículos elétricos mais utilizados pelos brasileiros. Para o estudo residencial, será utilizado um dos carros mais presentes no cenário brasileiro e para análise do transformador o estudo ampliará para os mais comuns. A tabela 6 mostra os veículos elétricos mais vendidos em 2020 no Brasil.

Tabela 6 – Veículos Elétricos mais vendidos no Brasil em 2020

Modelo	Unidades Vendidas
Audi e-tron	183
Chevrolet Bolt	108
Nissan Leaf	105
Jaguar I-Pace	98
BMW i3	81
Renault Kangoo Z.E.	65
JAC iEV40	63
Renault Zoe	33
JAC iEV20	29
Mercedes-Benz EQC	27

Fonte: adaptado de (MOTORSHOW, 2021)

Os equipamentos para carregamento serão feitos da mesma forma, ou seja, após a análise do mercado brasileiro serão escolhidos dois carregadores que tenham mais aderência aos clientes brasileiros. Além da presença no mercado, também será avaliado o valor de cada um, um exemplo

foi o cálculo mostrado neste capítulo que considerou que um *wallbox* pode custar em torno de R\$ 7.500,00. A tabela 7 mostra algumas opções de *wallbox* que estão disponíveis no mercado.

Tabela 7 – Alguns modelos de carregadores presentes no Brasil

Modelo	Potência Máxima (kW)
Carregador VE WEG Wemob Wall	7,4
Carregador ABB6AGC082155	7,4
BMW i Wallbox	22
Enel X Wallbox JUICEBOX	7,5
EDP SMART Wallbox Básico	7,4
Carregador Básico Chevrolet Bolt	2,2

Fonte: adaptado de (CHEVROLET, 2021), (WEG, 2021), (ENEL X STORE, 2021b), (EDP SMART, 2021), (BMW, 2021), (EFX SOLAR, 2021)

Conforme apresentado na tabela 6, os carros mais vendidos em 2020 foram o Audi e-tron e o Chevrolet Bolt, por isso ambos serão utilizados nas simulações, já as estações de carregamento serão definidas a partir da possibilidade de associar um serviço com as distribuidoras de energia, portanto, definiu-se que serão utilizados três modelos de carregadores, o carregador básico Chevrolet Bolt, o Enel X *Wallbox JUICEBOX* e o WEG *Wemob Wall*, pois ambos já estão envolvidos em iniciativas de ampliação dos serviços das distribuidoras no Brasil e possuem potência similar. E de acordo com os níveis de carregamento apresentados anteriormente, a tendência dos carregadores residenciais é ter o carregamento semirrápido, isto é, completar a carga do VE em 4h. Com relação às simulações, a distribuição de VEs e estações de carregamento seguirão o seguinte padrão:

- Simulação Residencial

Os carregadores utilizados serão o Enel X *Wallbox JUICEBOX* e o carregador Básico Chevrolet Bolt, com o serviço de compra e instalação da estação de carregamento agregados à distribuidora. Visando maior adoção do modelo de serviço, o veículo elétrico utilizado será o Chevrolet Bolt por ter um preço de mercado inferior ao da Audi (MOTORSHOW, 2021).

- Simulação Transformador

Para esse teste serão utilizados os todos os três carregadores e os dois veículos comentados anteriormente, o intuito é trazer uma visão mais fiel ao mercado brasileiro inserindo modelos comuns no mercado e acessível à maior parte dos clientes com VE. A distribuição de veículos será de 2 Chevrolet Bolt e 1 Audi e-tron e a de *wallbox* será 1 WEG *Wemob Wall* e 1 Enel X *Wallbox JUICEBOX* e 1 carregador no modelo *cordset* (ou carregador básico) da Chevrolet.

Como análise adicional, será feita uma simulação contemplando o impacto de apenas 1 veículo elétrico carregando.

4.3.1. Modelagem das Variáveis no Programa HOMER Grid

Com os cenários definidos, o passo seguinte é entender como os dados devem ser inseridos no programa de simulação.

- Aspectos técnicos dos veículos e estações de carregamento

A tabela 8 apresenta como as características customizáveis serão inseridas no *software* HOMER Grid. O programa HOMER Grid já possui predefinições de alguns modelos, mas também habilita a criação de outros.

Tabela 8 – Variáveis para cadastro de VEs no HOMER Grid

Veículo	Tipo de Carregador	Tempo Médio de Carregamento (min)
Chevrolet Bolt	JUICEBOX	90
Audi e-tron	JUICEBOX	120
Chevrolet Bolt	CORDSET	360
Audi e-tron	WEG	120

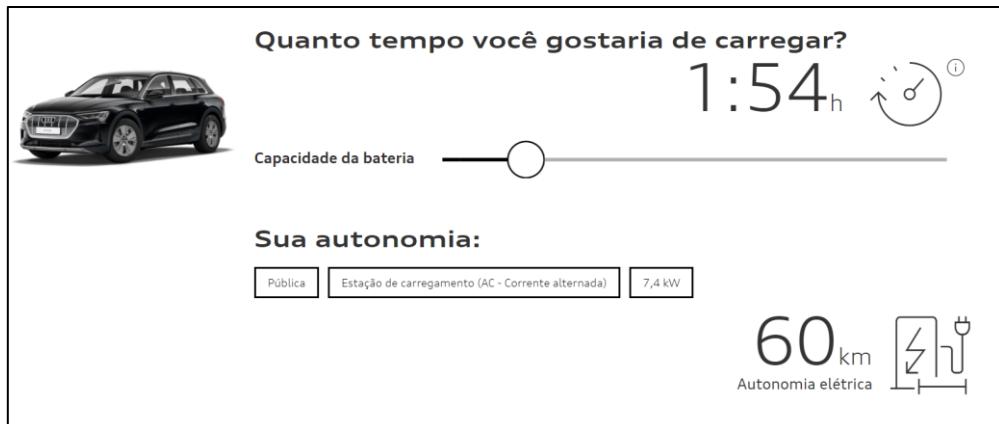
Fonte: adaptado de (AUDI, 2021) e (CHEVROLET, 2021)

No HOMER Grid é possível inserir nome (ou modelo) do veículo, a proporção dentro do total de veículos inseridos, a potência máxima de carregamento permitida por veículo e o tempo médio para realizar o carregamento, que será referente ao tipo de carregador escolhido.

Na página de personalização dos veículos e estações de carregamento no HOMER Grid é possível criar a dinâmica da estação de carregamento. É possível definir fatores como potência do *wallbox*, número de sessões por dia, horário que o cliente inicia o carregamento do VE, variação de carregamento entre os dias da semana e variação da duração de carregamento do veículo elétrico. Com essas variáveis necessárias definidas, o próximo passo é definir os valores para de acordo com a proposta deste trabalho.

- Audi e-tron: na página *web* da Audi o cliente pode fazer simulações em diferentes cenários de carregamento para entender quanto tempo as baterias levariam para carregar. Utilizando a proposta deste trabalho, para um carregador de 7,4 kW e um cliente que carrega seu carro após um dia de trabalho, que não percorre mais de 60 km, o tempo de carregamento foi estimado em 2h, conforme apresentado na figura 14 (AUDI, 2021).

Figura 14 – Simulação de tempo de carregamento Audi e-tron



Fonte: (AUDI, 2021)

- Chevrolet Bolt: na página do fabricante na *internet*, o cliente consegue ver informações sobre três tipos de carregamento disponíveis para os veículos: básico, rápido e super-rápido. O veículo já conta com o carregador básico (*cordset* 110 V/ 10 A), modelo de carga mais lento que pode ser utilizado na tomada comum das residências. O carregamento lento leva em torno de 10 km por hora e o carregador rápido em torno de 40 km por hora de carregamento. Portanto, utilizando a mesma premissa que a utilizada no Audi e-tron, para um cliente que percorre 60 km por dia, o carregamento no modo lento levaria em torno de 6h, já no carregamento rápido o carro estaria carregado em 1h30min (CHEVROLET, 2021).

Ao todo serão analisadas 3 estações de carregamento: o modelo simples *Cordset* (até 2,2 kW) que já está incluso na compra do Chevrolet Bolt, e os dois modelos de carregamento rápido (7,4 kW) fornecidos pela WEG e Enel. A tabela 9 apresenta os três modelos de *wallbox* e alguns dados técnicos de cada.

Tabela 9 – Carregadores utilizados nas simulações

Modelo	Potência (kW)	Tensão (V)	Corrente (A)	Conector
WEG Wemob Wall	7,4	220	32	T2
Enel X Wallbox JUICEBOX	7,5 a 22	220 ou 380	32	T2 ou T1
<i>Cordset</i> Chevrolet Bolt	2,2	220	10	T2

Fonte: adaptado de (WEG, 2021), (ENEL X STORE, 2021b), (CHEVROLET, 2021)

Como maior parte dos veículos elétricos, a partir da análise da tabela 9, vê-se uma maior aderência ao conector T2 entre os veículos elétricos. Com relação aos demais fatores:

- Horário de carregamento: já foi definido anteriormente, serão analisados dois cenários, um com carregamento próximo das 18h e outro após 00h (horário de incentivo estipulado);
- Número de sessões de recarga por dia: serão considerados 3 sessões para o cenário de análise do transformador e 1 sessão para o cenário de análise residencial;
- Demais atributos: será considerada variação de 20% no tempo de recarga (para mais e para menos), 0% para a variação do início de recarga para a situação de incentivo e 20% de variação para início de recarga na situação sem incentivo;

Com todas as variáveis relacionadas aos veículos elétricos e curvas de demanda definidas, o passo seguinte é adicionar a tarifação. Ao todo serão duas tarifas: uma para os clientes participantes da fatura de incentivo ao carregamento fora de ponta dos veículos elétricos e a convencional já utilizada atualmente.

5. Análise dos Resultados

No capítulo anterior foram definidos alguns cenários para análise dos impactos do estímulo ao carregamento fora de ponta, que serão divididos em tópicos para melhor análise.

5.1. Cenário Residencial

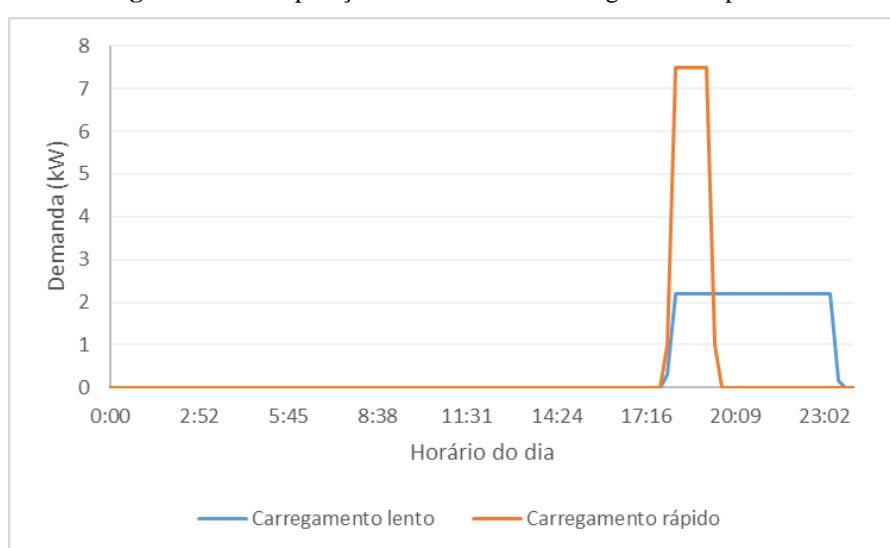
Esse tópico abordará os impactos para os consumidores que possuem veículos elétricos e os efeitos que a mudança de hábito pode trazer através dos incentivos fiscais, como redução da fatura para o carregamento dos veículos elétricos do cliente. Conforme já relatado, serão utilizados como base veículos elétricos Chevrolet Bolt com dois tipos de carregadores: um lento, que vem com o carro Chevrolet Bolt e outro rápido, que é comercializado pela Enel X em seu programa de serviços. Além disso, a curva de consumo deste cliente deve seguir o padrão apresentado na figura 15.

Serão consideradas ao todo 4 situações para este cenário, carregamento fora da ponta e durante a ponta para os dois carregadores descritos.

- Situação 1: carregamento de veículo durante o horário de ponta (17h30 – 20h30)

Além de possuir um veículo elétrico, para criar a curva de consumo de um consumidor nesse modelo foi considerado que o cliente deve carregar o carro assim que chegar em casa do trabalho, o que normalmente ocorre entre 18h e 19h. A figura 15 traz um comparativo entre os carregadores lento (*cordset*) e rápido (*JUICEBOX*) utilizados no trabalho. Analisando a figura é possível afirmar que o carregamento lento apesar de demorar mais tempo é o único que não necessita de uma instalação dedicada, sendo possível realizar o carregamento em qualquer tomada trifásica que suporte a corrente estipulada por cada fabricante.

Figura 15 – Comparação entre curvas de carregamento rápido e lento

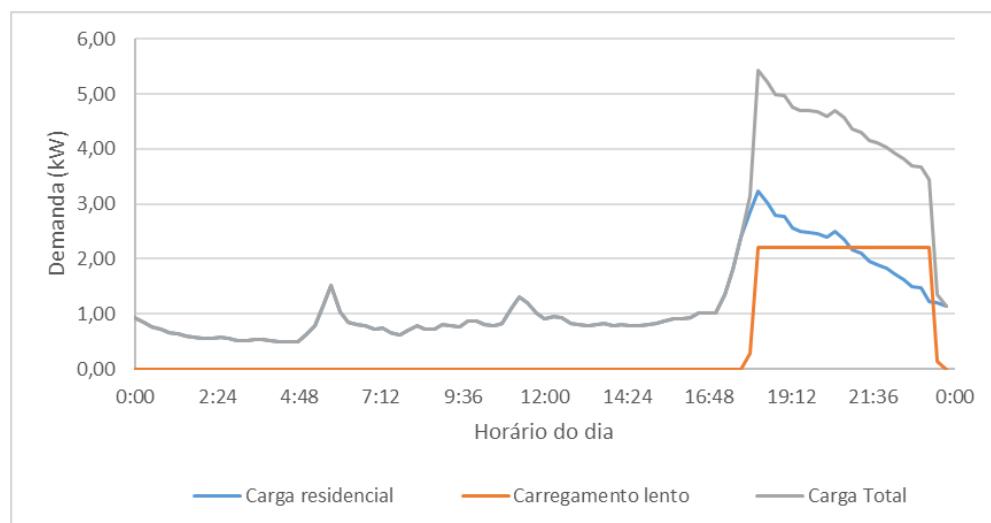


Fonte: autoria própria

Além dos impactos na escolha do carregador, também foi feita uma avaliação do custo que cada carregador agregaria pelo consumo de energia elétrica ao carregar o veículo. Considerando os padrões definidos no capítulo anterior, o programa HOMER Grid faz o cálculo utilizando a energia consumida pelos carregadores e a tarifa do cliente e apontou que usando o carregamento lento o cliente desembolsaria anualmente R\$ 2334,00, já utilizando o carregador rápido o valor seria reduzido para R\$ 1988,00. Portanto, uma economia em torno de R\$ 346,00 anualmente, o que corresponde uma diferença de aproximadamente R\$ 29,00 por mês entre os carregadores.

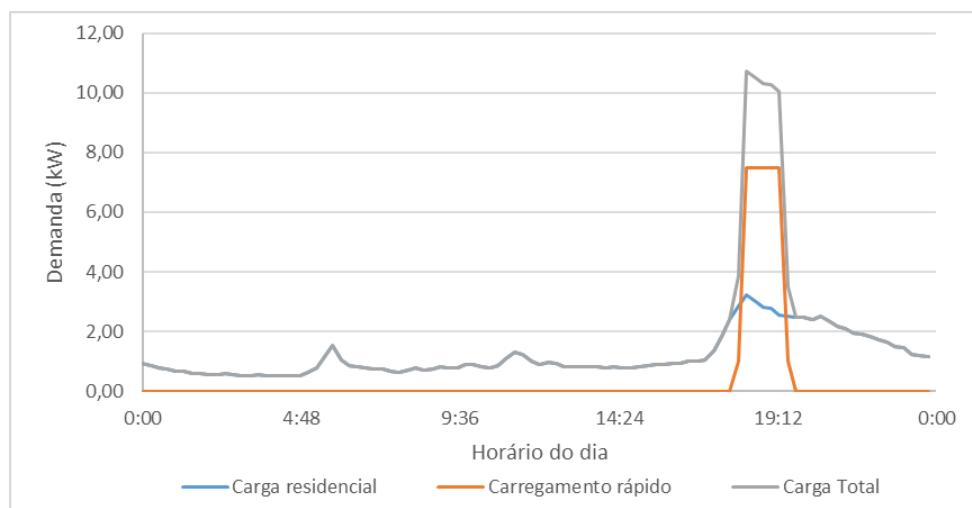
Em seguida, as duas curvas de carregamento foram inseridas na curva de demanda apresentada na figura 12 com o intuito de visualizar o impacto que o carregamento teria para esse consumidor. As figuras 16 e 17 mostram o carregamento lento e rápido, respectivamente.

Figura 16 – Comparação entre curvas de carregamento lento em carga residencial



Fonte: autoria própria

Figura 17 – Comparação entre curvas de carregamento rápido em carga residencial



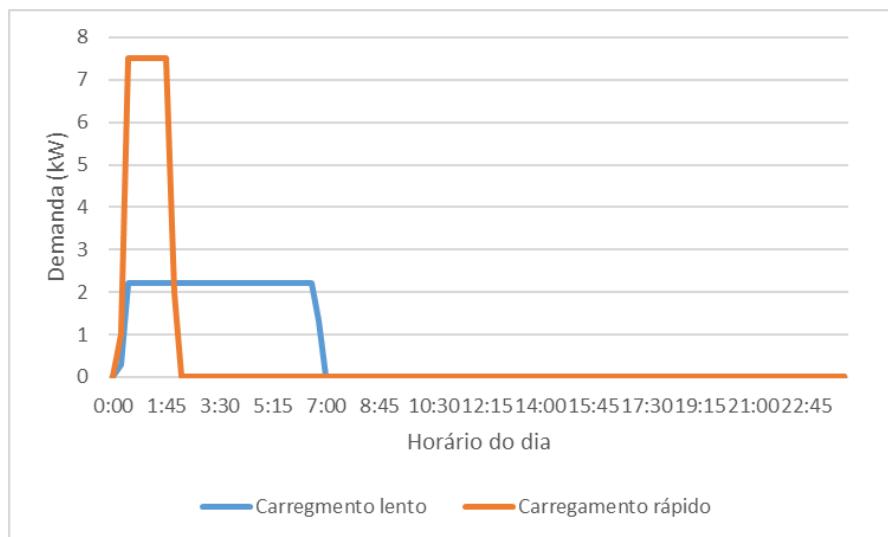
Fonte: autoria própria

A principal diferença entre as figuras 16 e 17 é a amplitude do carregamento, conforme já esperado. O carregador rápido, apesar de fornecer maior energia em curto espaço de tempo, também traz maior necessidade de estrutura de rede, já que a energia necessária é maior quando comparada com a do carregador lento.

- Situação 2: carregamento de veículo fora do horário de ponta (0h – 8h)

Nesse cenário o carregamento será realizado de acordo com o programa de benefícios proposto em que o cliente passa a pagar metade da tarifa de energia vigente durante uma faixa de horas em que o consumo de energia é consideravelmente menor que durante o pico de consumo. Além da redução tarifária, o cliente que seguir o carregamento proposto terá oportunidade de acessar outros serviços personalizados. Assim como na situação anterior, a figura 18 compara o consumo entre o carregador lento e o rápido.

Figura 18 – Comparaçao entre curvas de carregamento rápido e lento fora do pico

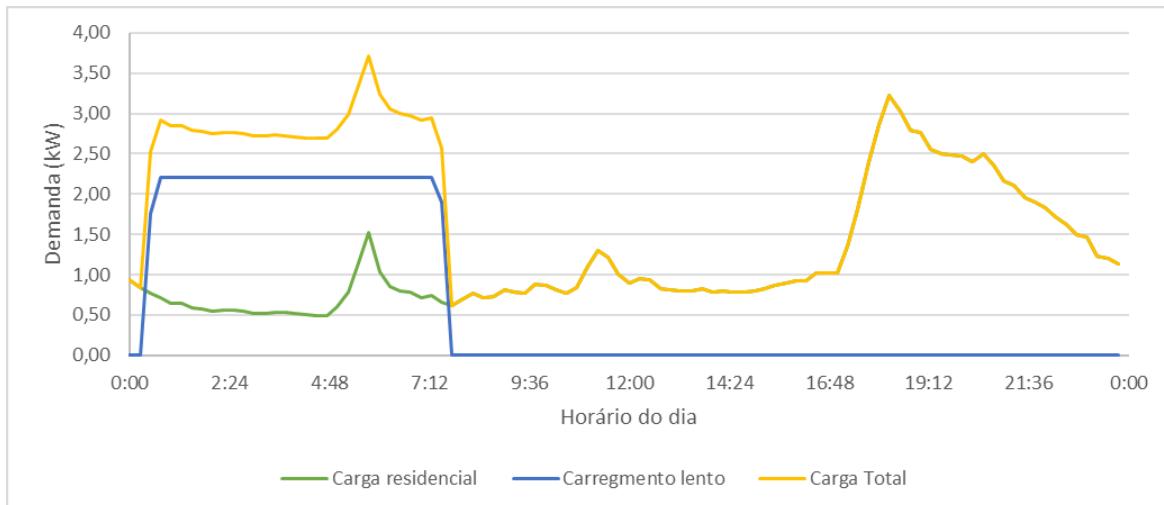


Fonte: autoria própria

Da mesma forma que a figura 15, a figura 18 traz uma relação similar de consumo dos carregadores dos veículos elétricos. Um ponto de atenção que pode ser incluído é que o carregador lento pode ultrapassar o horário de tarifa reduzida dependendo do nível de bateria do veículo quando este for carregado. Em nenhuma das simulações o carregamento ultrapassou os limites previstos pelo programa de benefícios.

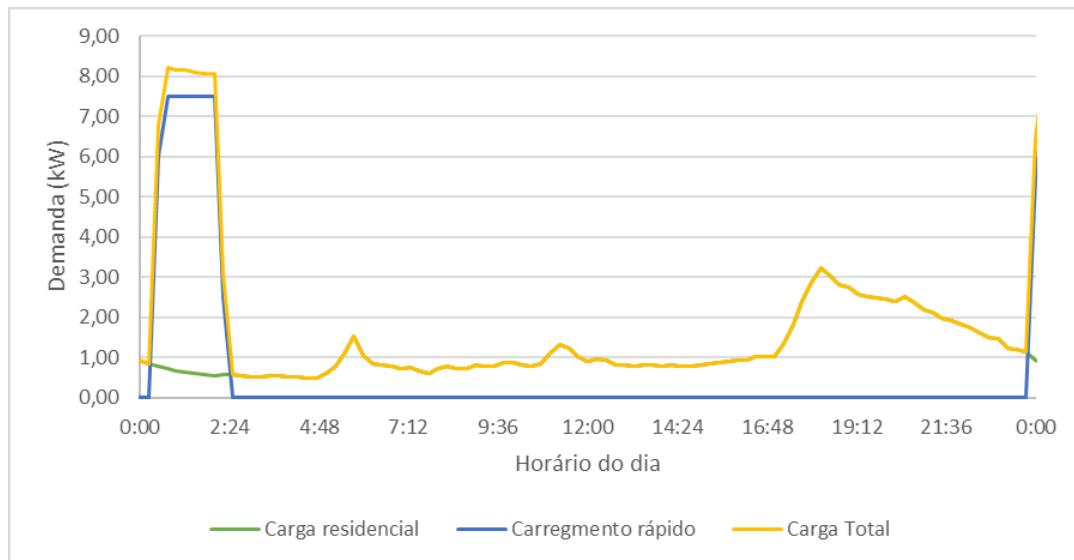
O próximo passo é entender como esses dois carregamentos impactam a curva de consumo do cliente residencial, as figuras 19 e 20 apresentam essa visão de forma consolidada para o carregador lento e carregador rápido, respectivamente.

Figura 19 – Carregamento lento seguindo o programa de benefícios



Fonte: autoria própria

Figura 20 – Carregamento rápido seguindo o programa de benefícios



Fonte: autoria própria

Analizando as figuras 19 e 20, é possível notar que com a mudança do momento do carregamento, o pico de consumo do consumidor que antes acontecia próximo das 18h, conforme o mostrado na figura 12, está deslocado para o horário entre 0h e 8h devido ao carregamento do VE.

Além disso, os cálculos de consumo anual foram realizados novamente para esse cenário, já com a redução da tarifa. De acordo com os valores apresentados pelo programa HOMER Grid, o cliente teria um custo anual de R\$ 1267,00 para o carregamento lento e de R\$ 1249,00 caso utilizasse o carregador rápido. Nesse cenário ainda se mostra mais benéfico utilizar um carregador rápido, que é R\$ 18,00 mais barato quando comparado com o carregador de menor potência, o que corresponde em uma economia de R\$ 1,50 por mês.

Comparando as duas situações, carregamento durante o horário de ponta e fora da ponta, é possível afirmar que o pico de consumo tende a ser distribuído para os dois tipos de carregamento e para ambos a queda de valor da fatura foi benéfica. A tabela 10 apresenta os valores para cada situação e a variação correspondente (custo da situação 1 subtraído do custo da situação 2).

Tabela 10 – Variação anual do valor da fatura

Carregamento	Custo situação 1 (R\$)	Custo situação 2 (R\$)	Variação Anual (R\$)	Variação Mensal (R\$)
Lento	2334	1267	1067	89,00
Rápido	1988	1249	739	62,00

Fonte: autoria própria

A tabela 10 mostra que quando comparadas as duas formas de carregamento com maior tarifa (fora do programa de benefícios) a diferença entre os valores é elevada, o que não ocorre na situação 2, com redução tarifária. Portanto, o consumidor que possuir um carregador rápido, mesmo que tendo redução mensal de aproximadamente R\$ 62,00, ainda terá menor redução em sua fatura caso seja adepto do programa de incentivos. O cenário é mais positivo para o consumidor com carregador lento, que terá uma redução mensal de aproximadamente R\$ 89,00 ao aderir a tarifa reduzida.

No capítulo anterior foi estimado que o cliente desembolsaria em torno de R\$ 7.500 para instalar um carregador rápido em sua residência. Considerando a economia anual promovida pelo programa de benefícios, e o cálculo simples de *payback*, isto é, subtração do valor total desembolsado para ter a estrutura de VE dividido pelo valor referente a redução proporcionada por um ano de adoção ao programa, ao final se obtém o tempo, em anos, para pagar o valor desembolsado inicialmente. Realizando o cálculo para os cenários demonstrados se obtém em torno de 7 anos.

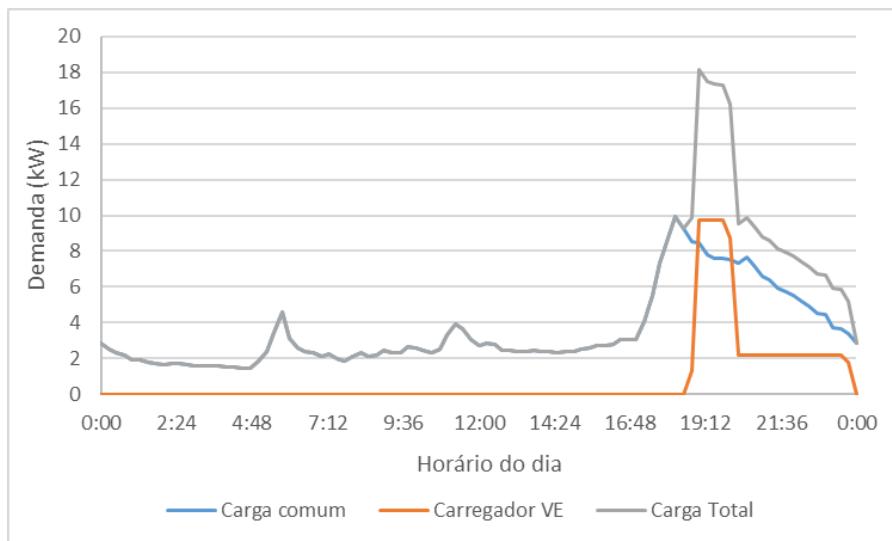
5.2. Cenário Transformador

Esse caso de estudo será focado em entender o comportamento da curva de carga do transformador de distribuição após a inserção do carregamento dos veículos elétricos na rede de distribuição de energia. Reforça-se que foi utilizado um transformador com potência de 15 kVA por simplicidade para entender os efeitos da mudança de hábito do consumidor e a penetração dos VEs. Sua curva tradicional está ilustrada na figura 13 no capítulo anterior. Conforme já comentado, serão considerados cenários com 1 e 3 veículos elétricos carregando dentro e fora do programa de benefícios. Para visualizar o impacto na rede, serão feitas análises para curva de carregamento fora do pico e outra de um consumo comum:

- Situação 1: carregamento de 3 veículos durante o horário de ponta (17h30 – 20h30)

Considerando um bairro residencial comum e um transformador de 15 kVA, a ideia dessa análise é mostrar o impacto que o carregamento dos veículos pode gerar ao componente da linha de distribuição. Como premissa, os carros iniciarão o carregamento após às 18h, que é o momento em que a maioria das pessoas retornam às suas casas. A figura 21 apresenta o comparativo entre a carga comum (carga já presente no transformador), a carga adicional dos veículos elétricos e a soma das duas curvas. Comparando as curvas do gráfico é possível afirmar que a carga comum representa a carga total durante a maior parte do dia. A partir das 18h os veículos começam a ser carregados e o consumo total alcança um valor próximo a 18 kW, correspondendo ao dobro do valor esperado (segundo a curva de carga comum), ou seja, um valor maior que recomendado para o transformador, caracterizando uma sobrecarga no equipamento.

Figura 21 – Comparação entre as curvas de consumo na ponta com 3 VEs

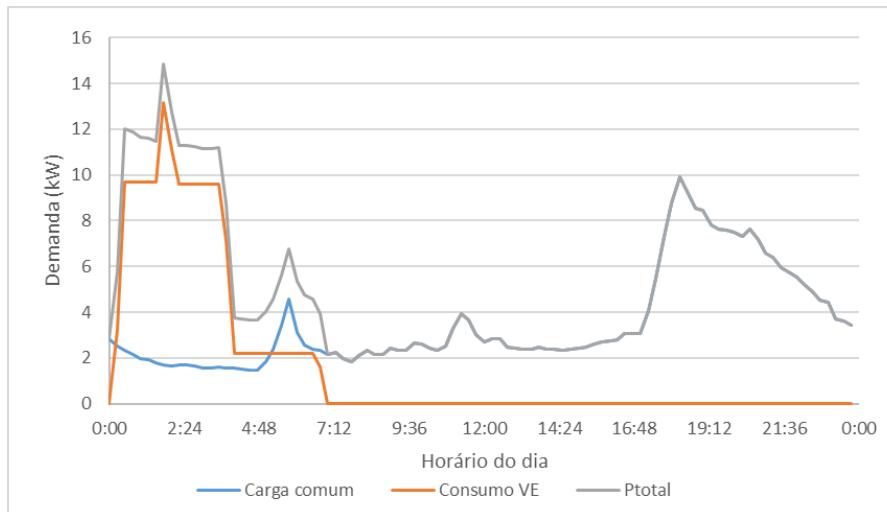


Fonte: autoria própria

- Situação 2: carregamento de 3 veículos durante o horário de incentivo (00h – 8h)

Nesse caso, os veículos elétricos serão carregados de acordo com o programa de incentivos proposto pelo trabalho, espera-se que o consumo no horário de ponta seja diminuído e os veículos passem a gerar um impacto menor quando comparado com o caso anterior. A figura 22 mostra como o incentivo afeta as curvas de consumo:

Figura 22 – Comparaçao entre as curvas de consumo com incentivo e 3 VEs



Fonte: autoria própria

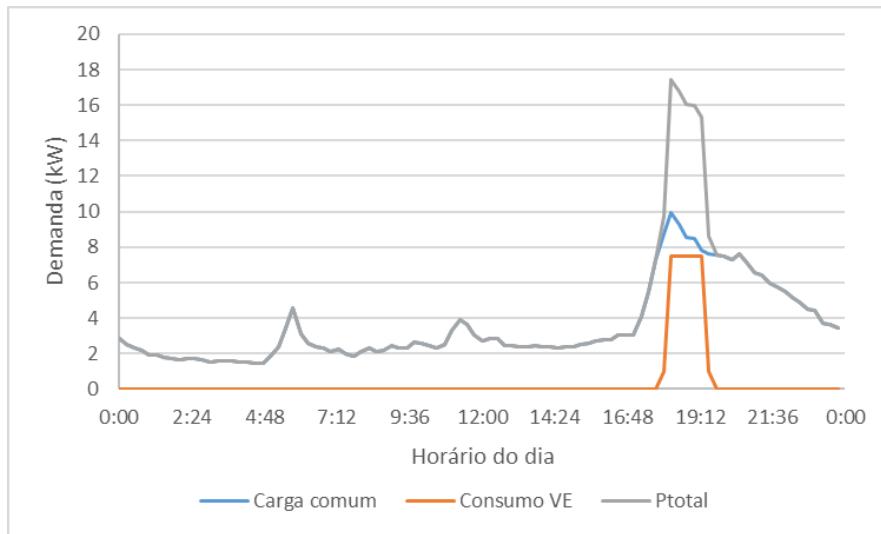
Comparando os gráficos das figuras 21 e 22, observa-se que as curvas não estão tão similares, isso ocorreu devido aos fatores de variações inseridos no HOMER Grid, como variação de tempo de carregamento, início de carregamento e outros comentados anteriormente. O pico de consumo foi alterado para o momento em que os veículos elétricos estão carregando. Apesar de reduzir a demanda quando comparada com o caso anterior no pico, a potência total ainda atinge ao valor de 15 kW. Considerando uma carga 100% resistiva, o transformador estaria próximo ao seu valor máximo indicado para utilização, que é de 15 kVA.

Portanto, nesse caso, a proposta de reduzir o estresse que pode ser causado pela alta penetração dos veículos elétricos no transformador durante o horário de pico foi parcialmente resolvida, visto que o consumo de 3 veículos já se estabelece próximo do limite do transformador analisado. O cenário seria diferente caso o transformado adotado tivesse uma potência maior, os veículos ainda teriam uma penetração, entretanto seria reduzida proporcionalmente conforme maior potência tiver o transformador.

- Situação 3: carregamento de 1 veículo durante o horário de ponta (17h30 – 20h30)

Nessa situação será analisado o impacto de apenas um veículo elétrico na rede quando o carregamento é feito durante o horário de pico, simulando um cliente que coloca seu veículo para carregar após o trabalho, conforme a figura 23.

Figura 23 – Comparação entre as curvas de consumo na ponta com 1 VE



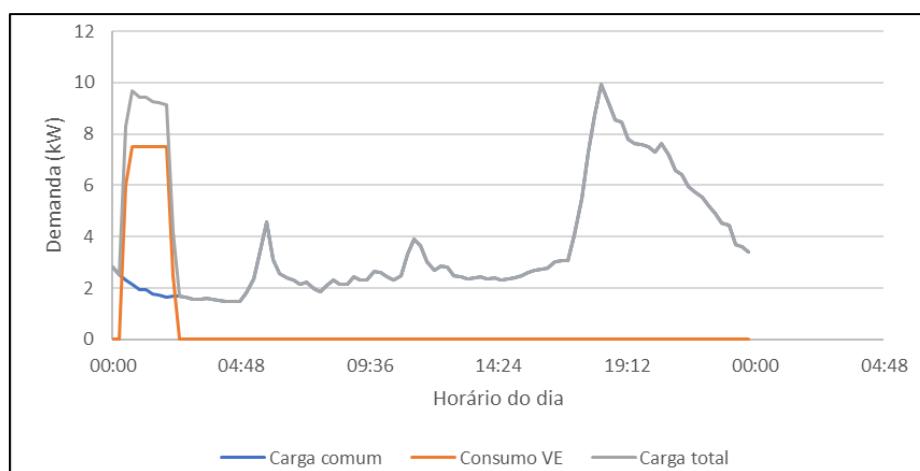
Fonte: autoria própria

Conforme o demonstrado no gráfico, é possível notar que o veículo elétrico aparece por um curto período, mas é suficiente para quase dobrar a demanda no horário em que o carregamento está sendo realizado. A simulação foi realizada utilizando um carregador rápido, com as condições já citadas anteriormente. A principal diferença entre o cenário com 3 veículos elétricos carregando (situação 1) é o tempo em que o carregamento acontece, na situação da figura 23 o VE permanece carregando em torno de 1h30, contra aproximadamente 3h da situação 1.

- Situação 4: carregamento de 1 veículo durante o horário de incentivo (00h – 8h)

Nessa análise será considerado o carregamento de um veículo de acordo com a proposta do programa de benefícios idealizada por este trabalho. A figura 24 apresenta o impacto deste carregamento fora do horário de pico que um cliente poderia apresentar. Além da curva do *wallbox*, também será mostrada a comparação com a curva normal do transformador e o agregado das duas curvas.

Figura 24 – Comparação entre as curvas de consumo com incentivo e 1 VE



Fonte: autoria própria

O gráfico apresenta um aumento brusco da energia por volta de 00h, que é quando o VE começa a ser carregado, e rapidamente volta para o consumo padrão apresentado. Em comparação com a figura 22, observa-se que o transformador em nenhum momento do dia esteve acima das suas condições ideais de operação. A inserção do carregamento fora da ponta aliviou o estresse no sistema e seu valor de demanda máximo ainda permaneceu o mesmo quando comparado com o apresentado sem a contabilização dos VEs. Vale ressaltar que esse efeito mostrado no transformador de 15 kVA mostra alta penetração dos veículos elétricos devido à limitada capacidade do equipamento. Quando extrapolado o cenário para um transformador de maior potência, o mesmo percentual de penetração dos veículos elétricos pode ser considerado na tentativa de refletir um cenário semelhante.

6. Conclusão

Conforme o apresentado nos capítulos anteriores, este trabalho teve como objetivo mostrar alternativas de ampliação futurados serviços por parte das distribuidoras de energia e de empresas associadas no setor elétrico. A criação de mercados livres de energia e a popularização dos recursos energéticos distribuídos (RED) como geração distribuída, bancos de bateria e mobilidade elétrica têm papel fundamental para essa mudança. Impulsionados por tais iniciativas, diversos países passaram a exigir projetos tecnológicos que pudessem estimular o mercado (CONEDISON, 2020b). Nesse cenário, as distribuidoras em conjunto com outras empresas do setor passam a ser um *hub* de serviços. Uma das formas de conectar os consumidores e o mercado livre de energia é agir como uma plataforma de sistemas distribuídos (ou DSP). Foi explorado o modelo elaborado nos Estados Unidos, em que uma concessionária exerce o papel de centralizadora, tomando ações necessárias para coordenar a rede e intermediar a compra e venda de energia entre agregadores, compradores e clientes com REDs (CONEDISON, 2020b).

Entre as iniciativas destacadas e presentes no exterior, existem alguns projetos que lidam com a inserção de VEs na rede de distribuição. Nesse caso a distribuidora pode estimular o proprietário do VE a agir de duas formas: utilizar o veículo como suporte para rede, utilizando a técnica V2G, o veículo atuaria como um banco de baterias e auxiliaria no controle de tensão durante o horário de maior consumo. Como evolução natural dos estudos que estão sendo realizados pelas iniciativas de mobilidade elétrica comentadas, uma possibilidade para o cenário legislativo brasileiro poderia ser inserida a abertura para atuação de V2G. A segunda opção seria criar um programa de benefícios para estimular a mudança de hábitos dos clientes com VE para proporcionar um carregamento fora do horário de maior demanda. A inserção do modelo de benefícios poderia ser de forma gradual, adicionando os serviços aos que já existem em empresas associadas às distribuidoras de energia, como ENEL X e EDP Smart. O carregamento dos veículos pode ser dividido em 3 grandes grupos: lento, semirrápido e rápido, o terceiro é mais comum em prédios corporativos, *shopping centers*, rodovias e postos de serviços, enquanto os dois primeiros estão presentes na maior parte das residências, por esse motivo foram utilizados como para o trabalho.

A partir da análise de programas de benefícios existentes em diversos países, o trabalho trouxe uma proposta de programa para ser utilizado no Brasil para iniciar uma mudança de hábito dos consumidores proprietários de veículos elétricos. Os principais aspectos de cada iniciativa foram agrupados e moldados para se adequarem às normas brasileiras. A proposta visa agregar algumas iniciativas de diversificação de serviços já existentes em algumas distribuidoras que atuam no Brasil com a redução de custos para carregamento fora do horário de pico.

A partir do programa proposto, dois cenários de análise foram criados: cenário residencial e de bairro com perfil residencial. O primeiro visa entender o impacto da mudança de hábito para o consumidor que deve aderir ao programa, já o segundo tem como papel trazer dados de como um transformador inserido na rede sofreria os impactos do carregamento dos veículos caso o modelo de benefícios proposto não fosse aderido. Em suma, o estudo mostrou que o carregamento dos veículos durante o dia, em horário de ponta, pode se tornar prejudicial para a rede elétrica, pois pode gerar uma carga adicional que de acordo com a estrutura da rede elétrica do local pode acarretar uma operação maior que a usual e acima dos limites de operação dos equipamentos da rede, o que gera um desgaste dos mesmos (Y. G. PINTO, 2017). A ampliação deste estudo para obter dados mais aprofundados de um modelo de benefícios para mudança de hábito dos consumidores pode ser explorado em um estudo adicional como continuidade deste trabalho.

No caso em que os carregamentos foram feitos dentro do horário do programa de benefícios, a rede demonstrou um pico adicional no período da madrugada, porém o valor se manteve abaixo do alcançado no horário de ponta. Além disso, a proposta de redução tarifária, forma de incentivar a mudança de hábito dos consumidores, também esboçou ser uma alternativa aos clientes, representando uma economia de até mil reais por ano sem considerar os benefícios adicionais propostos.

7. Referências Bibliográficas

- ANEEL. Modalidades Tarifárias. [S. I.], 2020a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/altatensao-itens/>
- /asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Falta-tensao-itens%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zNaRBjCLDgbE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D3. Acesso em: 2 dez. 2020.
- ANEEL. Retrospectiva 19. Retrospectiva 2019, [S. I.], p. 1-68, 2 jan. 2020b. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- ANEEL. Mobilidade elétrica: ANEEL aprova 30 projetos com investimento de R\$ 463,8 milhões. [S. I.], 10 set. 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/>
- /asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/mobilidade-eletrica-aneel-aprova-30-projetos-com-investimento-de-r-463-8-milhoes/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 27 jul. 2021.
- ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA No 819, DE 19 DE JUNHO DE 2018. [S. I.], 19 jun. 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2018819.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- ANEEL. A Tarifa de Energia Elétrica. [S. I.], 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tarifas>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- ANEEL. Bandeiras Tarifárias. [S. I.], 2015a. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- ANEEL. PROINFA. [S. I.], 2015b. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- ANEEL. Geração Distribuída. [S. I.], 2015c. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 2 dez. 2020.
- ANEEL. Geração Distribuída. [S. I.], 2015d. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 1 dez. 2020.
- AUDI. Calculadora de Eficiência. [S. I.], 2021. Disponível em: <https://www.audi.com.br/web/pt/models/e-tron/audi-e-tron/calculadoras-de-eficiencia.html>. Acesso em: 15 maio 2021.
- AUTOESPORTE. Quanto Custa Carregar Carro Elétrico. [S. I.], 2019. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/carros/noticia/2019/10/quanto-custa-carregar-um-carro-eletrico-em-casa.ghtml>. Acesso em: 8 abr. 2021.

BMW. BMW i WALLBOX. [S. 1.], 2021. Disponível em: <https://www.bmw.com.br/pt/topics/fascination-bmw/visionary-mobility/carregamento.html>. Acesso em: 27 jul. 2021.

B8 COMUNICAÇÃO. A silenciosa mudança modelo de negócios do setor elétrico mundial. [S. 1.], 2019. Disponível em: <https://b8comunicacao.com.br/a-silenciosa-mudanca-modelo-de-negocios-do-setor-elettrico-mundial/>. Acesso em: 1 dez. 2020.

CAMARA LEGISLATIVA. PROJETO cria política de estímulo à produção de veículos elétricos. [S. 1.], 2020. Disponível em: [CANAL SOLAR \(org.\). Preço das baterias de íon-lítio cai 89% em 2020, aponta BNEF: Os valores, que estavam acima de US\\$ 1.100 por kWh em 2010, caíram para US\\$ 137. \[S. 1.\]: Mateus Badra, 21 dez. 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/preco-das-baterias-de-ion-litio-cai-89-em-2020-aponta-bnref/>. Acesso em: 28 abr. 2021.](https://www.camara.leg.br/noticias/693401-projeto-cria-politica-de-estimulo-a-producao-de-veiculos-eletricos/#:~:text=O%20Projeto%20de%20Lei%203174,da%20frota%20do%20governo%20federal.&text=Os%20h%C3%ADbridos%20(com%20propuls%C3%A3o%20el%C3%A9trica, redu%C3%A7%C3%A3o%20de%2050%25%20do%20tributo. Acesso em: 23 jun. 2021.</p>
</div>
<div data-bbox=)

CCEE. Entenda o mercado e a CCEE. [S. 1.], 2020. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/participe/entenda_mercado?_adf.ctrl-state=r98yf4wh8_1&_afrLoop=715105750003447#!%40%40%3F_afrLoop%3D715105750003447%26_ctrl-state%3Dr98yf4wh8_5. Acesso em: 1 dez. 2020.

CHEVROLET. Chevrolet Bolt. [S. 1.], 2021. Disponível em: <https://www.chevrolet.com.br/elettrico/bolt-ev>. Acesso em: 15 maio 2021.

CLAIRAND, J.; PAZMI, A.; ALVAREZ-BEL, C. A Remote Control of Electric Vehicle Aggregator for Managing the Charging Power. 2018.

CONEDISON. Time-of-Use Rates. [S. 1.]: CONEDISON, 2021a. Disponível em: <https://www.coned.com/en/accounts-billing/your-bill/time-of-use>. Acesso em: 21 mar. 2021.

CONEDISON. Electric Vehicle Charging Rewards. [S. 1.]: CONEDISON, 2021b. Disponível em: <https://www.coned.com/en/save-money/rebates-incentives-tax-credits/rebates-incentives-tax-credits-for-residential-customers/electric-vehicle-rewards>. Acesso em: 21 mar. 2021.

CONEDISON. Electric Vehicle Charging Rewards FAQ. [S. 1.]: CONEDISON, 2021c. Disponível em: <https://www.coned.com/en/save-money/rebates-incentives-tax-credits/rebates-incentives-tax-credits-for-residential-customers/electric-vehicle-rewards/faq>. Acesso em: 21 mar. 2021.

incentives-tax-credits-for-residential-customers/electric-vehicle-rewards/electric-vehicle-charging-rewards-faq. Acesso em: 21 mar. 2021.

CONEDISON. Electric Vehicle Rates. [S. 1.], 2020a. Disponível em: <https://www.coned.com/en/our-energy-future/technology-innovation/electric-vehicles/electric-vehicles-and-your-bill>. Acesso em: 1 dez.

CONEDISON et al. Supplemental Distributed System Implementation Plan. p. 1–225, 2016.2020b.

CONEDISON. Distributed System Implementation Plan. p. 1–214, 2018.

COPEL inaugura maior eletrovia do país: São 12 estações de recarga na BR-277, entre Paranaguá e Foz do Iguaçu. [S. 1.], 23 out. 2019. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F66B766F31D7940A58325836200594384>. Acesso em: 1 dez. 2020.

COPEL TELECOM. Sobre nós. [S. 1.], 2021. Disponível em: <https://www.copeltelecom.com/site/sobre-nos/>. Acesso em: 6 maio 2021.

CPFL. NOVOS MODELOS REGULATÓRIOS DE REMUNERAÇÃO DAS DISTRIBUIDORAS. SELEÇÃO DE PROJETOS DE PESQUISA, DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO (PD&I) NOS SEGMENTOS DE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, [S. 1.], p. 1-103, 26 dez. 2018.

CPFL. Governo zera imposto de importação para carro elétrico e a hidrogênio. [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/legislacao/Paginas/Governo-zera-imposto-de-importa%C3%A7%C3%A3o-para-carro-el%C3%A9trico-e-a-hidrog%C3%A3o.aspx>. Acesso em: 1 dez. 2020.

CPFL. Tipo 2 – Mennekes. [S. 1.], 2017a. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/tipos-de-plug/Paginas/Tipo%202%20-%20Mennekes.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2021.

CHADEMO. In: CPFL. Conector Chademo. [S. 1.], 2017b. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/tipos-de-plug/Paginas/Chademo-yazaki.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2021.

COMBO CCS. In: CPFL. Conector Combo CCS. [S. 1.], 2017c. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/tipos-de-plug/Paginas/Combo-CCS.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2021.

CPFL. Conector SAE-J1772. [S. 1.], 2017d. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/mobilidade-e/tipos-de-plug/Paginas/Tipo%2020-%20SAE-J1772.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2021

DENATRAN. Estatísticas - Frota de Veículos - DENATRAN. Brasília: DENATRAN, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>. Acesso em: 21 mar. 2021.

EDF ENERGY. GoElectric EV tariffs for your car and home. [S. 1.]: EDF ENERGY, 2021a. Disponível em: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/tariffs>. Acesso em: 21 mar. 2021.

EDF ENERGY. Company car tax on electric cars. [S. 1.]: EDF ENERGY, 2021b. Disponível em: <https://www.edfenergy.com/electric-cars/tax-road-company>. Acesso em: 21 mar. 2021.

EDP. EDP cria nova marca e lança serviços para clientes residenciais. [S. 1.], 2019. Disponível em: <https://www.edp.com.br/noticias/edp-cria-nova-marca-e-lanca-servicos-para-clientes-residenciais>. Acesso em: 6 maio 2021

EDP SMART. SOLUÇÕES EDP SMART. [S. 1.], 2021. Disponível em: <https://www.edpsmart.com.br/residencias>. Acesso em: 6 maio 2021.

EFX SOLAR. Carregador Veicular. [S. 1.], 2021. Disponível em: <https://www.efxsolar.com.br/b/Carregador%20Veicular>. Acesso em: 27 jul. 2021.

ELECTRIC MOBILITY BRASIL. Wireless Charging. [S. 1.], 2020. Disponível em: <http://electricmobilitybrasil.com/wireless-charging/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

ENEL. Tarifa de Energia Elétrica. [S. 1.], 2019. Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/Para_Voce/tarifa-de-energia-eletrica.html. Acesso em: 8 abr. 2021.

ENEL X STORE. Painel Solar Fotovoltaico 2,64 kwp. [S. 1.], 2021a. Disponível em: <https://www.enelxstore.com.br/pt/e-shop/painel-solar/Painel-Solar-Residencial-268>. Acesso em: 6 maio 2021.

ENEL X STORE. Produtos em destaque. [S. 1.], 2021b. Disponível em: <https://www.enelxstore.com.br/pt>. Acesso em: 6 maio 2021.

EPE. Recursos Energéticos Distribuídos: Impactos no Planejamento Energético. Empresa de Pesquisa Energética, n. 21, p. 1–11, 2018.

ÉPOCA. Preço das baterias de lítio cai 98% em 30 anos. [S. 1.], 5 abr. 2021. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2021/04/preco-das-baterias-de-litio-cai-98-em-30-anos.html>. Acesso em: 27 jul. 2021.

FGV. Recursos Energéticos Distribuídos. FGV Energia, v. 0, 2016.

FGV. Veículos elétricos. FGV Energia, v. 7, 2017.

FLEETCARMA. SmartCharge New York. [S. 1.]: FLEETCARMA, 2021. Disponível em: <https://www.fleetcarma.com/smartchargenewyork/>. Acesso em: 21 mar. 2021.

GREENPEACE ENERGY. Mobilstrom plus. [S. 1.]: Greenpeace Energy, 2021. Disponível em: <https://www.greenpeace-energy.de/privatkunden/mobilstrom/tarif-mobilstrom-plus.html>. Acesso em: 21 mar. 2021.

HOMER ENERGY. HOMER Grid. [S. 1.], 2017. Disponível em: https://www.homerenergy.com/products/grid/docs/latest/on-demand_ev_charger.html. Acesso em: 15 maio 2021.

LIGHT. Cliente Light Tem Mais. [S. 1.], 2021. Disponível em: <http://clubedevantagens.light.com.br/>. Acesso em: 6 maio 2021.

LUGENERGY. Tipos de Carregamento para veículos elétricos. [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://www.lugenergy.pt/tipos-de-carregamento-4modos/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

MOTORSHOW. Veículos elétricos mais vendidos do Brasil em 2020: confira o ranking e veja todos os elétricos à venda hoje. [S. 1.], 11 jan. 2021. Disponível em: <https://motorshow.com.br/blog-sobre-rodas-carros-eletricos-mais-vendidos-do-brasil-em-2020-confira-o-ranking-e-veja-todos-os-eletricos-a-venda-hoje/>. Acesso em: 14 maio 2021.

NATIONAL GRID, Distributed System Implementation Plan Update, p. 1–232, 2020.

NEOCHARGE. CONHEÇA OS TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS. [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 1 dez. 2020.

NEOENERGIA. NEOENERGIA INAUGURA A MAIOR ELETROVIA DO BRASIL COM ELETROPOSTOS DE CARGAS RÁPIDAS. [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/neoenergia-inaugura-maior-eletrovia-do-brasil-com-eletropostos-de-cargas-rapidas.aspx>. Acesso em: 5 maio 2021.

NYSEG, R. Distributed System Implementation Plan. Distributed System Design, p. 1–50, 2020.

NYSEG, R. Distributed System Implementation Plan. Distributed System Design, p. 1–85, 2018.

O GLOBO. Tarifa branca começou a valer para clientes de baixa tensão. [S. 1.], 2020. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/tarifa-branca-comecou-valer-para-clientes-de-baixa-tensao-veja-quando-vale-pena-aderir->

24185730#:~:text=At%C3%A9%20o%20momento%2C%20cerca%20de,0%2C05%25%20do%20total. Acesso em: 23 jun. 2021.

OLHAR DIGITAL. Veículos elétricos batem recorde de vendas em janeiro. Brasília: Olhar Digital, 2021. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2021/03/01/carros-e-tecnologia/carros-eletricos-batem-recorde-de-vendas-em-janeiro/>. Acesso em: 21 mar. 2021.

PROJETO EMOTIVE: Mobilidade Sustentável Segue em Frente. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/mobilidade-eletrica/emotive/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 1 dez. 2020.

QUATRO RODAS. RODOVIA de R\$ 63 milhões é capaz de carregar carro elétrico em movimento. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/rodovia-de-r-63-milhoes-e-capaz-de-carregar-carro-elettrico-em-movimento/>. [S. l.], 19 abr. 2020. Disponível em: Rodovia de R\$ 63 milhões é capaz de carregar carro elétrico em movimento Leia mais em: <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/rodovia-de-r-63-milhoes-e-capaz-de-carregar-carro-elettrico-em-movimento/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SINOVOLTAICS. What is vehicle to building charging v2b. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://sinovoltaics.com/learning-center/electric-vehicles/what-is-vehicle-to-building-charging-v2b/>. Acesso em: 23 jun. 2021.

SMARTASSET. How to sell eletricity. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://smartasset.com/mortgage/sell-electricity-back-grid>. Acesso em: 2 dez. 2020.

TARIF Bleu: regulated sale tariff for electricity. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://particulier.edf.fr/en/home/energy-and-services/electricity/tarif-bleu.html>. Acesso em: 1 dez. 2020.

TRT. Houve um aumento de 40% nas vendas de veículos elétricos em todo o mundo. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.trt.net.tr/portuguese/ciencia-e-tecnologia/2020/06/15/houve-um-aumento-de-40-nas-vendas-de-carros-eletricos-em-todo-o-mundo-1436517>. Acesso em: 1 dez. 2020.

UFRJ. GESEL. Novos modelos de negócio para as distribuidoras de energia elétrica com a difusão de Recursos Energéticos Distribuídos. [S. l.], 29 maio 2019. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53100607/novos-modelos-de-negocio-para-as-distribuidoras-de-energia-eletrica-com-a-difusao-de-recursos-energeticos-distribuidos>. Acesso em: 5 maio 2021.

UOL. Cinco incentivos da Europa para veículos elétricos que o Brasil pode adotar. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2018/12/16/cinco-incentivos-da-europa-para-carros-eletricos-que-o-brasil-pode-adotar.htm>. Acesso em: 1 dez. 2020.

V2G, o sistema que permite a veículos elétricos devolver energia não utilizada. [S. l.], 12 abr. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-43745137>. Acesso em: 1 dez. 2020.

WALLBOX.COM. The Ultimate Guide to EV Incentives In Germany. [S. l.], 2020. Disponível em: https://wallbox.com/en_catalog/ev-incentives-in-germany#EVChargingIncentives. Acesso em: 23 jun. 2021.

WEG. WEG e EDP fazem parceria com Renault e serão fornecedoras oficiais das estações de recarga de veículos elétricos para novo Zoe. [S. l.], 23 abr. 2021. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-e-edp-fazem-parceria-com-renault-e-serao-fornecedoras-oficiais-das-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-para-novo-zoe>. Acesso em: 11 maio 2021.

Y. G. Pinto, “Investigação de soluções para os impactos técnicos causados pela conexão massiva de veículos elétricos aos sistemas de distribuição de energia elétrica”, Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2017.